REVISTA

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
http://www.sodebras.com.br

VOLUME 12 - N° 141 – Setembro/ 2017
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

PROTÓTIPO PARA GUIAR ATLETAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM TRAJETÓRIA RETILÍNEA

PROTOTYPE FOR A GUIDE OF ATHLETES WITH VISUAL DEFICIENCY IN RETILINE TRAJECTORY – Moisés Pereira Bastos; Gabriel Tadayoshi Rodrigues Oka; Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior; Ana Carolina Oliveira Lima 08

UMA ABORDAGEM MATEMÁTICA DE ESTIMAÇÃO DE DISTÂNCIA EM PISTA DE ATLETISMO BASEADA EM POTÊNCIA DE SINAL

A MATHEMATICAL APPROACH FOR DISTANCE ESTIMATION ON ATHLETICS TRACK BASED ON SIGNAL STRENGTH – Luiz Alberto Queiroz Cordovil Júnior; Ana Carolina Oliveira Lima; Moisés Pereira Bastos; Ronaldo Da Silva Ferreira; Stéfane Rêgo Gandra; Gabriel Tadayoshi Rodrigues Oka 12

COMPREENSÃO E USO DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL POR MICROEMPREENDEDORES QUE ATUAM NO MERCADO PÚBLICO DE SÃO JOSÉ/PE

UNDERSTANDING AND USE OF ACCOUNTING INFORMATION BY MICRO ENTREPRENEURS WHO ACT IN THE PUBLIC MARKET IN SÃO JOSÉ/PE HIGOR – Felipe Cavalcanti De Andrade; Ana Paula Ferreira Da Silva; Myron Palhano Galvao Sobrinho 19

VISÃO BASEADA EM RECURSO E ANÁLISE DE RECURSOS ESTRATÉGICOS NA GERAÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA RESOURCE-BASED VIEW AND

ANALYSIS OF STRATEGIC RESOURCES IN THE GENERATION OF COMPETITIVE ADVANTAGE – Vinícius Gustavo Coelho Dos Santos; Sivio Popadiuk 25

A LEI ORDINÁRIA Nº 10.369/2015 E A VISÃO DOS CONSUMIDORES DE BARES E RESTAURANTES DE VITÓRIA SOBRE A GESTÃO DE SERVIÇOS

THE ORDINARY LAW N. 10.369/2015 AND THE VISION OF CONSUMERS OF BARS AND RESTAURANTS OF VITÓRIA ON THE MANAGEMENT OF SERVICES – Marcelo Calderari Miguel; Rogério Zanon Da Silveira 31

NÍVEL DE CONFORMIDADE DOS PARECERES DOS AUDITORES INDEPENDENTES EMITIDOS PARA AS EMPRESAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

LEVEL OF CONFORMITY OF THE OPINIONS OF INDEPENDENT AUDITORS ISSUED AS COMPANIES OF THE ELECTRICITY SECTOR IN BRAZIL – Willian Tarcísio Freitas E Silva; Ana Paula Ferreira Da Silva; Myron Palhano Galvão Sobrinho 37

O COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NOS SERVIÇOS DE APLICATIVOS DE RELACIONAMENTO: UMA NOVA DINÂMICA DAS RELAÇÕES

CONSUMER BEHAVIOR IN DATING APP'S SERVICES: A NEW DYNAMIC IN RELATIONSHIPS – José Rubens De Campos; Diego Paulo Rhormens; Alexandre Luzzi Las Casas 43

TERCEIRIZAÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS NA TERCEIRIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE ENTREGA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS NA CIDADE DE PORTO VELHO/RO

THIRD: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN THE THIRD PARTY LOGISTICS OF THE DELIVERY OF FOOD PRODUCTS IN THE CITY OF PORTO VELHO / RO – Sâmia De Oliveira Brito Freire; Gisele Amaral Cintra Pedroso; Kenny Abiorana Duran; Selena Castiel Gualberto; Robercy M. Da Matta Neto 49

ASPECTOS DA COGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO O BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

ASPECTS OF ENERGY COGENERATION USING THE SUGAR CANE BAGGAGE IN BRAZIL – Marcia Gonçalves Pizaia; Marcia Regina Gabardo Da Camara; Carlos Eduardo Caldarelli; Irene Domenes Zapparoli . 56

A ATUAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ARQUITETURA E URBANISMO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS

THE ACTIVITIES OF THE ARCHITECTURE AND URBANISM PROFESSIONAL IN THE PLANNING OF CIVIL WORKS – Emanuelle De Aragão Arrais; Linardy De Moura Sousa; Ana Virgínia Alvarenga Andrade 62

PROPOSTAS DE AÇÕES PARA MELHORIA DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES DE ENSINO SUPERIOR FEDERAL: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

PROPOSALS FOR ACTIONS TO IMPROVE THE SUSTAINABLE PERFORMANCE OF FEDERAL HIGHER EDUCATIONAL BUILDINGS: CASE STUDY AT THE FEDERAL FLUMINENSE UNIVERSITY – Daniel De Almeida Silva; Marcelo Jasmim Meiriño 66

OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 – 2009

CHEMICAL ACCIDENTS IN INDUSTRIAL ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 – 2009 – Angélica Vieira De Souza; Auro Aparecido Mendes 71

OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES DE TRANSPORTES: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 – 2009

CHEMICAL ACCIDENTS IN TRANSPORT ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN THE SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 – 200 – Angélica Vieira De Souza; Auro Aparecido Mendes 75

FONTES E SUMIDOUROS DA MALÁRIA: DETECÇÃO DE CLUSTERS EM MANAUS (AM) PELO MÉTODO ESTATÍSTICA SCAN

MALARIA SOURCES AND SINKS: CLUSTERS DETECTION IN MANAUS (BRAZIL) BY THE SCAN STATISTICAL METHOD – Jaidson Nandi Becker; Marcelo Antonio Nero; Mircia Betânia Costa E Silva; Solange Laurentino Dos Santos; José Nunes De Aquino 79

MODEL-BASED ENVIRONMENT FOR LEARNING SIMULATIONS – Ciro De Barros Barbosa; Aldemon Lage Bonifácio 88

QUESTÕES PARA INCENTIVAR A LEITURA DE UM TEXTO ACADÊMICO

QUESTIONS TO ENCOURAGE THE READING OF AN ACADEMIC TEXT – Koichi Sanoki; Ítalo Santiago Vega 95

SIMULADOR GERACIONAL PARA APLICAÇÃO EM SELEÇÃO GENÔMICA

GENERATIONAL SIMULATOR TO APPLICATION IN GENOMICS SELECTION – Bruno Zonovelli; Carlos Cristiano Hasenclever Borges; Wagner Antonio Ar-Bex; Fabrizzio Condé De Oliveira; Igor Magalhães Ribeiro . 99

SWADE: UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO E AUTOMAÇÃO DE WORKFLOWS CIENTÍFICOS EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO

SWADE: A MANAGEMENT AND AUTOMATION SYSTEM FOR SCIENTIFIC WORKFLOWS IN A DISTRIBUTED ENVIRONMENT – Aldemon Lage Bonifácio; Ciro De Barros Barbosa; Flávio De Souza Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage 104

ISSN 1809-3957

LEVANTAMENTO SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E OLEOSOS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES E BIODIESEL

SURVEY ON THE OIL AND WOOD RESIDUES GENERATION WITH POTENCIAL FOR BRIQUETTE AND BIODIESEL PRODUCTION – Caroline Tourinho Rocha; Isadora Guilherme Branco; Oscar Andrés Goyeneche Polanía; Carmen Luisa Barbosa Guedes 110

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO BIODIESEL E ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

BIOGAS PRODUCTION FROM BIODIESEL AND ALCOHOL FUEL COPRODUCTS – Guilherme Augusto Colusse; Raphael Iury Neves; Waldir Nagel Schirmer; Carmen Luisa Barbosa Guedes 116

GERAÇÃO COMPUTACIONAL DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO

COMPUTATIONAL GENERATION OF CYLINDRICAL CONCRETE SAMPLES – Aldemon Lage Bonifácio; Leonardo Goliatt Da Fonseca; Flávio De Souza Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage; Ciro De Barros Barbosa 122

RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO E À RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS

RELATIONSHIP BETWEEN THE SCLEROMETRIC INDEX AND THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES – Guilherme Almeida Felix Da Silva; Isabella Trovato Botelho; Júlia Pavel Dias; Leonardo Goliatt Da Fonseca; Michèle Cristina Resende Farage; Thais Mayra De Oliveira; Aldemon Lage Bonifacio 127

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO PARA O CÁLCULO DA VAZÃO ECOLÓGICA NO RIO GUAPI-AÇU

USE OF THE WETED PERIMETER METHOD FOR THE CALCULATION OF THE ECOLOGICAL FLOW IN THE GUAPI-AÇU RIVER – Carlos Eduardo Veras Da Cunha Salgado; Amanda Carneiro Marques; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora 133

CAUSAS DE RUPTURAS DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASOS

MAIN CAUSES OF DAM FAILURE: CASES STUDY – Geraldo Magela Pereira; Antonio Ferreira Da Hora 137

PLANEJAMENTO ESTOCÁSTICO NA LAVRA DE MINAS - UMA ABORDAGEM INOVADORA

STOCHASTIC MINE PLANNING –AN INNOVATIVE APPROACH – Vidal Félix Navarro Torres; Taís Renata Câmara; Beck Nader 141

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE DE CALOR E DA VELOCIDADE DE SOLDAGEM NO PROCESSO HF-ERW: ESTUDO COMPARATIVO DO ENSAIO DE IMPACTO CHARPY

ANALYSIS OF THE OF HEAT-IMPUT AND WELDING SPEED INFLUENCE AT THE HF-ERW PROCESS: COMPARATIVE STUDY OF THE CHARPY IMPACT TEST – Gustavo Henrique Dian; Valdir Alves Guimarães; Angelo Caporalli Filho 145

ANÁLISE DE FALHA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO AUSTENÍTICO AISI 304 EM JUNTAS DE CABEÇOTE DE MOTORES DIESEL DOS REBOCADORES DE NAVIO

FAILURE ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 304 AUSTENIC STEEL IN DIESEL ENGINES OF SHIP TUGS – José Alberto Lozer De Alpino; Leonardo Cabral Gontijo; Vladimir Da Rocha Cordeiro Júnior 151

TOUGHNESS EVALUATION OF TWO STEELS USED FOR PIPELINE AND VESSEL INDUSTRY AFTER INTERCRITICAL HEAT TREATMENT – Xiaochen Song; Angelo Caporalli Filho; Valdir Alves Guimarães 156

ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DA UTFPR – SEDE NEOVILLE

MONITORING THE PERFORMANCE OF THE UTFPR'S GRID - CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM – CAMPUS NEOVILLE – Jair Urbanetz Junior; Gerson Máximo Tiepolo; Fabianna Stumpf Tonin; Juliana D'angela Mariano 162

ISSN 1809-3957

PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE II: MISTURADOR DE RF

DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART II: MIXER – Humberto X. Araujo; Maxwell D. B. Melo; David N. Prata; Patrick L. Moreira 167

PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE I: AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO

DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART I: LOW NOISE AMPLIFIER – Humberto X. Araujo; Maxwell D. B. Melo; David N. Prata; Patrick L. Moreira 172

QUALIDADE DE ENERGIA EM PARQUES EÓLICOS E ORIENTAÇÃO PARA CAMPANHAS DE MEDIÇÃO CONFORME NORMAS INTERNACIONAIS E REQUISITOS DO NOS

POWER QUALITY IN WIND FARMS AND GUIDANCE FOR MEASURING CAMPAIGNS IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL STANDARDS AND ONS REQUIREMENTS – Silveira, Camilo Assunção; Pereira, Clever 178

ANÁLISE ESTRUTURAL EM UM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

STRUCTURAL ANALYSIS IN AN ACTIVATED CARBON FILTER USING THE FINITE ELEMENT METHOD – Jayann Ismar Lira Almeida; Juan Filipe Brito Figueira; Fernanda Figueredo Santos 182

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VISCOSIDADE DINÂMICA DE ÓLEOS VEGETAIS

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DYNAMIC VISCOSITY OF VEGETABLE OILS – Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Carla Naiana Pires Da Silva; Victor Nogueira Cortez Gomes; Cleiton Rubens Formiga Barbosa 188

CAPRON: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SIMULADOR NA APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO ON-LINE DO ROBÔ PEGASUS

CAPRON: SIMULATOR-BASED LEARNING EFFECTIVENESS IN TRAINING PROCESS OF PEGASUS ROBOT ON-LINE PROGRAMMING – Felyppe Laborde M. Santos; Rafael R. Santos; Felipe A. A. Macedo; Leonardo C. O. Marques; Luiz Paulo G. Ribeiro 193

THE TRENDS OF MAGNETIC LEVITATION WITH SUPERCONDUCTORS APPLIED TO VEHICLES – Carla Naiana Pires Da Silva; Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Francisco De Assis Oliveira Fontes 199

MODELAGEM E ANÁLISE NUMÉRICA ESTRUTURAL DE OLHAIS DE IÇAMENTO PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

MODELING AND NUMERICAL STRUCTURAL ANALYSIS OF LIFTING RINGS BY THE FINITE ELEMENT METHOD – Jayann Ismar Lira Almeida; Priscila Naiara Santos Andrade; Ilua Luzia Maltez Mendes; Janderson Vieira Guimarães 202

OCOTS: SISTEMA DE TREINAMENTO DE OPERADORES DE GUINDASTE OFFSHORE – MODELAGEM 3D DE CENÁRIO

OCOTS: OFFSHORE CRANE OPERATOR TRAINING SYSTEM - SCENARIO 3D MODELING – Bruno Henrique Miranda Galhardo; Luiz Paulo Gomes Ribeiro 208

A LITERATURE REVIEW OF THERMAL DEGRADATION KINETICS: CAROTENOIDS IN MACAUBA EDIBLE OIL – Pedro Prates Valério; Érika Cristina Cren 214

KINETIC PREDICTIONS OF TOTAL CAROTENOIDS RETENTION IN MACAUBA OIL UNDER INTERESTERIFICATION CONDITIONS – Pedro Prates Valério; Érika Cristina Cren 219

ISSN 1809-3957

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES DO COMÉRCIO AO RUÍDO NA CIDADE DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRASIL

ANALYSIS OF THE TRADE EXPOSURE TO NOISE IN THE CITY OF SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRAZIL – Talita Maria Gomes De Morais; Anastácio Pinto Gonçalves Filho; Anderson Rogério De Albuquerque Pontes Pinto; Armando José De Vasconcellos Costa 225

ANÁLISE DE CENÁRIO PROSPECTIVO DE APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NO ÂMBITO EDUCACIONAL BRASILEIRO

ANALYSIS OF A PROSPECTIVE SCENARIO FOR THE APPLICATION OF THE INTERNET OF THINGS IN THE BRAZILIAN EDUCATIONAL AREA – Rimena Canuto Oliveira; Alan Kilson Ribeiro Araújo; Danilo Alves Do Nascimento; José Alberto Alencar Luz; Rodrigo Franco Gonçalves 229

AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PELA CAPES NO BRASIL E O MODELO INTERNACIONAL DA THOMSON REUTERS

EVALUATION OF POSTGRADUATE PROGRAMS BY CAPES IN BRAZIL AND THE INTERNATIONAL THOMSON REUTERS MODEL – Almir Ribeiro Santos Junior; Marcelo Embiruçu 233

O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO COMO DIRECIONADOR PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ENERGY

PLANNING AS A DIRECTOR FOR THE IMPLEMENTATION OF AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM – Yamilet Gonzalez Cusa; Carol Correia Viana; Ednildo Andrade Torres 238

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRÁTICA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADA NO PROCESSO DE LAVAGEM DA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO

ECONOMIC ANALYSIS OF A CLEANER PRODUCTION PRACTICE APPLIED ON THE WASHING PROCESS OF A CLOTHING INDUSTRY – Rimena Canuto Oliveira; Feni Agostinho 244

ISSN 1809-3957

VOLUME 12 - N° 141 - Setembro/ 2017
ISSN - 1809-3957

Área: Interdisciplinar

9-16	**PROTÓTIPO PARA GUIAR ATLETAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM TRAJETÓRIA RETILÍNEA** **PROTOTYPE FOR A GUIDE OF ATHLETES WITH VISUAL DEFICIENCY IN RETILINE TRAJECTORY** Moisés Pereira Bastos; Gabriel Tadayoshi Rodrigues Oka; Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior; Ana Carolina Oliveira Lima
9-16	**UMA ABORDAGEM MATEMÁTICA DE ESTIMAÇÃO DE DISTÂNCIA EM PISTA DE ATLETISMO BASEADA EM POTÊNCIA DE SINAL** **A MATHEMATICAL APPROACH FOR DISTANCE ESTIMATION ON ATHLETICS TRACK BASED ON SIGNAL STRENGTH** Luiz Alberto Queiroz Cordovil Júnior; Ana Carolina Oliveira Lima; Moisés Pereira Bastos; Ronaldo Da Silva Ferreira; Stéfane Rêgo Gandra; Gabriel Tadayoshi Rodrigues Oka

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PROTÓTIPO PARA GUIAR ATLETAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM TRAJETÓRIA RETILÍNEA

PROTOTYPE FOR A GUIDE OF ATHLETES WITH VISUAL DEFICIENCY IN RETILINE TRAJECTORY

MOISÉS PEREIRA BASTOS[1]; GABRIEL TADAYOSHI RODRIGUES OKA[2]; LUIZ ALBERTO QUEIROZ CORDOVIL JUNIOR [2]; ANA CAROLINA OLIVEIRA LIMA[2]
1 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA); 2 – UNIVERSIDADE NILTON LINS
moises_bastos@hotmail.com;oka.gabriel@gmail.com;luiz_cordovil@hotmail.com;ana.lima.leal@gmail.com

Resumo – A inserção de pessoas com deficiência física ou mental nas mais diversas áreas é uma realidade cada vez mais presente na sociedade moderna. É natural perceber também este acréscimo em práticas esportivas. Com isso, neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um protótipo criado para guiar atletas com deficiência visual em trajetória retilínea no intuito de fornecer mais independência tanto em treinamentos quanto em competições. Para o desenvolvimento do mesmo foi utilizado um chip MPU-6050 (acelerômetro e giroscópio), arduino UNO e dispositivos atuadores. Diversos testes efetuados utilizando o protótipo final confirmaram que o atleta com deficiência visual conseguiu executar uma marcha lenta em trajetória retilínea com sucesso.

Palavras-chave: Protótipo. Tecnologia Assistiva. Eletrônica.

Abstract - The insertion of people with physical or mental disabilities in the most diverse areas is an increasingly present reality in modern society. It is natural to notice this addition in sports practices. Thereby, in this article we present the development of a prototype created to guide the visually impaired athletes in rectilinear trajectory in order to provide more independence in both training and competitions. For the development of the same was used a chip MPU-6050 (accelerometer and gyroscope), arduino UNO and actuating devices. Several tests using the final prototype confirmed that the visually impaired athlete was able to perform a slow trajectory with a successful rectilinear trajectory.

Keywords: Prototype. Assistive Technology. Electronics.

I. INTRODUÇÃO

O Esporte Paralímpico é um segmento desportivo relativamente recente (datado de 1940) com a necessidade inicial de promover a inclusão social de soldados lesionados durante a Segunda Guerra Mundial. Na América Latina esta prática teve início na década seguinte. No contexto atual, os eventos paralímpicos tem destaque cada vez maior com o aumento de praticantes de esportes, melhores resultados em termos de desempenho dos atletas, inclusão de tecnologia às modalidades atléticas, aumento no número de patrocinadores e no número de espectadores (MELLO; RODRIGUES; ALVES, 2014).

Na prática desportiva por pessoas com deficiência visual deve-se considerar os fatores relacionados à substituição sensorial e monitoramento. Esses fatores devem estar de acordo com o conceito de acessibilidade que consiste, em fornecer condições para a utilização, segurança, autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida segundo o Decreto nº 5.296 de 02/12/2004 (UNIÃO, 2004).

Diversos autores relatam os benefícios da prática desportiva para pessoas com algum tipo de deficiência. Monteiro (1999) realizou um experimento com vinte e quatro cegos, divididos em praticantes e não praticantes e constatou que os praticantes se mostraram com melhor orientação espacial e melhor conhecimento do próprio corpo. Pereira (2013) constatou que a prática do esporte de alto rendimento foi um instrumento importante no cotidiano de atletas do Instituto Benjamin Constant no Rio de Janeiro, resultando na melhoria da autoestima e na motivação.

Neste contexto foi desenvolvido um protótipo que visa autonomia e independência para os atletas com deficiência visual, podendo contribuir para o esporte, principalmente, no que se refere à sistemas de monitoramento, análise e atuação, de modo a permitir, no caso da corrida de paratletismo, tratativas de acessibilidade. É evidente que quando se trata esta prerrogativa, questões relativas à segurança são consideradas, as quais, aludem a limitação do indivíduo pela ausência do sentido da visão.

II. PROCEDIMENTOS

Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um protótipo que visa guiar um atleta com deficiência visual em linha reta. Tal escopo faz parte de um objetivo maior que pretende guiar atletas paralímpicos de alto desempenho em provas de atletismo sem a ajuda do atleta guia, dando mais independência ao esportista com deficiência.

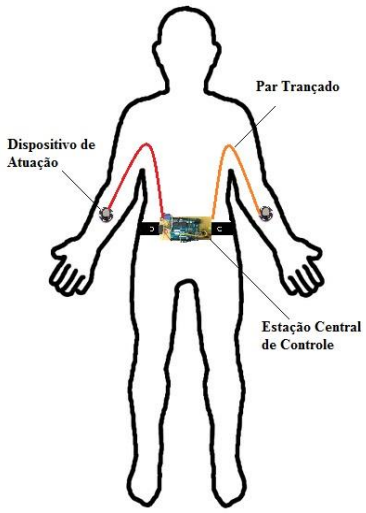
Para tal foi implementado uma estação central de controle que envia sinais para os dispositivos de atuação por meios guiados do tipo par trançado, conforme apresentado na Figura 1.

2.1 Estação Central de Controle

A estação central de controle tem como função receber os dados do chip MPU-6050, interpretá-los e tomar decisões para enviar sinais de vibração visando guiar o atleta deficiente visual.

ISSN 1809-3957

Figura 1 – Diagrama da Arquitetura.



Fonte: modificado de <http://www.decolorear.org/dibujar/cuerpo-humano-para-colorear.html>

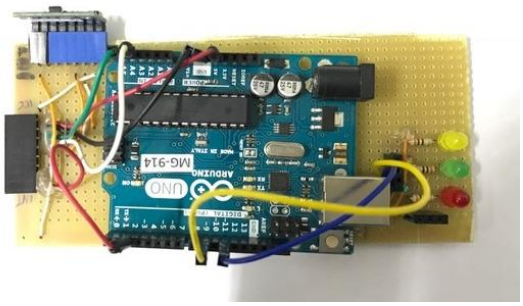
O chip MPU-6050, Figura 2, é um dispositivo dotado de acelerômetro e giroscópio, muito utilizado para fornecer noções de direção e movimentação.

Figura 2 – Chip MPU-6050.

Fonte: Bastos et al. (2017) .

A estação central apresentada neste trabalho é uma versão inicial criada para testes. Com isso a mesma foi desenvolvida utilizando uma placa perfurada que contém um kit de prototipação arduino UNO, um chip MPU-6050, dispositivos de entrada e saída (slots de comunicação e led´s) e demais componentes eletrônicos, conforme apresentado na Figura 3. Seu funcionamento consiste em receber em tempo real os dados dos três eixos tanto do acelerômetro quanto do giroscópio para realizar uma tomada de decisão com relação ao deslocamento do atleta na pista, visando tornar a trajetória retilínea. Caso o atleta apresente um desvio, seja o mesmo para esquerda ou direta, tal situação é percebida pela estação que analisa e informa ao atleta a direção correta por meio dos dispositivos de atuação.

Figura 3 – Estação Central de Controle.



Fonte: Bastos et al. (2017).

A Figura 4 apresenta um trecho de código referente à tomada de decisão realizada pela estação de controle. Neste caso, a rotina verifica se o ângulo atual é inferior ao ângulo inicial, definido para uma trajetória retilínea. O ângulo inicial é obtido nos instantes iniciais de funcionamento da estação com atleta em repouso. Com isso, caso o ângulo atual seja inferior é enviado um sinal para o atleta executar um desvio para esquerda, no sentido de manter a trajetória retilínea.

Figura 4 – Trecho de código referente à tomada de decisão para ocasional desvio para direita.

```
else if ((anguloAtual < RANGE_MIN) {
  analogWrite(ledPin3, 0);
  analogWrite(ledPin2, 0);
  Serial.print("Executou Desvio para Direita\n");
  //Serial.print(RANGE_MIN);
  //Serial.print("\n");
  //Serial.print(ypr[0]);
  //Serial.print("\n");
  analogWrite(ledPin4, 255);
  Serial.println("Led Vermelho");
}
```

Fonte: Bastos et. al. (2017).

2.2 Dispositivos de Atuação

Os dispositivos de atuação visam informar qual direção está sendo determinada pela estação central de controle. Os dispositivos são dispostos em dois grupos: dispositivos de informação visual e dispositivos vibráteis.

Os dispositivos de informação visual indicam aos desenvolvedores, que não possuem deficiência visual, qual direção a estação central de controle está definindo. Para tal indicação são utilizados três led´s de cores distintas, apresentados na Figura 5, sendo: amarelo (apresentou desvio para esquerda), verde (trajetória retilínea) e vermelho (desvio para direita).

Figura 5 – Dispositivos de Informação Visual.

Fonte: Bastos et. al. (2017).

Os dispositivos vibráteis visam informar ao atleta deficiente visual qual direção tomar para permanecer em trajetória retilínea. Para tal foi utilizado um motor de vibração lilypad vibe board (Figura 6) que gera uma pequena vibração facilmente perceptível por um ser humano. Caso o atleta apresente um desvio na trajetória, a central de controle envia um sinal para este dispositivo de atuação que emite uma vibração indicando o lado para qual o atleta deve corrigir a trajetória. Por exemplo, caso o atleta apresente um desvio para a direita, a central emite um sinal de vibração no pulso esquerdo, visando corrigir a trajetória.

Quando o atleta executa uma trajetória retilínea o sistema emite uma baixa vibração contínua nas costas do mesmo, assegurando ao atleta que o sistema está em funcionamento.

ISSN 1809-3957

Figura 6 – Lilypad Vibe Board.

Fonte: retirado de < https://www.amazon.co.uk/LilyPad-Vibe-Board/dp/B004TTXRZ8>

Com relação a utilização deste dispositivo vale destacar os trabalhos relacionados a avaliação do tato como mecanismo de comunicação numa perspectiva de código linguístico moderno, bem como no desenvolvimento de dispositivos que fazem uso do tato como mecanismo de comunicação (BARBACENA et. al., 2008).

2.3 Meio de Comunicação

Para realizar a comunicação entre a estação central de controle e os dispositivos vibráteis foi necessário a utilização de meios guiados do tipo par trançado. A escolha por esta tecnologia se deu devido à disposição helicoidal entre os fios apresentar um baixo nível de ruído entre os sinais transmitidos. A Figura 7 apresenta o meio físico utilizado com o motor de vibração acoplado. Pode se perceber que foi utilizado uma redundância de cabos para cada terminal que transmite o sinal, visando aumentar a confiabilidade do sistema de transmissão de dados.

Figura 7 – Meio físico utilizado.

Fonte: Bastos et. al. (2017).

III. RESULTADOS

Após o desenvolvimento do protótipo, deu se início a fase de testes. Após testes iniciais com pessoas sem deficiência visual pôde se perceber que o pequeno deslocamento do corpo para se movimentar causava uma perda de centralização do protótipo, que ficava indicando de maneira errônea atuações vibratórias para esquerda e direita, mesmo que o usuário estivesse se deslocando em trajetória retilínea. Foi levantando ainda que tal deslocamento é dinâmico entre diferentes usuários, estando diretamente ligado ao modo como os mesmos movimentam o corpo para se deslocar. Para solucionar este erro, foi gerado um filtro que permite ao protótipo calibrar este desvio e entender como trajetória retilínea.

Figura 8 – Trecho de código com filtro

```
else if (anguloAtual > RANGE_MIN && (anguloAtual < RANGE_MAX)) {
  analogWrite(ledPin4, 0);
  analogWrite(ledPin2, 0);
  analogWrite(ledPin3, 255);
  if (j == 1) {

    RANGE_MAX = (ypr[0] * 180 / M_PI) + ajuste;
    RANGE_MIN = (ypr[0] * 180 / M_PI) - ajuste;

    j = 0;
    delay(100);
  }
  Serial.println("Led Verde");
}
```

Fonte: Bastos et. al. (2017)

A Figura 8 apresenta um trecho de código que contém o filtro desenvolvido. O filtro serve para determinar o intervalo de ângulos que representa um deslocamento em linha reta. Devido o desvio causado pela movimentação do corpo ao se deslocar, situação já citada no parágrafo anterior, o protótipo não deve seguir um valor fixo de trajetória retilínea, mas sim uma região com valores máximos e mínimos visando compensar esse desvio citado. No código da Figura 8 tal situação é solucionada com as variáveis **RANGE_MIN** e **RANGE_MAX** que criam uma região aonde o atleta sempre estará executando trajetória retilínea. Percebe se que tais variáveis possuem uma correção, determinada pela variável **ajuste**, que visa compensar um erro na medição proveniente do próprio chip MPU-6050 com o passar do tempo.

Após as alterações realizadas com o primeiro teste utilizando pessoas sem deficiência visual, efetuou se um segundo teste. Este teste foi realizado com atletas com deficiência visual em pista de competição oficial, em trecho de 100m. Alguns ajustes foram necessários, conforme mostra Figura 9. Como resultado final podemos citar que o atleta permaneceu dentro da raia por aproximadamente 100 m, executando marcha lenta. É importante ressaltar também que o atleta conseguiu se deslocar em linha reta por aproximadamente 50m (Figura 10).

Figura 9 – Pesquisadores configurando o protótipo na realização de testes com atletas deficientes visuais.

Fonte: Via Brasil (2016).

ISSN 1809-3957

Figura 10 – Teste realizado com atletas deficientes visuais em pista de competição oficial, vista do DRONE.

Fonte: Via Brasil (2016).

O segundo teste foi acompanhando por uma equipe de reportagem, que filmou todas as etapas realizadas no teste, incluindo outro protótipo de guia para atletas com deficiência visual. Este protótipo, também desenvolvido pela equipe, utiliza tecnologia sem fio Zigbee contudo depende de um operador humano para estar indicando a direção a ser tomada pelo atleta. (VIA BRASIL, 2016).

IV. CONCLUSÃO

A maior parte dos esforços acadêmicos e comerciais em termos de desenvolvimento de novos produtos assistivos têm sido centralizada no desenvolvimento de próteses e órteses, das quais em alguns casos viabilizem a prática esportiva por pessoas portadoras de deficiências motoras, ao passo que pouco tem sido feito para atletas com deficiência visual. Nesta acepção, a confecção de protótipos que favorece a prática para o esporte por atletas deficientes visuais é essencial para a inclusão social, permitindo aprendizagem, comunicação e interação social.

O objetivo do desenvolvimento de um protótipo baseado na tecnologia de acelerômetro e giroscópio está de acordo com a teoria que os atletas deficientes visuais conseguem realizar a sua trajetória sem um guia com base em seu modelo mental da pista, precisando apenas ser corrigido quanto a sua trajetória caso este saia de sua raia. O protótipo desenvolvido é um instrumento de conhecimento para a assertiva desta teoria. Fato este que contribui também no estudo do comportamento dos atletas deficientes na concepção de modelos mentais.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBACENA, I.; LIMA, A. C. O.; FREIRE, R. C. S.; BARROS; A. T.; PEREIRA, J. R. Comparative analysis of tactile sensitivity between blind, deaf and unimpaired people. **International Journal of Advanced Media and Communication**, 3: 215-228, 2008.

MELLO, M. T.; RODRIGUES, D. F.; ALVES, E. D. S. **Avaliação e Treinamento do Esporte Paralímpico**. [S.l.]: Medbook, 2014. Em: SOARES, Y.M. Treinamento Esportivo. Cap 4, p.71-95. 17

MONTEIRO, A. **Análise da postura e deficiência visual: influência da atividade física organizada de forma regular e sistematizada na postura do deficiente visual congênito**. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Brasil, 1999. 18

PEREIRA, R. et al. **A importância do desporto de alto rendimento na inclusão social dos cegos: Um estudo centrado no instituto benjamin constant-brasil**/the importance of high performance sports in social inclusion of blind people: A study centered on benjamin constant institute-brazil. Motricidade, Edições Desafio Singular, v. 9, n. 2, p. 94, 2013. 18

UNIÃO, D. O. D. **Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004**. Página Eletrônica: https://www. planalto. gov. br/ccivil/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296. htm, 2004.

VIA BRASIL. Apresentado por Luiza Zveiter. Manaus: Rede Globo de Televisão, 10 dez. 2016. Duração 49 min. Entre 36:37s e 39:15s. Disponível em: <http://globosatplay.globo.com/globonews/v/5506236/ >

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

UMA ABORDAGEM MATEMÁTICA DE ESTIMAÇÃO DE DISTÂNCIA EM PISTA DE ATLETISMO BASEADA EM POTÊNCIA DE SINAL

A MATHEMATICAL APPROACH FOR DISTANCE ESTIMATION ON ATHLETICS TRACK BASED ON SIGNAL STRENGTH

LUIZ ALBERTO QUEIROZ CORDOVIL JÚNIOR[1]; ANA CAROLINA OLIVEIRA LIMA[2]; MOISÉS PEREIRA BASTOS[3]; RONALDO DA SILVA FERREIRA[2]; STÉFANE RÊGO GANDRA[4]; GABRIEL TADAYOSHI RODRIGUES OKA[2]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS (UFAM); 2 – UNIVERSIDADE NILTON LINS (UNL); 3 – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA); 4 – INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE AERONÁUTICA (ITA)
luiz_cordovil@hotmail.com; ana.lima.leal@gmail.com; moises_bastos@hotmail.com; oka.gabriel@gmail.com; poncairedk@gmail.com; stefanerego@gmail.com

Resumo – Em uma abordagem que vise a independência do atleta deficiente visual em corridas paralímpicas de atletismo, devem ser considerados, em termos de projeto, fatores relacionados a funcionalidade e principalmente segurança, esta última, especialmente, pelo caráter assistivo que qualquer sistema ou dispositivo deve apresentar diante da singularidade deste usuário e desta aplicação. Neste contexto, este trabalho versa sobre uma metodologia de localização de atletas com deficiência visual, a partir da utilização e processamento de potência de sinal (RSSI) e triangulação, como entes matemáticos para a estimação de coordenadas em pistas de atletismo, baseada em um laço computacional de comunicação sem fio.

Palavras-chave: RSSI. Comunicação sem fio. Localização. Deficiente visual.

Abstract – In an approach that aims at the visually impaired athlete independence on Paralympic race tracks, factors related to functionality and safety should be considered, in terms of design, especially due to assistive feature that any system or device must present in face of user and application uniqueness. In this context, this work is about a localization method for visually impaired athletes, from using and processing of received signal strength indication (RSSI) and triangulation as mathematical tools for coordinates estimation in race tracks, based on a wireless communication loop.

Keywords: RSSI. Wireless communication. Location. Visually impaired people.

I. INTRODUÇÃO

A Paraolimpíada é um exemplo de segmento desportivo que apresenta à sociedade o potencial dos deficientes, além de relativizar as suas limitações, já que valoriza as capacidades de físicas de cada atleta.

Entre as suas modalidades, pode-se destacar o atletismo para deficientes visuais que é constituído basicamente por todas as provas que compõem o programa oficial da Federação Internacional de Atletismo (IAAF), adaptadas de acordo com o grau de deficiência de cada atleta, com exceção do salto com vara, lançamento do martelo, corridas com barreiras.

Almeida e Pinheiro (2014) afirmam que paratletas com deficiência visual, a prática de alguns esportes paralímpicos, requerem, com frequência, específicos tipos de ajuda, porém, se houvessem sistemas que tenham como meta, no caso da corrida, manter o corredor a sua trajetória normal, as ajudas não seriam mais necessárias.

Nestas corridas, o atleta com deficiência visual tem seu sentido de orientação realizado por outro atleta com plena capacidade visual, sendo este denominado atleta guia e, além disso, estes são considerados como um único participante. Isto pode significar problemas para o atleta com deficiência, como pode ser constatado no trabalho de Lima (2016), em que, por exemplo, o atleta guia não esteja no mesmo nível de rendimento e condicionamento físico do atleta com deficiência visual.

A busca por sistemas, métodos ou dispositivos que propiciem a autonomia do atleta nesta aplicação, compreende diversos fatores e questionamentos, como por exemplo: *que tecnologia de comunicação utilizar? Como obter a localização do atleta e orientá-lo remotamente? Que interface pode ser aplicada ao atleta para sua propriocepção ante a ausência da visão? Tecnologia pode ser utilizada?*

Tais questionamentos e outros que envolvem aspectos de projeto relacionados à usabilidade, devem ser elencados quando se trata da coleta de informação por parte do usuário, na concepção original de uma tecnologia ou dispositivo com foco no usuário, significando assim Engenharia Simultânea em produtos ditos assistivos (DE CARVALHO, OKUMURA & JUNIOR, 2012).

Diante de toda uma gama de possibilidades, é essencial que se tenha no mínimo a principal informação de contexto para qualquer sistema em que seja reivindicado localização e orientação sem o atleta guia: estimar os pontos ou coordenadas em que o atleta com deficiência visual está desenvolvendo sua corrida, sua marcha.

Neste sentido, é apresentada neste trabalho, uma metodologia matemática de estimação de coordenadas em pista de atletismo, com a utilização de módulos de comunicação ZigBee®, a partir de uma adaptação do modelo de propagação com perda de percurso com estágio de predição e triangulação.

ISSN 1809-3957

II. PROCEDIMENTOS

Como prerrogativa de triangulação, um ponto (ou nó computacional) a ter sua localização determinada precisa estar inserido em determinada área de abrangência (alcance de transmissão ou recepção de sinais) em uma rede sem fio de no mínimo três pontos fixos, contendo estes métricas de posicionamento definidas.

Uma característica deste ponto concerne à transmissão de um sinal compatível com o protocolo de uma rede concomitante a ele, no caso desta aplicação, uma comunicação baseada no protocolo ZigBee®.

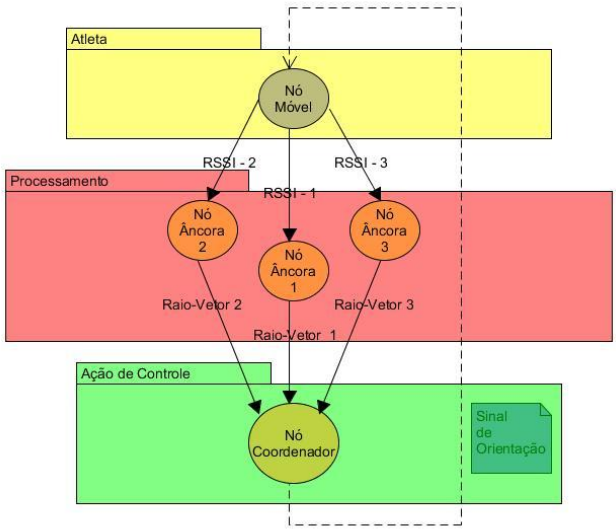
2.1 – Sistema de triangulação

Segundo Patwarei *et.al* (2005), há um tipo de processamento de algoritmos de localização que é uma combinação de modelos centralizados e distribuídos.

O espaço em que o laço computacional estará presente, pode ser dividido em clusters, que contêm a estrutura de nós computacionais mínima para o processo de localização.

Neste sentido a divisão da pista de atletismo compreende 4 clusters de localização, sendo um em cada setor (2 nos segmentos lineares, 2 nos segmentos semicirculares). Estes por sua vez, constituídos por módulos de comunicação Xbee com funções definidas por *nós móveis, nós coordenadores e nós âncoras*, constituindo estágios *atleta, processamento e ação de controle*, respectivamente (conforme indicado na Figura 1), o que confere a definição de Multilateração Colaborativa e localização de vizinhança explicada por Savvides, Han e Strivastava (2001).

Figura 1 – Esquemática de triangulação entre nós nos setores de localização.



Fonte: Luiz, 2016.

2.2 - Notação matemática de triangulação

De acordo com a esquemática indicada na Figura 1, as seguintes proposições são elencadas para o sistema de localização:

a. Para todo n_i, $i \in s_1 = \{1,2,3\}$, *sendo* n_i. nós âncora de cada cluster de localização, há definidos pares ordenados (x_j,y_j), respectivamente,
b. Todo nó móvel transmite um sinal aos nós âncoras que indica o RSSI mensurada em *decibel miliwatt (dBm);*
c. Todo nó âncora ao receber o RSSI advindo de um nó móvel processa a potência recebida a uma distância em metros, indicado o valor do raio-vetor r_{vi}, ao nó coordenador de cada setor de localização;
d. Todo nó coordenador, ao receber o valor do raio-vetor realiza a triangulação por meio de solução matemática explicitada na seção 2.4.2, equação 11, e envia o sinal de controle para orientação ao nó móvel.
e. Admite-se que as coordenadas de pelo menos um nó âncora de cada cluster assuma o valor do par ordenado (0,0), para fins de cálculo.

De maneira geral, a matriz de coordenadas para a realização da triangulação é definida pelas equações 1, 2 e 3:

$$(x_1 - x_4)^2 + (y_1 - y_4)^2 - r_{v1}^2 = 0 \quad (1)$$
$$(x_2 - x_4)^2 + (y_2 - y_4)^2 - r_{v2}^2 = 0 \quad (2)$$
$$(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2 - r_{v3}^2 = 0 \quad (3)$$

A solução deste tipo de equação matricial é definida, com a aproximação descrita nas proposições a., b., c., d., e, sendo do tipo $X=(H^TH)^{-1}H^Tb$, *sendo o vetor coluna* X o par ordenado do nó móvel; H matriz dos pares ordenados dos nós âncoras conhecidos e b a matriz de correlação, a qual compreende além dos pares ordenados conhecidos dos nós âncoras, os raios-vetores do nó móvel em relação a estes.

É notável que a efetiva estimação de coordenadas é completamente dependente do raio-vetor, por seu valor numérico mutável, devido a movimentação do atleta, em face às coordenadas dos nós âncoras que são conhecidas e podem ser definidas de acordo com setores de localização da pista de atletismo, em referência aos segmentos lineares e semicirculares.

2.3 – Objetivo

Com base nas tratativas explicitadas nas seções 2.1 e 2.2, lista-se:

- Objetivo 1: Investigar empiricamente e experimentalmente relação que determine modelo matemático considerando as variáveis distância e potências dadas as características da pista de atletismo.

2.4 - RSSI x Raio-Vetor

As indicações de potência de sinal são percebidas pelos três nós âncoras, que pelo fato de serem caracterizados como dispositivos roteadores e de função completa (definição de uma rede ZigBee®) apresentam como sinal de saída a transformação desta grandeza em valor associado de distância.

Desta forma, a fim de obter-se tal equivalência, constitui-se o algoritmo de localização baseado em potência, baseado no modelo de perda de percurso, que relaciona o comportamento da potência com condições espaciais e de ambiente (HERNANDEZ *et.al.*, 2009).

Para esta aplicação, consiste na coleta de valor de RSSI a distâncias associadas conhecidas, para caracterização de informação de contexto estatístico, observando-se a

ISSN 1809-3957

flutuação e susceptibilidade dos valores de potência recebidos nos nós âncoras, ou seja, o fato de mesmo o nó móvel estar parado o valor muda em cada tomada de medida, conforme verificado experimentalmente.

A potência de sinal recebida é definida comumente pela combinação da potência de transmissão (P_0), expoente de atenuação de sinal (η) e raio vetor (r_{vi}) (FARAHANI, 2011) de acordo com a equação 4.

$$\tilde{P}_{ij} = P_0 - 10\eta log_{10}(\tilde{r}_{vi}) \quad (4)$$

2.4.1 - Etapa determinística

O expoente de atenuação é aferido experimentalmente, de acordo com o ambiente em que o sistema de triangulação está disposto, e perfaz assim a etapa determinística do expoente de atenuação de acordo com o modelo de perda de percurso representado pela equação 5.

$$\eta_i = -[(RSSI_i - A) / (10log_{10}(r_{vi}))] \quad (5)$$

Onde:

r_{vi}*:* raio-vetor do i-ésimo nó móvel em relação aos nós âncoras;

$RSSI_i$*:* potência percebida pelos nós âncoras dos setores de localização, enviada pelo i-ésimo nó móvel;

A: potência de sinal percebida entre o nó âncora e móvel a distância padrão de 1m (um metro) sem obstáculos.

2.4.2 – Etapa probabilística

Esta etapa envolve a estimação da posição com a utilização do expoente de atenuação, com o intuito de suavizar a flutuação da intensidade dos sinais de transmissão, associados aos módulos, em que são consideradas as fases de predição, de cálculo e de estimação.

1. Cálculo: distância euclidiana. Raio-vetor calculado sem o uso do RSSI, apenas com as medidas dos nós âncoras de acordo com as Equações 6, 7 e 8;

$$\tilde{r_{v1}} = \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2} \quad (6)$$

$$\tilde{r_{v2}} = \sqrt{(x_2 - x_i)^2 + (y_2 - y_i)^2} \quad (7)$$

$$\tilde{r_{v3}} = \sqrt{(x_3 - x_i)^2 + (y_3 - y_i)^2} \quad (8)$$

2. Estimação: raio-vetor estimado com o do RSSI experimental mostrado na equação 9.

$$\hat{r_{vij}} = 10^{\frac{P_0 - P'_{ij}}{10\eta}} \quad (9)$$

Onde

P_0: potência de transmissão entre dois nós a uma distância de 1m;P_{ij}: potência experimental recebida pelo nó âncora; η: expoente de atenuação.

3. Predição: Correção do raio-vetor estimado com o desvio padrão do RSSI experimental; e, por fim a equação 10;

$$\mathring{r_{vpij}} = \hat{r_{vij}} + (\tilde{\sigma} * Ts) \quad (10)$$

Onde:

σ: desvio padrão amostral da potência experimentada; Ts: constante de tempo referente a atualização do desvio padrão.

4. Raio-Vetor Final: concatenação dos dados de cálculo, estimação e predição apresentado na equação 11.

$$\check{r_{veij}} = \mathring{r_{vpij}} + a\,[\tilde{r}_{vi} - \mathring{r_{vpij}}] \quad (11)$$

Onde:

r_{vpij}*: raio-vetor da fase de predição; a: função da razão do desvio padrão amostral de potência experimentada e o expoente de perda de percurso, definida como relação de cenário.*

III. RESULTADOS

3.1 – RSSI em ambiente controlado

A fim de atender a prerrogativa do cálculo de expoente de atenuação mostrado na seção 2.4.1, tendo em vista aferir experimentalmente o valor de RSSI entre dois nós a distância padrão de 1m (*A*), realizou-se 10 medidas em ambiente controlado de 1 a 8 m, passo 1m, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores obtidos durante os testes.

Med.	**1m**	**2m**	**3m**	**4m**	**5m**	**6m**	**7m**	**8m**
1	-35	-41	-42	-43	-41	-44	-44	-51
2	-35	-48	-51	-41	-41	-49	-45	-46
3	-35	-47	-46	-42	-42	-50	-43	-59
4	-34	-40	-55	-41	-42	-46	-46	-51
5	-34	-53	-49	-43	-42	-48	-46	-51
6	-34	-47	-43	-41	-42	-47	-45	-53
7	-34	-60	-51	-43	-41	-46	-49	-54
8	-35	-51	-46	-43	-45	-48	-48	-62
9	-34	-45	-45	-44	-41	-48	-46	-57
10	-34	-51	-44	-45	-41	-47	-45	-57
Soma	-344	-483	-472	-426	-418	-473	-457	-541
Média (dBm)	-34,4	-48,3	-47,2	-42,6	-41,8	-47,3	-45,7	-54,1
Mediana	-34	-47,5	-46	-43	-41,5	-47,5	-45,5	-53,5
Moda	-34	-47	-51	-43	-41	-48	-45	-51
Variância	0,27	34,46	17,29	1,82	1,51	2,90	3,12	22,10
Desvio Padrão	0,52	5,87	4,16	1,35	1,23	1,70	1,77	4,70
μ+σ	-33,88	-42,43	-43,04	-41,25	-40,57	-45,60	-43,93	-49,40
μ-σ	-34,92	-54,17	-51,36	-43,95	-43,03	-49,00	-47,47	-58,80

Com base na observação dos dados indicados na Tabela 1, é aferido da medida (*A*) assumindo-se em definitivo o valor de aproximadamente -35dBm, considerando o desvio-padrão.

3.2 – Cálculo do expoente de atenuação (Fase Determinística)

A partir do uso da Equação 5, que retratam procedimento experimental da aferição de η, foi realizada coleta de 96 amostras de expoentes de propagação para um nó móvel, em quantidade 1, dado cada nó âncora, em quantidade 3, de cada setor de localização em quantidade 4, e, para cada raia, em quantidade 8, aferiu-se os valores estatísticos, de acordo com a Tabela 2.

ISSN 1809-3957

Tabela 2 – Valores obtidos durante os testes.

Medidas de posição			Medidas de Dispersão	
Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância
1,51	1,82	1,57	0,61	0,37

Considerando-se o desvio-padrão, foi definido experimentalmente com tendo o expoente de atenuação η, valor de aproximadamente 2,22 unidades adimensionais.

3.3 – Cálculo do raio-vetor (fase determinística)

No sentido de avaliar o comportamento do modelo de propagação de dados sem fio, entre um nó móvel e nós âncoras de cada setor de localização, quanto a potência de sinal experimental, em pista de atletismo oficial, com divisão dos setores de localização e coordenadas indicadas por:

- Setor de Localização da parte superior: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0), (45,-20) e (-50,-20), respectivamente;
- Setor de localização da parte inferior: Nós âncoras 1, 2, e 3, com localização em metros (0,0), (-45,-20) e (50,-25), respectivamente;
- Setor de Localização da lateral esquerda: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0) , (50,50) e (55,-55) respectivamente;
- Setor de Localização da direita: Nós âncoras 1, 2 e 3, com localização em metros (0,0), (50,50) e (-55,55) respectivamente;

Cada coordenada de cada cluster de localização está definida nas adjacências da pista. Foi baseada no alcance de transmissão dos módulos Xbee® e também nas medidas oficiais de cada segmento da pista de atletismo e de cada raia, tomando-se como referência o centro da raia. O ponto de referência para instalação do sistema de localização para os segmentos lineares foi definido tendo o sistema de coordenadas baseado nas provas de 100m (posição média 50m), e para o os segmentos semicirculares, o sistema de coordenadas é paralelo a linha de centro dos arcos da pista, a distância oficial de 36,5m.

Nesta etapa de modelagem matemática foi considerada posição experimental do nó móvel o centro de raia (comprimento da raia 1,22m). De modo que, com relação a cada sistema de coordenadas (posição (0,0) do nó âncora) para todos os setores de localização, a posição, em metros, 0,61; 1,83; 3,05; 4,27; 5,49; 6,71; 7,93; 9,15; para as raias, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, respectivamente, a uma distância de 5m em relação à adjacência da pista.

A seguir nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 são apresentados com relação ao nó âncora 1 de cada setor de localização. (PM: potência medida; DN: distância euclidiana nominal; RVE: raio-vetor estimado; RVP: raio-vetor previsto; RVF: raio-vetor final).

Tabela 3 – Medidas com relação à parte superior da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-32	-33	-34	-36	-38	-42	-42	-45
DN	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	5,75	5,85	5,95	6,20	6,51	7,39	7,39	8,38
RVP	6,70	6,79	6,90	7,14	7,45	8,34	8,34	9,33
RVF	4,31	6,86	9,40	11,78	14,07	15,69	18,35	19,84

Tabela 4 – Medidas com relação à parte inferior da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-35	-48	-51	-41	-41	-45	-45	-46
DEC	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	6,07	9,78	11,76	7,13	7,13	8,38	8,38	8,80
RVP	7,78	11,55	13,53	8,90	8,90	10,16	10,16	10,57
RVF	2,84	0,96	1,25	9,71	12,44	13,63	16,36	18,58

Tabela 5 – Medidas com relação à lateral esquerda da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-34	-40	-43	-41	-42	-46	-46	-51
DEC	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	5,95	6,90	7,69	7,13	7,39	8,80	8,80	11,76
RVP	7,72	8,67	9,46	8,91	9,17	10,57	10,57	13,53
RVF	6,93	8,50	10,28	13,78	16,23	17,21	20,06	18,99

Tabela 6 – Medidas com relação à lateral direita da pista (m) – Nó Âncora 1

Raia	1	2	3	4	5	6	7	8
PM (dBm)	-35	-41	-42	-43	-41	-44	-44	-51
DN	5,61	6,83	8,05	9,27	10,49	11,71	12,93	14,15
RVE	6,07	7,13	7,39	7,69	7,13	8,01	8,01	11,76
RVP	7,75	8,81	9,07	9,37	8,81	9,69	9,69	13,43
RVF	6,81	8,19	10,39	12,55	15,57	17,14	17,14	18,25

IV. CONCLUSÃO

A metodologia de localização proposta para pista de atletismo sob a ótica da utilização de uma rede de comunicação baseada no protocolo ZigBee®, é razoavelmente definida matematicamente quando se trata do processo probabilístico dos raios-vetores, como também, do modelo distribuído de localização dadas as características construtivas da pista de atletismo.

O modelo empírico detalhado, principalmente na tratativa do comportamento da potência sinal conforme indicada na seção 2.4, demonstrou caráter de instabilidade, invocando-se o objetivo elencado na seção 2.3, principalmente pelo caráter não-linear do posicionamento em função da potência, o que pode ser verificado nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, quando da variância da potência aferida, interferindo na estimação da distância, ao comparar-se as medidas dos raios-vetores.

Desta forma pode ser afirmado, que pela não-linearidade e incoerência quanto as medições, há influência direta no processo de estimação de coordenadas.

Em termos práticos, esta constatação caracteriza implicância negativa potencial, inviabilizando o modelo experimental de triangulação, devido ao caráter assistivo da aplicação, pelo fato da segurança ser importante preceito para o rendimento dos atletas com deficiência visual em corridas paralímpicas de atletismo.

Apesar dos resultados, pontualmente, apresentarem divergência, o modelo adaptado de perda de percurso com estágio de predição, em suas fases determinísticas e probabilísticas, fornece alternativa quanto a estimação de coordenadas, pois, ao analisar-se a Equação 11, a qual representa o raio-vetor final, entende-se que o mesmo é função, do raio vetor previsto e do raio vetor calculado (distância euclidiana). A diferença entre estes ponderada pela razão '*a'*, fornece ajustes ao valor final do raio vetor, de modo que este resultado abrange dados reais e experimentais, ou seja, não dependendo somente da potência (sujeita à susceptibilidade, não controlada) e de

ISSN 1809-3957

caráter experimental, como também, sendo função da distância euclidiana, fase de cálculo, da etapa probabilística. Em adição, pode ser considerada como alternativa à outras técnicas baseadas em potência como o *Fingerprint* (Júnior, 2015), por não apresentar, em sua totalidade, metodologia exclusivamente dependente de *RSSI*.

Ainda assim faz-se necessário o desenvolvimento de métodos de ajuste e complementação, não somente em termos do modelo de perda de percurso adaptada, como também de hardware de rede. Esta metodologia fornece dados importante para o desenvolvimento de funções de otimização que busquem refinar ainda mais a relação de potência e distância. Em face disto é requerido esforço computacional considerável, o que a partir de uma análise de algoritmo, demanda tempo incompatível com a aplicação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. T.; PINHEIRO, V. Rfid alarm system and trajectory correction in paralympic athletics races. **Procedia Technology**, Elsevier, v. 17, p. 170–177, 2014.

DE CARVALHO, C. E. B., OKUMURA, M. L. M., & JUNIOR, O. C. A engenharia simultânea aplicada ao processo de desenvolvimento de produtos especiais. **Revista SODEBRAS,** v.7, p. 3-11, 2012.

FARAHANI, S. **ZigBee wireless networks and transceivers. [**S.l.]: newnes, 2011.

HERNANDEZ, O. et al. Position location monitoring using IEEE® 802.15. 4/Zigbee® technology. **Beyond Bits**, issue IV, p. 67–69, 2009.

JÚNIOR, L. A. Q. C; BASTOS, M.P ; LIMA, A.C.O . Network Hardware Review for a Location System. **Revista SODEBRAS**, v. 11, p. 256-261, 2015.

LIMA, A.C.O ; GANDRA, S. R. ; LEAL, E. O. L. ; LAGO NETO, J. C. ; JÚNIOR, L. A. Q. C . ROPE TETHER USABILITY EVALUATION WITH VISUALLY IMPAIRED ATHLETES IN PARALYMPIC RACE TRACKS. **International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences**, v. 6, p. 196-209, 2016.

PATWARI, N. et al. Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks. IEEE Signal processing magazine, **IEEE**, v. 22, n. 4, p. 54–69, 2005.

SAVVIDES, A.; HAN, C.-C.; STRIVASTAVA, M. B. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors. In: **ACM. Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking**. [S.l.], 2001. p. 166–179.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

VOLUME 12 - N° 141 - Setembro/ 2017

ISSN - 1809-3957

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	**COMPREENSÃO E USO DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL POR MICROEMPREENDEDORES QUE ATUAM NO MERCADO PÚBLICO DE SÃO JOSÉ/PE** **UNDERSTANDING AND USE OF ACCOUNTING INFORMATION BY MICRO ENTREPRENEURS WHO ACT IN THE PUBLIC MARKET IN SÃO JOSÉ/PE HIGOR** Felipe Cavalcanti De Andrade; Ana Paula Ferreira Da Silva; Myron Palhano Galvao Sobrinho
6-2	**VISÃO BASEADA EM RECURSO E ANÁLISE DE RECURSOS ESTRATÉGICOS NA GERAÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA RESOURCE-BASED VIEW AND** **ANALYSIS OF STRATEGIC RESOURCES IN THE GENERATION OF COMPETITIVE ADVANTAGE** Vinícius Gustavo Coelho Dos Santos; Sivio Popadiuk
6-2	**A LEI ORDINÁRIA Nº 10.369/2015 E A VISÃO DOS CONSUMIDORES DE BARES E RESTAURANTES DE VITÓRIA SOBRE A GESTÃO DE SERVIÇOS** **THE ORDINARY LAW N. 10.369/2015 AND THE VISION OF CONSUMERS OF BARS AND RESTAURANTS OF VITÓRIA ON THE MANAGEMENT OF SERVICES** Marcelo Calderari Miguel; Rogério Zanon Da Silveira
6-2	**NÍVEL DE CONFORMIDADE DOS PARECERES DOS AUDITORES INDEPENDENTES EMITIDOS PARA AS EMPRESAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL** **LEVEL OF CONFORMITY OF THE OPINIONS OF INDEPENDENT AUDITORS ISSUED AS COMPANIES OF THE ELECTRICITY SECTOR IN BRAZIL** Willian Tarcísio Freitas E Silva; Ana Paula Ferreira Da Silva; Myron Palhano Galvão Sobrinho
6-2	**O COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NOS SERVIÇOS DE APLICATIVOS DE RELACIONAMENTO: UMA NOVA DINÂMICA DAS RELAÇÕES** **CONSUMER BEHAVIOR IN DATING APP'S SERVICES: A NEW DYNAMIC IN RELATIONSHIPS** José Rubens De Campos; Diego Paulo Rhormens; Alexandre Luzzi Las Casas
6-2	**TERCEIRIZAÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS NA TERCEIRIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE ENTREGA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS NA CIDADE DE PORTO VELHO/RO** **THIRD: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN THE THIRD PARTY LOGISTICS OF THE DELIVERY OF FOOD PRODUCTS IN THE CITY OF PORTO VELHO / RO** Sâmia De Oliveira Brito Freire; Gisele Amaral Cintra Pedroso; Kenny Abiorana Duran; Selena Castiel Gualberto; Robercy M. Da Matta Neto

6-3	**ASPECTOS DA COGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO O BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL** **ASPECTS OF ENERGY COGENERATION USING THE SUGAR CANE BAGGAGE IN BRAZIL** Marcia Gonçalves Pizaia; Marcia Regina Gabardo Da Camara; Carlos Eduardo Caldarelli; Irene Domenes Zapparoli
6-4	**A ATUAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ARQUITETURA E URBANISMO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS** **THE ACTIVITIES OF THE ARCHITECTURE AND URBANISM PROFESSIONAL IN THE PLANNING OF CIVIL WORKS** Emanuelle De Aragão Arrais; Linardy De Moura Sousa; Ana Virgínia Alvarenga Andrade
6-4	**PROPOSTAS DE AÇÕES PARA MELHORIA DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES DE ENSINO SUPERIOR FEDERAL: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE** **PROPOSALS FOR ACTIONS TO IMPROVE THE SUSTAINABLE PERFORMANCE OF FEDERAL HIGHER EDUCATIONAL BUILDINGS: CASE STUDY AT THE FEDERAL FLUMINENSE UNIVERSITY** Daniel De Almeida Silva; Marcelo Jasmim Meiriño
7-6	**OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 – 2009** **CHEMICAL ACCIDENTS IN INDUSTRIAL ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 - 2009** Angélica Vieira De Souza; Auro Aparecido Mendes
7-6	**OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES DE TRANSPORTES: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 – 2009** **CHEMICAL ACCIDENTS IN TRANSPORT ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN THE SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 - 2009** Angélica Vieira De Souza; Auro Aparecido Mendes
8-0	**FONTES E SUMIDOUROS DA MALÁRIA: DETECÇÃO DE CLUSTERS EM MANAUS (AM) PELO MÉTODO ESTATÍSTICA SCAN** **MALARIA SOURCES AND SINKS: CLUSTERS DETECTION IN MANAUS (BRAZIL) BY THE SCAN STATISTICAL METHOD** Jaidson Nandi Becker; Marcelo Antonio Nero; Mircia Betânia Costa E Silva; Solange Laurentino Dos Santos; José Nunes De Aquino

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

COMPREENSÃO E USO DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL POR MICROEMPREENDEDORES QUE ATUAM NO MERCADO PÚBLICO DE SÃO JOSÉ/PE

UNDERSTANDING AND USE OF ACCOUNTING INFORMATION BY MICRO ENTREPRENEURS WHO ACT IN THE PUBLIC MARKET IN SÃO JOSÉ/PE

HIGOR FELIPE CAVALCANTI DE ANDRADE[1]; ANA PAULA FERREIRA DA SILVA[1,2]; MYRON PALHANO GALVAO SOBRINHO[2,3,4]
1- FACULDADE BOA VIAGEM/DEVRY BRASIL, 2 – UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, 3- FACULDADE SENAC/PE, 4- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE PERNAMBUCO
higorc.a@hotmail.com; anapafesilva@hotmail.com; myron_72@hotmail.com

Resumo – Esta pesquisa tem por objetivo analisar o grau de compreensão das informações contábeis, bem como o seu uso pelos microempreendedores do Mercado de São José da cidade do Recife, em Pernambuco. Para tal, foram realizadas entrevistas com base em um roteiro estruturado, com questões abertas, em uma amostra de 13 (treze) comerciantes. Foram analisados aspectos relacionados com os serviços prestados pelos contadores, bem como a compreensibilidade dos empreendedores sobre os conceitos de receita, despesa, lucro e capital de giro. Como conclusão, foi observado que os microempreendedores recorrem pouco aos serviços prestados pelo contador, bem como apresentam dificuldade na compreensão de termos básicos utilizados na área de gestão empresarial.

Palavras-chave: Informação Contábil. Compreensibilidade. Microempreendedor Individual.

Abstract - This research aims to analyze the degree of understanding of accounting information, as well as its use by microentrepreneurs of the São José Market in the city of Recife, in Pernambuco. For this purpose, interviews were conducted based on a structured script, with open questions, in a sample of 13 (thirteen) traders. We analyzed aspects related to the services rendered by the accountants, as well as the understandability of the entrepreneurs on the concepts of revenue, expense, profit and working capital. As a conclusion, it was observed that microentrepreneurs rarely use the services provided by the accountant, as well as difficulties in understanding basic terms used in the area of business management.

Keywords: Accounting Information. Comprehensibility. Individual Microentrepreneur.

I. INTRODUÇÃO

A linguagem contábil e financeira está presente no dia-a-dia das pessoas de uma forma inevitável, porém certas expressões e termos do mundo dos negócios são frequentemente confundidos e mal utilizados. Este fato ocorre possivelmente por falta de atenção ou devido ao pouco conhecimento específico dos falantes.

Para Ribeiro (1997), "Comunicação é a mais básica e vital de todas as necessidades, depois da sobrevivência física. Para se alimentar, desde os tempos pré-históricos, os homens precisavam se entender e cooperar uns com os outros, através da comunicação [...]". Assim, as informações qualitativas da linguagem contábil serão tomadas como base neste trabalho, dando-se ênfase a uma característica denominada de compreensibilidade.

A compreensibilidade se destaca por ser uma qualidade específica de cada usuário, sendo agente direto na manipulação das informações e nas respectivas tomadas de decisões. De acordo com Porton e Longarav (2007), para ocorrer esta manipulação de informações, o usuário precisa ter um conhecimento prévio sobre contabilidade e finanças, para que a mensagem possa ser compreendida e executada em seu negócio.

Para Dias Filho (2001), a compreensibilidade é uma característica vital à eficácia da informação contábil, enfatizando que as demonstrações contábeis devem se apresentar compreensíveis aos usuários, principalmente para aqueles que não possuem o poder de determinação sobre a divulgação destas.

Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2011), o grupo formado por micro e pequenas empresas representa mais de 99% dos empreendimentos atuais no país, além de ser responsável pela criação de 70% das vagas de emprego. Compreender como microempresários manuseiam os conceitos contábeis e econômicos é indispensável para conhecer sua participação na economia brasileira (MIRANDA *et al*, 2012).

Miranda (2012) enfatiza que geralmente este tipo de organização apresenta no centro de sua gestão a figura do empresário, este por sua vez, no início das atividades, costuma utilizar como força de trabalho a mão-de-obra familiar, na intenção de aplicar o controle que já tem em casa, fugindo das leis trabalhistas e por consequência complicando ainda mais a saúde dos seus negócios.

Embora o desenvolvimento de Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPME´s) seja fundamental para o crescimento da economia mundial, pesquisas apontam que a taxa de mortalidade destas organizações chega a 25% das empresas criadas, antes de dois anos de existência. SEBRAE (2011). Segundo Miranda *et al* (2011) a taxa de mortalidade das MPME´s está diretamente ligada "a falta de capacidade gerencial dos gestores, que na maioria dos casos são os seus proprietários".

Para Miranda *et al* (2012) *apud* SEBRAE (2004) a falta da informação contábil adequada para a tomada de decisão, assim como a carência de experiência na área de gestão, contribuiu para a má administração do capital de

ISSN 1809-3957

giro, que representa a terceira causa principal da mortalidade empresarial no país. Além disso, conceitos básicos como o de Receita, Despesas, Custos e Controle Patrimonial, podem possuir diversos significados, variando de entendimento e aplicação conforme o grau de instrução do receptor ou transmissor da mensagem.

Neste contexto, o estudo foi conduzido com o propósito de responder a seguinte pergunta, constituída como problema de pesquisa: Os microempreendedores do Mercado de São José compreendem e utilizam as informações geradas pela contabilidade no processo de tomada de decisão?

Com o propósito de solucionar o problema apresentado, o objetivo central deste artigo é analisar o grau de compreensão das informações contábeis, bem como o seu uso pelos empreendedores do Mercado de São José, verificando como esses comerciantes descodificam e aplicam essas informações na gestão dos seus empreendimentos.

Este trabalho se justifica pela importância das MPME´s na economia nacional e pelo crescimento do número de brasileiros que, devido à crise financeira, veem no empreendedorismo uma oportunidade de garantir a renda familiar e fugir do fantasma do desemprego. Porém, um dos fatores que contribui para evitar a mortalidade destas organizações é o nível de compreensão e utilização da informação contábil no processo decisório.

II. PROCEDIMENTOS

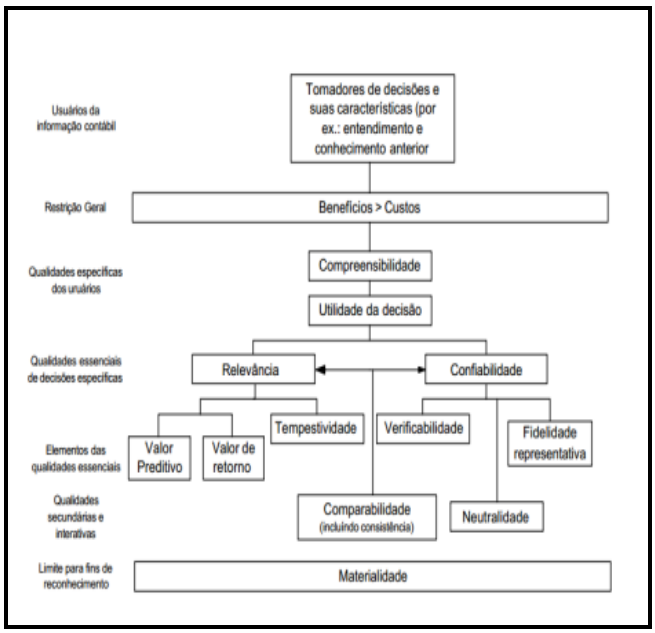
2.1 - Informação Contábil

Atualmente existe uma preocupação em internacionalizar os símbolos e linguagens contábeis para um entendimento universal, bem como, também, a facilitação das transições realizadas internacionalmente. De acordo com Lopes Sá (2002) essa preocupação de universalização da linguagem contábil deve-se também pela necessidade da melhoria do fluxo de informações para uma melhor comparabilidade e confiabilidade dos dados econômico-financeiros em escala mundial.

Pode-se dizer que um dos principais objetivos da contabilidade é prover aos usuários informações qualitativas e quantitativas acerca do patrimônio das entidades. (CAMPELO, 2007). Os usuários que acompanham as mutações e variações das informações contábeis podem ser externos ou internos à entidade, sendo os internos compostos pelos administradores e funcionários; os externos compostos pelos acionistas, credores, autoridades governamentais, etc. (PORTON, LONGARAV, 2007).

Para Campelo (2007), as características qualitativas das informações contábeis, de acordo com uma pesquisa feita em trabalhos do FASB (1980), IASB (1998), ONU (1989) e CFC (1999), dividem-se em: Compreensibilidade, Relevância, Tempestividade, Materialidade, Valor Preditivo, Valor como *Feedback*, Confiabilidade, Representação Fiel, Essência sobre a forma, Neutralidade, Prudência, verificabilidade, Completeza, Pertinência, Comparabilidade, Uniformidade e Consistência. De acordo Porton e Longarav (2007), os usuários responsáveis pelas tomadas de decisões, assim como seus conhecimentos sobre as características qualitativas das informações contábeis e a hierarquia existente dentre elas, estão esquematizados na figura 1:

Figura 1 - Hierarquia das características qualitativas da informação contábil.



Fonte: Hendriksen e Breda (1999, p. 96).

A compreensibilidade destaca-se por ser uma qualidade específica de cada usuário, sendo agente direto na manipulação das informações e nas respectivas tomadas de decisões (PORTON, LONGARAV, 2007). Essa característica da informação contábil relaciona-se com a necessidade de prover informações úteis e compreensíveis aos usuários, já que não seria de nenhuma utilidade suprir os empreendedores e gestores de informações que, embora sejam relevantes, não serão compreendidas, dificultando uso prático e a aplicabilidade no dia-a-dia (GOULART, 2003).

Dias Filho (2001) aponta que a compreensibilidade é uma característica vital à eficácia da informação contábil, enfatizando que as demonstrações contábeis devem se apresentar compreensíveis aos usuários, principalmente para aqueles que não possuem o poder de determinação sobre a divulgação destas. Contudo, a compreensão das informações contábeis requer dos usuários, internos e externos, um nível mínimo de conhecimento e especialização, para que haja uma interpretação coerente e as informações sejam válidas para as tomadas de decisões (CAMPELO, 2007).

2.2 – Microempreendedor Individual

Para Chiavenato (2005) "o empreendedor é a pessoa que inicia ou opera um negócio para realizar uma ideia ou projeto pessoal assumindo riscos e responsabilidades e inovando continuamente". Embora, de acordo com Silva (2002), 98% das empresas existentes no mercado brasileiro seja micro ou pequenas empresas e, segundo Longnecker, Moore e Petty (2004), a grande maioria destas acabam enfrentando dificuldades em administrar seu negócio e, consequentemente, declaram falência. De acordo com o SEBRAE (2011), de cada 100 empresas abertas no Brasil, 48 encerraram suas atividades em três anos.

Com base em uma pesquisa realizada pela Economia Informal Urbana (ECINF) em 2003, tendo como ponto de partida dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) em 1997, notou-se que 88% das empresas brasileiras eram informais e estas, por sua vez, em sua grande maioria, apresentavam apenas um único

ISSN 1809-3957

funcionário, assim como um faturamento mensal menor que R$ 2.000,00.

A partir da vigência da lei complementar 123 publicada em dezembro de 2006, conhecida como Lei do Simples Nacional, as empresas que se caracterizavam como informais, tiveram uma nova chance para resolver a situação de irregularidade sobre a qual se encontravam, todavia, muitas ainda não possuíam renda suficiente para encarar os encargos, impostos e taxas geradas nesse novo sistema.

Em 19 de dezembro de 2008, foi criado o programa Microempreendedor Individual (MEI), instituído pela Lei Complementar nº 128, regulamentada pela Resolução nº 58 do Comitê Gestor do Simples, tendo entrado em vigor no dia 1º de julho de 2009, sendo beneficiados nesta lei àqueles empresários que faturavam menos de R$ 3.000 por mês ou até R$ 36.000 no ano (sendo este limite, em 2015, aumentado para R$ 5.000,00 ou até R$ 60.000,00, respectivamente). Para Tavares (2010), existem interesses dos empreendedores, assim como uma urgência da esfera pública, de disseminar a formalização das micro e pequenas empresas por todo o país.

De acordo o SEBRAE (2011), com a Lei Complementar nº 128/2009, o Brasil deu um grande salto para a inclusão econômica e social de aproximadamente 9 milhões de trabalhadores que aguardavam a oportunidade para se formalizar. Para Pietrobon e Okamoto (2009), esta lei inicia uma nova reforma tributária, contribuindo significativamente para a toda a economia, assim como para tornar o empreendedorismo no Brasil mais forte, com um mercado mais competitivo e sustentável para os pequenos negócios e empresários.

O Microempreendedor individual possui uma influência significativa no desenvolvimento social e regional de onde atua. Segundo a Confederação Nacional das Micro e Pequenas Empresas e dos Empreendedores Individuais – (CONAMPE) o micro empreendedor é responsável pela maior geração de emprego do país (BURKHARD, 2015).

Atualmente, segundo dados disponíveis no *site* do SEBRAE, o percentual de micro e pequenas empresas, totalizando as formais e as informais, atingem 99% das entidades brasileiras, sendo responsáveis por 52% dos empregos com carteira assinada, 27% do PIB e representam 40% dos salários pagos no país.

2.3 – O Mercado Público Municipal de São José

Segundo um breve histórico que está localizado no *site* da Prefeitura da Cidade do Recife, o Mercado de São José é um dos vinte e quatro mercados públicos do Recife, capital de Pernambuco. Localizado no bairro de São José, é o mais antigo mercado público do Brasil e o primeiro edifício pré-fabricado em ferro no país (Figura 1).

Possui a mesma estrutura neoclássica dos mercados europeus do século XIX e foi inspirado no Mercado de Grenelle localizado em Paris.

A Inauguração se deu às 11 horas do dia 7 de setembro de 1875, sendo nesta data registrado e tombado pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

O empreendimento superou o que está previsto no orçamento, devidos aos problemas de adaptar a estrutura do Mercado ao clima tropical, tendo como investimento total o valor de Trezentos e Noventa Milhões, Trezentos e Quinze Mil, Cento e Trinta e Seis contos de réis.

Ainda de acordo com informações colhidas através da Prefeitura do Recife, o mercado ocupa uma área coberta de 3.541 m², sendo, atualmente, 545 boxes no total, abrangendo as diversas atividades de, por exemplo, peixes, artesanatos, produtos naturais, carnes, bebidas, etc. Ao longo do tempo de existência do Mercado de São José, este já passou por diversas reformas, sendo 1994 e em 1998 sujeito a reconstrução.

Figura 2: Mercado de São José/PE

Fonte: autor desconhecido

2.4 – Metodologia

Quanto aos objetivos, este estudo se classifica como exploratório e descritivo. Exploratório por tratar de um tema pouco pesquisado e, descritivo, uma vez que serão apresentadas as características da amostra estudada neste trabalho, pois, conforme Gil (1999) "a pesquisa descritiva tem como principal objetivo descrever características de determinada população ou fenômeno ou estabelecimento de relações entre as variáveis".

O universo da pesquisa é o Mercado de São José que possui mais de 500 boxes no total e a amostra está composta por 13 microempreendedores que se dispuseram a responder o questionário em meados do mês de maio de 2015.

É importante destacar que a grande maioria dos comerciantes se recusou a participar da entrevista, alegando não conhecer o negócio, não ter tempo e, até mesmo, respondendo que não queria contribuir com nenhuma pesquisa. Esta circunstância prejudicou a aplicação dos questionários e representou uma delimitação da pesquisa por ter impossibilitado uma análise mais exaustiva.

O método utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foi o indutivo. De acordo com Cooper e Schindler (2003) "Induzir é tirar uma conclusão a partir de um ou mais fatos em particular ou de determinadas provas". Em outras palavras, Lakatos e Marconi (2010) diz que "Indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas".

A tipologia adotada para a realização do estudo foi a pesquisa de campo, tendo como roteiro as seguintes fases: Revisão do tema abordado para filtrar com precisão os pontos do questionário; pesquisa por estudos semelhantes nos cinco maiores congressos de contabilidade do Brasil; entrevista não padronizada com os comerciantes do Mercado de São José e análise descritiva dos dados.

III. RESULTADOS

Nesta seção estão apresentados e analisados os dados coletados na pesquisa de campo realizada com os 13 microempreendedores do Mercado de São José. Os resultados estão divididos em duas partes: primeiro a opinião dos entrevistados quanto aos serviços prestados pelo

ISSN 1809-3957

contador, assim como a utilização das informações geradas por este profissional. Em seguida, a transcrição da opinião dos comerciantes sobre a compreensibilidade de termos específicos da área empresarial.

A transcrição dos trechos foi realizada de forma fiel, respeitando a linguagem local e cultural dos entrevistados, não levando em consideração, portanto, as regras gramáticas da língua portuguesa.

3.1 Necessidade dos serviços prestados pelo contador

Vários estudos relatam que o contador é um grande parceiro do empreendedor e que as informações geradas pela contabilidade representam um poderoso instrumento para tomada de decisão. Porém, a tabela 1 retrata que 38,5% dos empreendedores entrevistados afirmaram que não havia necessidade de contratar um profissional de contabilidade.

Tabela 1 – Contrata serviços de contabilidade

	Ocor.	%
Sim	8	61,5
Não	5	38,5
TOTAL	13	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Ao analisar o discurso destes comerciantes, observa-se que de acordo com o entrevistado 3, os boxes que contratam são aqueles que possuem funcionários registrados e necessitam elaborar a folha de pagamento.

> *"Muitas poucas lojas que têm. São somente aquelas que têm empregados. Porque no meu caso, trabalha aqui eu e minha mãe. É um negócio de família e não há necessidade de ter um contador ([entrevistado 3], 15 jun. 2015)".*

Na opinião do entrevistado 4, não havia necessidade de contratar serviço de contabilidade pelo porte de sua empresa.

> *"Não, até porque a gente não é tão grande, né?! Acredito que há uma necessidade para o conhecimento da gente, porque tudo é válido. ([entrevistado 4], 15 jun. 2015) ".*

A tabela 2 quantifica as razões dos microempreendedores para não contratar contador.

Tabela 2 – Razões para não se contrata serviços de contabilidade

	Ocor.	% (1)
Empreendimento pequeno	4	80,0%
Não ter funcionários	5	100%
(1) Percentual sobre os 5 casos, que apontaram não contratar serviços contábeis. Teve respondente que apontou duas razões.		

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Por outro lado, na percepção do Microempreendedor 1, o valor cobrado pelos contadores que prestam serviços na região não é muito alto e estes profissionais sempre dão alguma orientação, mesmo que mínima, aos comerciantes do Mercado, independente do nível de instrução.

> *"Aqui todo mundo trabalha com a contabilidade. Sempre tem uma pessoa pra tomar conta, eles cobram baratinho, né?! Não cobram um salário. Cobram de 100 a 200 reais por mês pra fazer o trabalho de todo mundo, eles são orientados para isso mesmo. A gente sempre orienta aos comerciantes ter um contador, porque aqui no mercado tem muita gente que é formada, por exemplo: Engenheiros, administrador, etc. ([entrevistado 1], 15 jun. 2015) ".*

3.2 Utilização das informações geradas pela contabilidade

Ao repassar as informações contábeis ao microempreendedor, é recomendável que o contador discuta e preste esclarecimento no sentido de auxiliá-lo no controle e planejamento da empresa. Porém, na opinião do entrevistado 7, o contador fornecia apenas o básico e por consequência era necessário recorrer aos cursos fornecidos pelo SEBRAE.

> *"Ele só me fornece o básico. Nessa questão de planejamento, eu sempre faço curso no SEBRAE ([entrevistado 7], 15 jun. 2015) ".*

Em contrapartida, dentre os oito entrevistados que afirmaram ter contratado contador, todos relataram que utilizam ao máximo as informações que lhes são fornecidas e, que às vezes, o profissional vai além das finanças e presta informações sobre a organização do negócio.

> *"Porque quem tem contador aqui, como já falei, é quem tem funcionário. Às vezes vai além das finanças, vai nesse negócio de organizar essas papeladas do funcionário mesmo ([entrevistado 2], 15 jun. 2015).*

Neste contexto, o relato do entrevistado 4 se destacou por, apesar da concorrência empresarial, evidenciar uma postura solidária, ética e leal entre os comerciantes daquele local.

> *"Sim, considero. Também, acho que a gente acaba se destacando sim. E até pra ajudar um amigo comerciante aqui que não tenha contador, através de uma informação que é passada pra nós que temos. Acho isso interessante sim ([entrevistado 4], 15 jun. 2015) ".*

A tabela 3 evidencia as informações mais utilizadas pelos microempreendedores do Mercado de São José. Em primeiro lugar vem à folha de pagamento e o levantamento dos tributos. Em seguida, apontada por 62,5% dos entrevistados, a formalização do negócio.

Tabela 3 – Uso dos serviços de contabilidade

	Ocor.	% (3)
Formalização do negócio	5	62,50%
Folha de pagamento	8	100%
Impostos	8	100%
(3) Percentual sobre os 8 casos, que apontaram contratar serviços contábeis. Teve respondente que apontou até uso das informações		

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na opinião do entrevistado 5, o uso da informação contábil está atrelado ao cumprimento de exigências legais.

> *"Mais para formalização. Ele cuida dos encargos, mais precisamente disso aí. Folha de pagamento, DAES, etc. ([entrevistado 5], 15 jun. 2015).*

ISSN 1809-3957

3.3 Compreensão de termos e informações contábeis

Esta sessão apresenta o nível de compreensibilidade dos empreendedores do Mercado de São José, com relação a quatro conceitos básicos da informação contábil: Receita, Despesa, Lucro e Capital de Giro.

A tabela 4 evidencia que 38,5% dos entrevistados conceituaram receita como sinônimo de "apurado", ou seja, compreendem que a receita ocorre apenas no momento da entrada do dinheiro em caixa.

> *"As receitas eu poderia dizer que são as nossas vendas, né?! ([entrevistado 5], 15 jun. 2015) ".*
> *"Receita é todo o dinheiro que entra ([entrevistado 8], 15 jun. 2015) ".*

Este entendimento está equivocado, pois de acordo como o conceito de regime de competência a receita deve ser reconhecida no momento em que ocorreu a venda ou a prestação do serviço, independente o recebimento do dinheiro.

Tabela 4 – Compreensão quanto ao conceito de receita

Tem compreensão?	Ocor.	%
Sim, como sinônimo de apurado	5	38,5
Sim, como sinônimo de vendas	7	53,8
Não	1	7,7
TOTAL	13	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Na opinião do entrevistado 11, o conceito de receita não se aplica para os empreendedores que atuam no Mercado de São José.

> *"Rapaz, eu acho que no mercado não existe esse negócio de receita não ([entrevistado 11], 15 jun. 2015)".*

Quanto à compreensão dos entrevistados em relação à despesa, a tabela 5 indica que 92,3% confunde esse termo com a operação de desembolso (pagamento). Este fato está evidenciado na opinião do entrevistado 10:

> *- Despesa é o que a gente paga, né?! Os impostos aqui, luz, água, aluguel e a licença de pagamento das mercadorias ([entrevistado 10], 15 jun. 2015).*

Tabela 5 – Compreensão quanto ao conceito de despesa

Tem compreensão?	Ocor.	%
Sim, como pagamento.	12	92,3
Não, confunde com o conceito de gasto.	1	7,7
TOTAL	13	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Também foi possível observar, no relato dos entrevistados 1 e 5, ausência no controle de gastos e dificuldade em diferenciar os termos custos e despesas.

> *"Despesa? Eu não anoto as despesas. Nunca anotei ([entrevistado 1], 15 jun. 2015) ...*
> *"Eu propriamente não sei te dizer. ([entrevistado 5], 15 jun. 2015) ".*
> *- Despesas são os gastos, né. Os gastos com energia, folha de pagamento, encargos, impostos. ([entrevistado 5], 15 jun. 2015).*

Vale ressaltar que a prática do controle de gastos é essencial para a sustentabilidade do negócio e a correta segregação de custos e despesas interfere diretamente na apuração das margens de lucro.

De acordo com a tabela 6, apenas 1 (7,7%) entrevistado apresentou uma compreensão mais próxima da definição correta de lucro, classificando-o como o recurso que sobra após o pagamento, tanto das despesas quanto dos custos de reposição de mercadoria. Por outro lado, 92,3% dos entrevistados não sabe a correta definição do termo. Este fato fica evidenciado no relato do entrevistado 1, ao mencionar que lucro é somente o final entre o que ele recebe menos o valor pago das mercadorias, sem incluir na equação o valor das despesas.

> *"Lucro é o final. Eu compro 1.000 de mercadoria, apurei 1.500, ficará 500 de lucro. Desses 500 de lucro, 50% meu filho ganha ([entrevistado 1], 15 jun. 2015)".*

Tabela 6 – Compreensão quanto ao conceito de lucro

Tem compreensão?	Ocor.	%
Sim, como sendo o que sobra após pagamento das despesas e dos gastos para renovação do estoque (de mercadorias)	1	7,7
Não, pois não inclui as despesas como redutoras das receitas	12	92,3
TOTAL	13	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

Esta falta de compreensão interfere na determinação do capital de giro e impacta na formação correta do preço de venda.

De acordo com o SEBRAE (2011), o capital de giro é usado para financiar a continuidade das operações de curto prazo da empresa. A tabela 7 evidencia que 30,8% dos comerciantes entendem que capital de giro está associado a uma reserva para o gerenciamento do empreendimento em momentos de necessidade. Este fato está evidenciado na opinião do entrevistado 12:

> *"Tem que ter um capital de giro. Capital de giro, eu acho assim, é você ter uma reserva, porque em uma hora de necessidade você está pronto para o negócio não cair. Com o capital de giro e o prazo que você tem pra pagar, às vezes as vendas não chegam ao patamar pra pagar o que tá devendo, daí você tem que ter um capital de giro para segurar essa situação ([entrevistado 12], 15 jun. 2015)".*

Por outro lado, 69,2% dos microempreendedores confundem capital de giro com o conceito de lucro. Este fato é observado na opinião do entrevistado 4:

> *- É como te falei, o faturamento da gente aqui é pequeno pra ter até capital de giro nesse sentido. Até porque o capital de giro da gente é muito pequeno ([entrevistado 4], 15 jun. 2015).*

Tabela 7 – Compreensão quanto ao conceito de capital giro

Tem compreensão?	Ocor.	%
Sim, como sendo reserva de recursos.	4	30,8
Não, pois confunde capital de giro com lucro.	9	69,2
TOTAL	13	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2015

ISSN 1809-3957

Também foi observada, de acordo com o relato do entrevistado 10, que a existência do capital de giro está atrelada a obtenção de empréstimos.

> *"Nós também não temos como ter isso. A não ser que a gente faça empréstimo, essas coisas, pra poder investir, fazer as coisas rodarem ([entrevistado 10], 15 jun. 2015)".*

Nesse sentido, é importante considerar também as desvantagens desta operação, como a cobrança de taxas de juros elevadas por se tratar de uma linha de crédito sem garantia real e de curto prazo.

IV. CONCLUSÃO

Como conclusões gerais, pode-se destacar que os comerciantes entrevistados recorrem pouco aos serviços de um profissional em contabilidade, a não ser que possua empregados. Além disso, há uma expectativa por parte dos empreendedores, que os profissionais contábeis auxiliem no planejamento da entidade.

Como conclusões especificas, ao analisar a compreensibilidade dos entrevistados com relação a termos utilizados na área de gestão, constatou-se que: **a)** a palavra lucro foi erroneamente definida por 92,3% como a diferença entre a receita líquida e custo das mercadorias vendidas, sem considerar as despesas. Este resultado corrobora com o estudo realizado por Miranda *et al* (2011) junto as tapioqueiras da cidade de Olinda, que apresentaram a mesma compreensão. **b)** 92,3% confundiu o significado de despesa com o conceito de desembolso (pagamento), alem de não saber diferenciar o que era custo e despesa. **c)** o termo receita é compreendido por 38,5% dos entrevistados como sinônimo de "apurado", ou seja, entendem de forma equivocada que a receita ocorre apenas no momento da entrada do dinheiro em caixa. **d)** 69,2% dos entrevistados confundem capital de giro com o conceito de lucro.

Por último, os resultados apresentados por esse estudo, apesar de limitado a treze entrevistados, podem ocorrer também com outros grupos de microempreendedores e, por consequência, representar um alerta para que os contadores fiquem mais atentos às necessidades dos seus clientes. Por outro lado, também pode servir para que as instituições de ensino superior desenvolvam cursos de extensão voltados para qualificar este público.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEUREN, Ilse Maria. **Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade:** teoria e prática. 3ª Edição. São Paulo: Atlas, 2008.

BRASIL, 2006. **Lei Complementar 123, de 14 de dezembro de 2006**. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte. Diário Oficial da União. Brasília, 14 dez. 2006.

BURKHARD, Daniela. **As compras públicas visando o fortalecimento dos pequenos negócios como político de desenvolvimento social**. 2015, 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Taquara, Rio Grande do Sul, 2015.

CAMPELO, Simões Karina. **CARACTERÍSTICA QUALITATIVA DAS INFORMAÇÕES CONTÁBEIS: UMA ANÁLISE NO GRAU DE ENTENDIMENTO DOS GESTORES FINANCEIROS DE EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.** Recife, 2007.

CHIAVENATO, I. **Empreendedorismo: dando asas ao espírito empreendedor**. São Paulo. Saraiva, 2005.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7, ed. São Paulo: Bookman, 2003.

DIAS, Filho; Maria, José. **Característica qualitativas da informação contábil**: o problema da compreensibilidade à luz da teoria da semiótica e da comunicação. 2011.211 f. Dissertação (mestrado de Ciências Contábeis) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOULART, André Moura Cintra. **Evidenciação contábil do risco de mercado por instituições financeiras no Brasil**. 2003. 202f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LONGENECKER, J. G.; MOORE, C. W.; PETTY J. W. **Administração de pequenas empresas**. São Paulo: Makron Books, 2004.

MIRANDA, C.L; Marques, Luis Carlos dos; Silva, Daniel José Cardoso da; Freitas, A.R. Ferraz de. **USO DA CONTABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE FINANCIAMENTO PELAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS: UM ESTUDO A PARTIR DA PERCEPÇÃO DOS GESTORES.** Revista Universo Contábil, Blumenau, v. 8, n. 1, p. 86-104, jan./mar., 2012

PIETROBON, V.; OKAMOTO, P. **Cartilha do Empreendedor Individual**. Copyright. FENACON. 2009.

PORTON, Rosimere Alves de Bona; LONGARAV, Andrade André. **RELEVÂNCIA DO USO DAS INFORMAÇÕES CONTÁBEIS NOS PROCESSOS DECISIONAIS.** Revista Angrad – vol. 7, n. 4, out-nov-dez/2006 – pp. 89-110 – originais cedidos pela Profa. Rosimeire Alves de Bona Porton, em 15 de março de 2007.

PREFEITURA da cidade do Recife. DISPONÍVEL EM: < http://www2.recife.pe.gov.br/servico/mercado-de-sao-jose > ACESSO em: 12 de maio de 2017.

RIBEIRO, Lair**. Comunicação Global: o poder da influência**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1997.

SÁ, Antônio Lopes de. **Teoria da contabilidade.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Anuário das Pesquisas sobre as Micro e Pequenas Empresas. Observatório. SEBRAE - 2011,

SEBRAE. DISPONÍVEL EM: <www.sebrae.com.br>. ACESSO em: 10 de maio de 2017.

SILVA, D. S. da. **Manual de procedimentos contábeis para micro e pequenas empresas.** 5. ed. Brasília: CFC; SEBRAE, 2002.

TAVARES, D. Brasil tem mais de 550 mil empreendedores individuais em quase todos os municípios. 2010. Disponível em: <http://www.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal> ACESSO em: 10 de maio de 2017.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

VISÃO BASEADA EM RECURSO E ANÁLISE DE RECURSOS ESTRATÉGICOS NA GERAÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA

RESOURCE-BASED VIEW AND ANALYSIS OF STRATEGIC RESOURCES IN THE GENERATION OF COMPETITIVE ADVANTAGE

VINÍCIUS GUSTAVO COELHO DOS SANTOS[1]; SIVIO POPADIUK[1]
1 - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
coelho.vinicius@hotmail.com[1]; spopadiuk@gmail.com

Resumo – O Objetivo desse trabalho é compreender a aplicação da RBV no contexto de avaliação de recursos/ativos estratégicos e geração de vantagem competitiva sustentável a partir de uma revisão teórica das principais abordagens desenvolvidas sobre a RBV desde a proposta de Penrose (1959). A proposta é de discutir como a vantagem competitiva pode ser sustentável nesses constructos.

Palavras-chave: RBV. Estratégia. Vantagem competitiva

Abstract - The objective of this work is to understand the application of the RBV in the context of the evaluation of strategic assets and assets and the generation of sustainable competitive advantage based on a theoretical review of the main approaches developed on RBV since the Penrose (1959) proposal. The proposal is to discuss how competitive advantage can be sustainable in these constructs

Keywords: RVB, strategy, competitive advantage

I. INTRODUÇÃO

No contexto empresarial as empresas precisam estabelecer estratégias competitivas que sejam essenciais para estarem competindo no mercado. Para obter a vantagem competitiva é necessário que as empresas se posicionem de uma forma estratégica em relação ao seu concorrente. A busca pela participação de mercado das empresas gera uma alta competitividade no cenário globalizado atual. A vantagem competitiva pode ser trabalhada de diversas formas; sobre vendas e no mercado de fatores, pela qual é fundamentada pela rbv.

Este ensaio teórico busca versar sobre a aplicação a Resourced Based View (RBV) no contexto de análise de recursos estratégicos e sua forma de geração de Vantagem competitiva. Portanto, estabelece-se como premissa de pesquisa que as organizações possuem recursos que podem ser avaliados como Valioso, Raro, Inimitável e Organizados Internamente (BARNEY, 2001/2011). E em complemento, heterogêneos e com mobilidade imperfeita (PETERAF, 1993), os quais devem ser protegidos por barreiras ex ante e ex post.

A rbv teve início ainda com os trabalhos de Penrose 1959. Desde então outras propostas teóricas foram formuladas para explicar o contexto da vantagem competitiva sob o mercado de fatores pelo qual se fundamenta a rbv. A proposta de Barney 1991 busca explicar o contexto heterogêneo do mercado, e como a vantagem sobre a avaliação de recursos é gerada a partir de recursos / ativos, essencialmente, valiosos, raros, inimitáveis e organizados internamente.

Outra proposta é evidenciada por peteraf da qual, diferente de Barney acredita que a vantagem competitiva no sentido, único da heterogeneidade do mercado é um elemento temporário, ou seja, a autora assume que recursos podem ser imitáveis. Nesse sentido apresenta que para a vantagem competitiva os recursos internos em uma organização devem ser heterogêneos e com imobilidade perfeita. E para a sustentação dessa vantagem competitiva no longo prazo, barreiras devem ser estabelecidas ex ante e ex post.

Portanto, a pergunta de pesquisa desse artigo é; como compreender a aplicação da RBV na avaliação de ativos estratégicos como fonte de vantagem competitiva sustentável? E a relevância do trabalho se encontra no fato de, ao delinear da forma como os autores concebem a questão da Vantagem Competitiva por eles entendida como um benefício expressivo de uma empresa sobre seus competidores, de concluir que, estabelecer e manter uma vantagem competitiva é complexo, mas a sobrevivência e prosperidade das empresas está sujeita a essa estratégia e, servir de base para outros estudos sobre o tema.

1.1 *A RBV e seus caminhos rumo a competitividade e lucratividade empresarial*

A RBV tem sua origem com os trabalhos de Penrose (1959). Em seu trabalho The Theory of Growth of the Firm, a autora, pontua que: (a) as empresas são pacotes de recursos, sob a direção interna, para a produção de produtos e serviços, vendidos em mercados com propósito de lucro.

Os seus limites são definidos pela área de coordenação e "comunicação autoritária"; (b) Recursos rendem (múltiplos) serviços. A heterogeneidade dos serviços de recursos dá a cada empresa o seu carácter único.

A utilização eficaz dos recursos e inovação ocorre quando os estes são combinados com outros; (c) Recursos humanos e, em particular gerencial, são a "essência" da firma, porque expansão exige planejamento e recursos gerenciais capazes de planejar ações específicas da empresa; eles não podem ser adquiridos no mercado; (d) Sempre existem recursos que não são utilizados; eles são disponibilizados após a conclusão de um crescimento e eles são criados através da experiência de novos conhecimentos. São um estímulo interno para o crescimento e a inovação; (e) As firmas não são definidas em termos de produtos, mas de recursos e (assim) a "diversificação" é a situação normal

ISSN 1809-3957

da expansão da firma; (f) Há limites para o crescimento, mas não o tamanho, e estes são determinados pela taxa na qual o *staff* gerencial pode planejar e implementar planos.

De acordo com Porter (1986) a estratégia competitiva busca estabelecer uma atitude lucrativa e sustentável contra as forças que produzem a competição industrial. O desafio encarado pela administração incide em escolher ou criar um contexto ambiental em que as competências e recursos da firma possam produzir vantagens competitivas. A origem do vocábulo estratégia vem do grego strategos, que significa a arte ou ciência de ser um general e este, deveria saber liderar, garantir e manter territórios e resguardar a cidade contra invasões.

A evolução das análises de estratégia sempre manteve a busca de uma explicação para a origem da vantagem competitiva das organizações como um dos grandes alvos no intuito de entendermos porque o desempenho das firmas varia tão fortemente, não apenas de indústria para indústria, mas também dentro dessas, ao longo do tempo. Distintos autores têm buscado identificar dimensões comuns ou distintivas às organizações que ilustrem a obtenção de uma vantagem competitiva sustentável.

Algumas visões teóricas resultantes de estudos e avaliações de empresas norteiam a análise do como as empresas obtêm e alimentam a vantagem competitiva. Carvalho, L.F e Grzebieluckas, C. em seu artigo vantagem competitiva na visão baseada em recursos (p.8) trazem uma síntese destas análises que transcrevermos aqui. A primeira delas é a visão de Penrose (1959) que a coloca como derivada de um vasto conjunto de recursos e a forma como este conjunto é utilizado.

Anos mais tarde, seguindo essa linha de raciocínio os autores afirmam que, Porter (1980) (1986), por sua vez vê a vantagem estratégica como advinda da diferenciação, liderança em custo e enfoque. Nesse mesmo período Wernerfelt, (1984) analisa que "as firmas são consideradas como feixes de recursos podendo ser ativos tangíveis e intangíveis dando ênfase à tecnologia". E Nelson e Winter (1982) "Postulam a existência de rotinas para a concretização das capacidades. As empresas são heterogêneas devido à grande carga de conhecimento tácito e fortes elementos de continuidade".

Dierickx e Cool (1989) ao aprofundarem estudos acreditam que os recursos não negociáveis que são desenvolvidos e acumulados ao longo do tempo pela firma, demandam um processo de acumulação contínuo, consistente, persistente, mas de esforços incertos

Vallandro e Trezb em seu artigo: Uma análise das lacunas e oportunidades de pesquisas existentes no campo da administração estratégica (2013. P.8) explanam que Dierickx e Cool (1989) afirmam que: " os estoques de ativos da firma podem ser considerados estratégicos na medida em que eles são não comercializáveis, não imitáveis e não substituíveis, e que a imitação de recursos e capacidades da firma possa ser custosa".

Alguns teóricos como Wernerfelt 1984; Barney 1991; Peteraf 1993 pregam que a vantagem competitiva se encontra baseada nos recursos e sua compreensão só se fundamenta nas relações entre recursos, capacidades, vantagem competitiva e lucratividade e os mecanismos que as mantém e o como fazer para que elas promovem a maximização da renda.

Nessa visão, aprofundando o temo com base nas bibliografias lidas, podemos afirmar também que, se desejamos explicar a criação e manutenção e renovação de vantagens competitivas, temos que primeiramente ter em mente o ambiente externo ao qual a empresa se volta, as perspectivas baseadas nos recursos disponíveis (pessoal, reputação, relacionamento com clientes, produtos, fabrica...) ou a serem elencados por uma empresa, pois, são essas as bases de sustentação sobre o qual se firmara o pretendido.

De posse dessa visão é indispensável desenvolver um planejamento e estabelecer metas, partindo sempre de um planejamento, que se inicia pela organização desses recursos disponíveis pois, são esses que aliados as capacidades e competências do seu pessoal formam os alicerces do trabalho produtivo.

De acordo com Collis & Montgomery (1995) essa abordagem compreende as empresas como conjuntos díspares de ativos tangíveis (produto, fabrica, ...) e intangíveis (reputação, relacionamento com clientes...) e capacidades. Ele afirma também que as empresas se diferenciam entre si por não terem, ao longo do período de funcionamento, o mesmo rol de experiências, e diversificarem seus ativos ou habilidades e sua cultura organizacional.

A visão abalizada nos recursos pode ser acatada, ou não, como uma teoria e tem provocado diferentes olhares dos que analisam a questão. Alguns consideram o trabalho de Barney como precursor dessa análise. Há os que atribuem essa iniciativa a Wernerfelt. Esses entendimentos devem se ao fato de que foram os estudos deles que desencadearam as discussões sobre a questão.

Wernerfelt (1984) fundamentou sua análise no propósito de desenvolver determinadas ferramentas econômicas para avaliar a posição de recursos da empresa e propor alternativas estratégicas a partir delas. Criou o termo: "resource-based view of the firm" e trouxe como principal indicação a afirmativa de que a estratégia de crescimento da firma envolve um equilíbrio entre a exploração dos recursos existentes e o desenvolvimento de novos recursos.

Dessa forma a questão que norteará os planos da empresa é a de saber "sob quais circunstâncias um recurso conduzirá a altos retornos durante um longo período de tempo? " (WERNERFELT, 1984, p. 172). Barney (1986) comunga pensamento semelhante, porém traça uma tangente. Essa visão vem fundamentando a base teórica de diversos de seus esboços sobre a performance das organizações.

Barney, (1991, p. 106) apud Vallandro e Trezb (2013. P.8) diz que a diversidade e a imobilidade dos recursos obtida por meio de recursos valiosos, raros, imperfeitamente imitáveis e que não tenha substitutos equivalentes pode induzir a empresa em uma vantagem competitiva sustentável. Mas adverte que para ter potencial de sustentar vantagens competitivas o recurso da empresa deve trazer quatro propriedades: (1) ser valioso, no sentido que possa explorar oportunidades e/ou neutralizar ameaças do ambiente; (2) ser raro entre a competição atual e potencial da firma, isto é, que não seja implementado simultaneamente por um grande número de competidores; (3) ser imperfeitamente imitável; e (4) não pode haver substitutos estrategicamente equivalentes para esse recurso que sejam valiosos, raros ou imperfeitamente imitáveis.

Grant (1991) e Peteraf (1993) segundo os autores supracitados, também contribuem com essa teoria. O primeiro: propõe uma abordagem baseada nos recursos para a análise estratégica, onde estabelece um procedimento de

ISSN 1809-3957

cinco estágios para a formulação da estratégia: analisar a base de recursos da firma; avaliar as capacidades da firma; avaliar o potencial de geração de lucros das capacidades e recursos da firma; selecionar uma estratégia; e expandir e aprimorar o conjunto de capacidades e recursos da firma. O autor explica que ainda que os retornos dos recursos e capacidades da empresa estão sujeitos a sustentabilidade da vantagem competitiva e da aptidão da mesma de apropriar as rendas ganhas com esses recursos e capacidades.

Afirmam esses autores ainda que, Peteraf (1993), por sua vez, aponta a heterogeneidade dos recursos, a mobilidade imperfeita, os limites da competição ex post e os limites da competição ex ante, como as quatro pilastras da vantagem competitiva e, considera como os maiores subsídios desse modelo o fato de que que ele explica as diferenças duradouras na lucratividade da firma, que não podem ser atribuídas às mudanças nas condições da indústria.

Carvalho, L.F e Grzebieluckas, C. em seu artigo: Vantagem competitiva na visão baseada em recursos afirmam que Peteraf (1993) "analisa a heterogeneidade de recursos das firmas, mobilidade imperfeita dos recursos entre as firmas, reforçadas por limites *exante* e *expost* à competição e Winter (1995) Rendas, recursos, rotinas e replicação - a construção de blocos da capacidade organizacional.

Em 1990, saindo da ideia de produtos e recursos, Prahalad e Hamel (1990) desenvolveram o conceito de *Competências Essenciail* estabelecendo que são essas que atribuem a competitividade da empresa pois não se deterioram enquanto forem aplicadas e compartilhadas como os outros atrativos e, Barney em 1991 inclui nesse rol os recursos e capacidades no quadro de uma organização particular mas afirmam que para ser estratégica, uma capacidade deve estar formatada para a necessidade do usuário, ser única e difícil de replicar.

Dando sequência aos estudos sobre vantagem competitiva, em 1997, Teece, Pisano e Shuen Lançam a *abordagem das capacidades* que vão constituir um ramo de grande interesse para pesquisadores nas áreas de gerenciamento estratégico provocando mudanças organizacionais e vantagem competitiva sustentável. Camargo e Meirelles (2012) registram na introdução de seu artigo que estudando Nelson, 1991; Teece; Pisano; Shuen, 1997; Dosi; Nelson; Winter, 2000; TEECE, 2009 entendem que: "A importância desse conceito reside no fato de que ele trata da capacidade adaptativa da firma frente ao dinamismo do ambiente, ou seja, como as organizações podem alcançar e sustentar vantagens competitivas em um ambiente em mutação".

O artigo mencionado, em sua página três diz que segundo Andreeva e Chaika (2006), a existência de *capacidades dinâmicas* numa firma estar subordinado da existência de fatores e a existência de habilidades empreendedoras da direção, ou seja, em sua capacidade de enxergar novas oportunidades para desenvolvimento, de apreender que mudanças internas necessitam serem feitas e da aptidão de implantar essas mudanças. Apontam a capacidade de mudança como central para e citam três pontos chaves essenciais dessa capacidade:

> Desenvolvimento de habilidades não específicas: são habilidades que permitem aos empregados de uma organização em agir em prol de qualquer tipo de mudança e que não estão necessariamente ligadas às atividades operacionais cotidianas das pessoas na organização. Habilidades profissionais adjacentes, conhecimento da organização, habilidades em processos, habilidades de aprendizagem, inclusive habilidades de autoaprendizagem são exemplos de habilidades não específicas. Isso inclui, por exemplo, habilidades de comunicação, negociação, resolução de conflitos, liderança, análise econômica de ideias, apresentação de ideias, resolução de problemas, gerenciamento de projetos e pessoas. b) Desenvolvimento de lealdade das pessoas às mudanças: a lealdade das pessoas para com a mudança está relacionada com a normalidade pela qual as mudanças são encaradas pelos colaboradores da empresa ("Mudança é normal e por isso não tenho medo dela"). A forma de desenvolver lealdade das pessoas às mudanças, segundo proposição dessas autoras, é fazer uso de comunicações abertas e transparentes, permitindo diálogos francos e o consequente feedback. c) Criação de mecanismos organizacionais relevantes: são mecanismos organizacionais que permitem que processos de mudanças sejam mais fáceis e eficazes. O estabelecimento de grupos de trabalhos multidisciplinares, comitês, delegação de responsabilidades, intensificação da troca de informações entre departamentos, alinhamento do sistema de recompensas com a capacidade de mudar são exemplos de mecanismos organizacionais especiais que favorecem mudanças. Camargo e Meirelles (2012. P.3)

Também é discutido por Barney (1991); Amit e Schoemaker, (1993); Peteraf, 1993 o papel do líder complementado pelo empenho dos colaboradores da organização como estratégia competitiva. Segundo eles sua influência fundamental se manifestasse não apenas na formulação da estratégia, mas em toda a visão e direcionamento que a empresa deve tomar já que influenciam a exploração e a prospecção de recursos, ou, como suas decisões são discricionárias sobre o desenvolvimento e desdobramento dos recursos que contribuem para rendas sustentáveis (AMIT e SCHOEMAKER, 1993). Esses ultimos afirmam que O líder e a TMT são recursos inimitáveis, pois a tomada de decisão é dependente da competência individual do líder e da forma de implementação da decisão tomada.

Conforme a análise o pensar estratégico nas tomadas de decisão na necessidade de estabelecer a estratégia competitiva para o funcionamento das empresas norteiam o pensamento dos gestores empresariais. Compreender o caminho pelo qual permearam essas estratégias é de fundamental importância para o estudante saber mensurar e adotar, em sua futura atividade profissional, estratégias compatíveis com a realidade de sua organização.

Este segmento do ensaio de caráter descritivo e exploratório foi desenvolvido por meio de uma extensa pesquisa bibliográfica onde deitamos o olhar investigativo sobre alguns dos modelos teóricos que justificam a vantagem competitiva, porém, devido a limitações de atempo e espaço de pesquisa não foi possível abarcar todos os âmbitos da questão. Dedicaremos o próximo segmento desta análise a importância da vantagem competitiva.

1.2 Vantagem competitiva: Uma estratégia de peso.

No contexto empresarial as empresas precisam estabelecer estratégias competitivas que sejam essenciais

ISSN 1809-3957

para estarem competindo no mercado. Para essa vantagem competitiva é necessário que elas se posicionem de uma forma estratégica em relação ao seu concorrente. A busca pela participação de mercado das empresas gera uma alta concorrência no cenário globalizado.

De acordo com Porter (1992) estratégia é a combinação dos objetivos perseguidos por uma empresa e os meios para consegui-los. Todas as empresas possuem atividades de produção, planejamento, vendas distribuição e sustentação de seus produtos. A partir do momento em que as organizações são constituídas passam a ter estratégias e seus modos de programar as estratégias.

Ele estabelece três estratégias que podem ser usadas de forma conjunta ou separadas para consegui vantagem competitiva. Na estratégia competitiva de liderança no custo total, a empresa busca a concentração de esforços rumo a eficiência produtiva, (a ampliação do volume de produção, na minimização de gastos com propaganda, assistência técnica, distribuição, pesquisa e desenvolvimento para poder ofertar preços mais atrativos). Na estratégia competitiva de diferenciação a empresa investe mais pesado em imagem, tecnologia, assistência técnica, distribuição, pesquisa e desenvolvimento, recursos humanos, pesquisa de mercado e qualidade com o objetivo de se distinguir. E na estratégia competitiva de enfoque ela se concentra em um alvo específico como oferecer um produto diferenciado ou atender o desejo de um cliente.

Porter (1986) aponta que são quatro as fontes de vantagem competitivas: Vantagem comparativa convencional; Economias de escala ou curvas de aprendizagem que extrapolam a escala; Vantagens de concorrentes da diferenciação de produtos; Caráter de bem público de tecnologia e das informações do mercado. Observemos o que esse pesquisador afirma sobre a vantagem competitiva na economia.

> [...] A prosperidade econômica depende da produtividade com a qual os recursos nacionais são empregados. O nível e o crescimento da produtividade são em função da variedade de indústrias e de segmentos de indústria (nos quais as empresas de um país podem competir com êxito) e da natureza das vantagens competitivas nelas obtidas, com o tempo. As economias progridem aprimorando as posições competitivas, obtendo vantagens competitivas de ordem superior nas indústrias existentes e desenvolvendo a capacidade de competir com êxito em novas indústrias e segmentos de alta produtividade. [...] as economias nacionais evidenciam certo desenvolvimento competitivo que reflete as fontes características de vantagem das empresas do país na competição internacional e a natureza e proporções das indústrias e grupos de indústrias [clusters] internacionalmente bem-sucedidos. (PORTER, 1993, p. 612-613).

Entendemos que realmente são caminhos a serem perseguidos mas compreendemos também que, não é possível que a empresa se debruce apenas sobre uma delas e desfoque da totalidade. Essa atitude deve ser desenvolvida a partir de um planejamento eficaz. A importância de uma estratégia competitiva se evidencia ao considerarmos que a vantagem competitiva avalia a atividade da firma e, de modo especial focaliza essa análise na sua capacidade de gerar, por um longo período de tempo, respostas superiores de renda e de vincular sua estratégia de negócio a mercados financeiros e de capital fundamentais.

Se considerarmos que é a vantagem competitiva da empresa que permite ter bons retornos para o seu capital. Se levarmos em conta que sem vantagem competitiva, a empresa tem um ensejo económico limitado para existir, entenderemos que a sua vantagem competitiva é a seu motivo de existência. É ela que possibilita a empresa prosperar. Desenvolver nova vantagem competitiva sustentável pode ser a meta mais importante para qualquer organização.

Segundo Vasconcelos e Cyrino (2000) a vantagem competitiva está sendo estudada desde a década de 70, de acordo com os mesmos autores há duas maneiras que podem ser vistas: a origem da vantagem competitiva e em seguida as premissas de abordagem aos concorrentes.

Para que as empresas estabeleçam uma vantagem competitiva é preciso que os gestores encontrem uma forma adequada de adotar a estratégia competitiva em relação aos seus concorrentes.

Conforme Barney e Hesterley (2011) são necessários que as organizações se adaptem em duas escolhas estratégicas de grandes categorias: nível de estratégias de negócios e de nível corporativo. Para obter vantagem competitiva no nível de negócio as empresas atuam em um único nível de setor ou atuam em variados mercados ou setores em conjunto como estratégia no nível corporativo.

Segundo a análise que fizemos, essa estratégia é bastante simples e aplicável em qualquer ramo de negócios. Consiste o fato de empresas se concentrarem em objetivos abstratos, como a construção de competências ou a criação de flexibilidade e seus objetivos geralmente são tangíveis como desenvolver o prestígio da marca ou alargar a atuação no mercado.

As proposições de Aaker (1984) se adequam ao primeiro estágio de uma empresa. Ao momento em que se decide o que, o como e o onde? Ele comenta que existem duas estratégias de negócios centrais: a primeira é determinar onde irá competir, o qual é a decisão do produto-mercado. O segundo é desenvolver uma vantagem sustentável, a eventualidade ou não de obter tais vantagens competitivas sustentáveis passa a ser componente chave para uma estratégia de sucesso.

Nessa proposta, se encontram presentes também as indicações de Grant (1991) e Peteraf (1993) que orientam para um planejamento das ações. Planejamento estratégico é um elemento primordial de elaborar a estratégia pois define a relação entre organização e ambiente interno e externo pois sua elaboração se fundamenta na busca de respostas a questões primordiais para o futuro da empresa. As principais delas poderiam ser assim definidas: Quem Somos? Onde Queremos Chegar? Avaliamos os fatores externos? Como iremos atingir nossos objetivos?

Barney e Hesterley (2011), falam sobre os ambientes para atuar estrategicamente.

> O ambiente geral consiste de uma ampla tendência, no contexto em que a empresa opera, podem ter impacto em suas escolhas estratégicas. Este ambiente consiste em seis elementos interelacionados: mudanças tecnológicas, tendências demográficas, tendências culturais, clima econômico, condições legais e políticos e acontecimentos internacionais específicos. (BARNEY E HESTERLEY, 2011).

ISSN 1809-3957

Day (1999) salienta que as empresas precisam ser agressivas em proteger sua colocação, e não ficar comemorando as vantagens e sucessos históricos. É necessário estar aprimorando frequentemente, para obter novas fontes de vantagem, antes que sejam surpreendidos por seus concorrentes.

As organizações adotam alguns modelos para adquirir vantagem competitiva. Barney e Hesterley (2011) apresenta o modelo VRIO, que diz a respeito sobre um recurso ou uma capacidade para determinar seu potencial competitivo: as questões do Valor, da Raridade, da Imitabilidade e da Organização.

Sua ideia se complementa com a de Porter (1989) quando esse avalia as possibilidades de se obter vantagem diminuindo custos. Diz que existe duas maneiras importantes de uma empresa obter vantagem de custo: A primeira é controlar condutos dos custos e a segunda consiste em reconfigurar a cadeia de valores. Ele afirma ainda que existe a influência estratégica do custo para a diferenciação, pois é preciso ter um custo comparado ao da concorrência.

A concorrência acirrada que todos os setores empresariais estão sentindo oriundo do processo de globalização da economia e dos avanços tecnológicos que produzem a uma velocidade cada vez maior uma diversificação dos produtos e uma gama de consumidores cada vez mais exigentes obrigam os gestores a repensar nos seus ações, produtos e forma de gestão. Dia após dia as mudanças econômicas e sociais, de abrangência mundial, forçam a reestruturação do ambiente de negócios. Estar atento aos custos é uma estratégia que se encaixa naquilo que os autores já mencionados pregaram, uma vez que fatalmente deve estar presente em todos os momentos do negócio.

Complementando o rol das estratégias aqui analisadas citaremos Barney e Hesterley (2007). Esses autores afirmam que raramente são possíveis identificar a estratégia que uma empresa está aplicando é correto se irá realmente gerar vantagem competitiva. Sopesam que é imprescindível que se avalie com cuidado as conjecturas para adquirir tais vantagens e diminuir erros.

Conforme a analise efetuada para construir o referencial teórico deste artigo e essa análise a presença de estratégias competitivas são estritamente fundamentais na busca e estabelecimento de uma atitude favorável e sustentável contra as forças que determinam a competição industrial. Muitas são as estratégias criadas ao longo da vida empresarial são desenvolvidas para responder ao problema de cada empresa.

II. PROCEDIMENTOS

A metodologia que foi utilizada no presente trabalho baseia-se em pesquisas bibliográficas de caráter descritivo, a partir revisão de literatura e outros textos como artigos a partir da temática abordada, perfazendo o caminho de vários estudos sobre a evolução das análises de estratégia e seus diferenciais de. Trata-se de um ensaio teórico, que não busca a explanação empírica, contudo, propor reflexões para a necessidade de constante atenção nas formas de aplicação da RBV nas empresas.

Trata-se, portanto, de uma pesquisa qualitativa, descritiva em forma de uma revisão sistemática da literatura cujas técnicas de trabalho se fundamentaram, (conforme GIL, 2009) na busca de perfis, práticas e percepções, desenvolvida por meio dos seguintes procedimentos: Levantamento bibliográfico para busca de referenciais teóricos com base no conceito: Resourced based view e análise de recursos estratégicos na geração de vantagem competitiva sustentável.

III. CONCLUSÃO

Finalizando essa análise podemos afirmar que é de suma importância que as empresas definam estratégias competitivas que as mantenham produtivas e lucrativas no mercado. Que é de consenso geral entre os pesquisados, que toda empresa quer se manter sempre competidora no mercado, porém, em um mundo de negócios onde impera as grandes rivalidades e concorrências entre empresas é indispensável que nenhuma delas esteja atuando sem objetivos, sem metas e sem estratégias competitivas de negócio. Estratégia é um ou um conjunto de predicados que permitem a empresa se diferenciar.

Na medida em que estabelecemos os pontos de críticas da RBV associadas à sua unidade de análise e formas de avaliação da vantagem competitiva no mercado de fatores, efetivamos reflexões sobre como as empresas podem obter vantagem competitiva, e sobretudo sustentar essa vantagem. Ficou claro que empresas que não apresentarem uma estratégia bem definida tendem a ter uma performance inferior, pois, em muitos casos, acabam sendo geridas por um conjunto conflitante de arranjos organizacionais.

A partir dos trabalhos de Penrose (1959) outras propostas teóricas foram formuladas para explicar o contexto da vantagem competitiva sob o mercado de fatores pelo qual se fundamenta a rbv. As tendências presentes entre autores e que estão na base de seus estudos são o conteúdo interno e externo da empresa e a análise dos processos possíveis de concepção da estratégia na busca da vantagem competitiva.

Entretanto, embora essa ideia esteja presente em seus estudos, sua análise advém da forma como os autores concebem a empresa e apreendem o seu funcionamento, e do como a questão da Vantagem Competitiva, vista como um benefício expressivo e, preferencialmente, de longo prazo de uma empresa sobre seus competidores. Estabelecer e manter uma vantagem competitiva é complexo, mas a sobrevivência e prosperidade das empresas está sujeita a essa estratégia.

Algumas limitações foram identificadas no trabalho, como a definição dos termos e palavras-chaves para a coleta dos artigos que compuseram a base do trabalho.Outra questão se refere ao fato de haver pouco material para a pesquisa pois não encontramos tradução das bibliografias originais o que acabou restringindo a pesquisa na base de artigos.

Como indicação de pesquisa podemos dizer, a partir do que foi visto que é importante que as empresas se orientem na constante busca da vantagem competitiva, para assim poder competir, atuar e sobreviver no mercado. Sugere-se que novos trabalhos explorem o tema vantagem competitiva pois traze os fundamentos do sucesso de uma empresa ou de um empreendimento mesmo que individual.

Os estudos de Porter deram uma contribuição significativa ao entendimento de competitividade e de estratégia. Como contribuição do trabalho aprontamos que o sucesso no mundo atual prescinde, sobretudo, de respostas instantâneas e precisas e de capacidade gerencial para

ISSN 1809-3957

montar estratégias competitivas a partir dos recursos tangíveis e intangíveis possíveis de serem abarcados.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIT, R. P.; SCHOEMAKER, J. H. **Strategic assets and organizational rent**. Strategic Management Journal, v. 14, p. 33-46, 1993.

AAKER, D. A. How to select a business strategy, **California Managemente Review**. V. 26, n.3, p. 167-181, 1984.

Barney, J. B. **"Is the Resource-Based "view**" a Useful Perspective for Strategic Management Research? Yes." Academy of Management Review, Vol. 26, No.1, pp.41-56. 2001.

_____. **Firm Resources and Sustained Competitive Advantage**. Journal of Management, v. 17, n. 1, p. 99-120, 1991.

BARNEY, J.B; HESTERLY, WS. **Administração Estratégica e Vantagem Competitiva:** São Paulo: Pearson, 2011.

CAMARGO, Álvaro Antônio Bueno de e MEIRELLES, Dimária Silva e. **Capacidades Dinâmicas: o que são e como identificá-las?.**XXXlV encontro ANPADI. Rio de Janeiro/RJ: 22 a 26 de setembro de 2012 disposto em: http://www.anpad.org.br. (Acesso em 19/06/2016)

CARVALHO, L.F. (CESUR1) - GRZEBIELUCKAS, C. (UNEMAT) **Vantagem competitiva na visão baseada em recursos.** Disposto em https://www.google.com.br (acesso em 19/06/2016)

COLLIS, D.; MONTGOMERY, C**. Competindo com base em recursos**: estratégia na década de 1990. In: HARVARD BUSINESS REVIEW. **Estratégia Corporativa**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

DIERICKX, I.; COOL, K. **Asset stock accumulation and ustainability of competitive advantage**. Management Science, v. 35, n. 12, p. 1504-1512, 1989.

Gil, Antonio Carlos. **Método e Técnica de Pesquisa Social.** 6 Ed. São Paulo: Atlas. 1999.

Peteraf, Margaret, "**The Cornerstones of Competitive Advantage:** A Resource-Based View", Strategic Management Journal, 1993, Vol. 14, No. 3, 179-191.

Penrose ET. A. **The Theory of the Growth of the Firm**. Oxford University Press: Oxford. 1959.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva:** Técnicas para análise da indústria e da concorrência. 7ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

_____. **Vantagem Competitiva.** Rio de Janeiro: Campus, 1989.

_____. **Vantagem Competitiva das Nações.** Rio de Janeiro: Campus, 1993.

_____. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**, 7ª ed., Campus, RJ., 1992, 512p. ZOCCAL, R., Leite em números. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de

PRAHALAD, C.; HAMEL, G. **The core competence of the corporation**. Harvard Business Review, p. 79-91.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. **Dynamic capabilities and strategic** management. Strategic Management Journal, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997

WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. Strategic Management Journal, v. 5, n. 2, p. 171-180, 1984.

VASCONCELOS F. C.; CYRINO A. B. (2000) – V**antagem competitiva:** os modelos teóricos atuais e a convergência entre a estratégia e a teoria organizacional. RAE – Revista de Administração de Empresas V. 40, n.4, p. 20-37.

VALLANDRO, Luiz Felipe Jostmeier e TREZ, Guilherme. **Visão baseada em recursos, estratégia, estrutura e performance da firma:** uma análise das lacunas e oportunidades de pesquisas existentes no campo da administração estratégica. A Revista Acadêmica da FACE. Porto Alegre: v. 24, n. 1, p. 79-91, jan.-abr. (2013).

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

A LEI ORDINÁRIA Nº 10.369/2015 E A VISÃO DOS CONSUMIDORES DE BARES E RESTAURANTES DE VITÓRIA SOBRE A GESTÃO DE SERVIÇOS

THE ORDINARY LAW N. 10.369/2015 AND THE VISION OF CONSUMERS OF BARS AND RESTAURANTS OF VITÓRIA ON THE MANAGEMENT OF SERVICES

MARCELO CALDERARI MIGUEL[1]; ROGÉRIO ZANON DA SILVEIRA[1]

1 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES

marcelocalderari@yahoo.com.br; rogerio.silveira@ufes.br

Resumo - O presente artigo tem como objetivo averiguar como os consumidores avaliam a qualidade dos serviços ofertados por bares e restaurantes na capital capixaba e analisa as transformações advindas com a proibição da exposição de recipientes de sal nas mesas e balcões comerciais. O estudo é transversal, conduzido mediante pesquisa de campo com 823 clientes. A análise da validade dos instrumentos de medição deu-se com a adaptação da abordagem Servqual - Service Quality Gap Analysis. De acordo com os resultados, o público consumidor considera as dimensões Receptividade e Garantia importantes, e as tais corroboram com a consciência do uso do sal. Em relação à Matriz Importância X Desempenho, a concentração dos atributos ocorre no primeiro quadrante, indicando um bom desempenho do serviço ofertado. As considerações finais trazem uma reflexão sobre a importância e validade do método Servqual na esfera empresarial e, o êxito da legislação Estadual ao encontro das questões de saúde pública.

Palavras-chave: Qualidade em serviços. Servqual. Dimensões da qualidade.

Abstract - This paper aims to find out how consumers evaluate the quality of services offered by bars and restaurants in the capital of the state of Espírito Santo and to analyze the changes that have occurred, such as the ban on the exposure sal at trade desks and desks. The study was cross-sectional and it was conducted through a field research with 823 customers. The analysis of the validity of the measuring instruments occurred with the adaptation of the Servqual - Service Quality Gap Analysis. According to the results, the consumer public considers the dimensions of Responsiveness and Assurance important and, the corroborate as the awareness of the use of salt. Regarding the Matrix of Importance and Performance, the concentration of attributes occurs in the first quadrant, indicating the good performance of the offered service. The final considerations reflect on the importance and validity of the Servqual method in the business sphere and the hit of state legislation to address public health issues.

Keywords: Quality in services. Servqual. Dimensions of quality.

I. INTRODUÇÃO

O Objetivo deste estudo é compreender como os consumidores avaliam a qualidade dos serviços ofertados pelos estabelecimentos que comercializam alimentos preparados para o consumo na capital capixaba diante as transformações advindas da regulamentação Lei Ordinária Estadual nº 10.369/2015, que proibiu a exposição de recipientes de cloreto de sódio[1] nas mesas e balcões comerciais (ESPÍRITO SANTO, 2015). Com base nesse contexto, orienta-se pela seguinte questão: que percepções e que expectativas têm o público consumidor quanto à qualidade dos serviços ofertados (por bares, restaurantes, lanchonetes e similares) face às mudanças estimuladas pela sanção da lei que tolhe a exposição dos saleiros.

A proposta desta investigação vislumbra a abordagem teórico-metodológica *Servqual* (*Service Quality Gap Analysis*) e reporta que quem define se um serviço tem qualidade é a clientela, com base nas percepções e expectativas, diante das "referências de qualidade" preestabelecidas pela sociedade de consumo (MIGUEL; FREIRE, 2016). O *Servqual*, que se infiltrou paulatinamente como instrumento avaliativo, constitui notória interface com o marketing de relacionamento (RM) e com os mecanismos que proporcionam valor acrescentado para o cliente (RUST; LEMON; ZEITHAML, 2001).

O escopo deste trabalho se justifica pela relevância das discussões em torno da "qualidade de serviços" e das possibilidades de se entender, especificamente, a atuação dos Determinantes Sociais da Saúde (DSS) e seus fatores de risco na comunidade. Portanto, cabe salientar que a sanção da lei acena para conclamação que o excesso[2] de sal na alimentação do Brasil se tornou uma questão de saúde pública; e o Estado alega que o tolhimento da exposição do sal é uma medida para induzir uma mudança de comportamento dos cidadãos visando à promoção da saúde e à prevenção do adoecimento das pessoas.

Além disso, apoiado nos Preceitos e Especificidades éticas das pesquisas nas ciências humanas e sociais (GUERRIERO, 2016), esta pesquisa visa em sua relevância

[1] No Brasil os portugueses introduziram hábitos que marcaram categoricamente nosso paladar: valorizaram o uso do sal (BRASIL, [2001]). Portanto, muitas vezes a aparente falta de sal nos alimentos se deve ao fato do paladar "acostumado" e, o hábito de consumir as refeições sem o saleiro proclamar o fito de evitar uma ingestão desnecessária de sal.

[2] É fundamental enfatizar que o consumo do sódio se dá em três frentes: o Cloreto de Sódio já presente nos alimentos, a quantidade adicionada no seu preparo, e o sal acrescentado pelos consumidores depois de pronto. Essa lei Estadual atua em uma dessas três frentes e, expressa uma medida estratégica, no entanto não é única nem a principal mas, é uma importante medida.

ISSN 1809-3957

científica - fornecer uma fonte de conhecimento sobre a qualidade dos serviços ofertados pelos estabelecimentos da capital capixaba; na relevância comercial - subsidiar a tomada de decisão e a intervenção empresarial no que tange à questão da qualidade dos serviços; e na relevância social – ressaltar a preocupação em torno da elevada ingestão do cloreto de sódio, urgindo a adoção de políticas públicas efetivas para a diminuição da ingestão de sal no país (CASTRO, GIATTI e BARRETO; 2014). De um lado é emergente a necessidade da ampliação de ações intersetoriais que repercutam positivamente sobre os diversos determinantes da saúde. Mas, por outro lado, para ser competitivo no mercado, os estabelecimentos devem oferecer um conjunto de procedimentos[3] capazes de atender às necessidades do cliente (MARICATO, 2009).

Os resultados obtidos, a partir dos *gaps* (lacunas) das dimensões de qualidade, comporta essencial um instrumento de embutir Boas Práticas (*best practices*) nas instituições e, com isso avançar no processo de desenvolvimento de serviços com possibilidades de contribuir para o bem-estar social. No entanto, enfatize-se o fato de que restaurantes não vendem comida, eles vendem serviços e, é essa experiência que marca a qualidade fazendo com que um excepcional atendimento possa transformar uma comida correta numa experiência inesquecível.

II. REVISÃO DA LITERATURA

Hodiernamente, as mudanças são cada vez mais rápidas e observa-se que a preocupação com a qualidade de bens e serviços não é recente. A questão da qualidade sempre esteve presente na vida do homem e vale destacar que o enfoque na qualidade evolui à medida que as relações sociais e econômicas do homem se tornam mais complexas. Mais do que uma simples evolução do conceito de "Qualidade em Serviços", implica num processo contínuo e recorrente com um aumento progressivo da sua importância na economia mundial, tornando-se um fator preponderante.

Em linhas gerais, conceitualmente a "qualidade" pode ser definida de distintas formas. Neste estudo, escolheu-se o conceito de Parasuraman *et al*. (1985), que definem qualidade como: a diferença entre as expectativas dos clientes sobre o serviço a receber e suas percepções sobre os serviços efetivamente realizados (PARASURAMAN; ZEITHAML; BERRY, 1985). A fim de medir a qualidade de serviços, esses pesquisadores desenvolveram a escala *Servqual*, contrastando que a qualidade percebida do serviço é resultado entre a comparação das percepções com as expectativas.

Mello *et al*., (2010) reporta que o arcabouço de abordagem teórica-metodológica *Servqual* propõe que a qualidade percebida do serviço é um resultado entre a comparação das percepções com as expectativas dos clientes, e se apresenta desta forma como sumária comparação da "diferença" entre expectativas versus percepções proeminentes. Assim esse é, quiçá, o mais importante elemento para identificar os atributos dos serviços que são mais valorizados pelos envolvidos.

Buscando melhoria de serviço, a abordagem teórico-metodológica *Servqual* propõe uma ferramenta de avaliação centrada na clientela, designado de *Model Gap*. Esse modelo avalia a discrepância entre a expectativa do cliente em relação ao serviço e a percepção do desempenho. Constata-se que os clientes utilizam os mesmos critérios, independentemente do tipo de serviço considerado, e assim estrutura-se cinco dimensões: tangibilidade (*tangibles*), confiabilidade (*reliability*), sensibilidade/receptividade (*responsiveness*), segurança/garantia (*assurance*) e empatia (*empathy*).

> **Confiabilidade**: A capacidade de prestar o serviço prometido de modo confiável e com precisão. **Tangibilidade**: A aparência física de instalações, equipamentos, pessoal e materiais de comunicação. **Sensibilidade**: a disposição para ajudar o cliente e proporcionar com presteza um serviço. **Segurança**: O conhecimento e a cortesia de empregados e sua habilidade em transmitir confiança e confiabilidade. **Empatia**: A atenção e o carinho individualizados proporcionados aos clientes (BERRY; PARASURAMAN, 1992, p. 30, grifos nossos).

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) reportam que quanto menor for a percepção em relação à expectativa, menor será a qualidade do serviço. Portanto, a satisfação do cliente com a qualidade do serviço pode ser definida pela comparação da percepção do serviço prestado com as expectativas do serviço desejado.

O paradigma proposto envolve a conceituação e a esquematização da construção "qualidade de serviços" e assim Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985) descreveram os procedimentos usados na construção e no aprimoramento da qualidade, instrumentalizando uma escala de múltiplos itens – composta por 44 sentenças (22 itens para expectativa de qualidade de serviço e 22 itens para um desempenho de qualidade de serviço) e baseada nas lacunas existentes nas dimensões da qualidade. Segundo Freitas, Bolsanello e Viana (2008), os *Gaps* representam o resultado da aplicação teórico-metodológica, sendo que quanto mais negativos os Gaps mais crítica e maior prioridade a situação demanda.

Convém lembrar, que adotamos essa abordagem (re)adapada, mas falta ainda explicar por que denomina-se o *Servqual* como uma abordagem teórico-metodológica? Porque provê um *corpus* teórico sobre numerosos conceitos, tais como: qualidade, satisfação, percepção, expectativa, qualidade de serviços, entre outros conceitos e, ao mesmo tempo, apresenta uma metodologia científica capaz de levar à concretização de delineamentos que tenham como objeto de estudo a satisfação dos usuários dos serviços prestados por quaisquer organizações. Tal abordagem torna viável avaliar a qualidade num cenário em que os serviços prestados podem variar; sendo que cada indivíduo que constitui uma equipe de trabalho e possui jeitos e características de recepcionar e acolher; modos de se colocar à disposição; de compreender; de ser e de fazer singulares (MIGUEL; FREIRE, 2016).

Analisando toda essa trajetória, vê-se também que a alimentação conjuga vários fatores, além de ser essencial para a existência humana, ainda define hábitos, traços e particularidades de região. Portanto, "a nossa cozinha está muito além da famosa – e folclórica – feijoada com caipirinha" (ATALA; CHAGAS, 2007, p. 497). Assim, afirma-se que esse tema merece aprofundamento, contemplando ir além da sutil mistura alimentar, para adentrar no diagnóstico da percepção dos clientes em relação à sua experiência com o serviço prestado (e com serviços semelhantes prestados pelos concorrentes). Esbate

[3] Maricato (2009) alerta que bares e restaurantes devem aferir e satisfação do cliente ou conhecer suas críticas, observações e sugestões e, aponta que o composto CAPAS aborda pontos determinantes do negócio – Cozinha, Atendimento, Preço, Ambientação e Serviços (MARICATO, 2009, p. 57).

ISSN 1809-3957

também um rezingo[4] dessa lei a esfera associativa (Sindbares & Abrasel-ES) que reportaram uma presumível interferência do Estado na autonomia e na gestão de serviços, sendo que o fato de pedir "sal extra[5]" comporta em mais um afazer.

Como é possível perceber, as transformações advindas com a regulamentação da Lei ordinária nº 10.369/2015, que proibiu a exposição dos saleiros representa uma interferência do Estado nas relações de consumo e na gestão dos serviços (ESPÍRITO SANTO, 2015). Ora, convém aludir que autonomia para escolhas mais saudáveis no campo da alimentação depende do próprio sujeito, mas também do ambiente onde ele vive (governos, associações, empresas).

Portanto, a qualidade é conformidade, coerente com as expectativas do consumidor. Sendo assim, o atendimento deve ser adaptado aos desejos, necessidades e características (das tendências e dos hábitos alimentares) que modificam as percepções e, consequentemente as preferências e as escolhas do será consumido (MARICATO, 2009).

III. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 – Ambiência da pesquisa

A pesquisa de campo, com abordagem quantitativa, foi desenvolvida em estabelecimentos situados na Capital do Estado do Espírito Santo (Vitória) que comercializam alimentos preparados para o consumo, como bares, restaurantes, lanchonetes e similares.

Como população-alvo[6] definiu-se homens e mulheres maiores de idade, moradores dos diversos bairros da cidade da Grande Vitória - ES que tinham frequentado estabelecimentos que comercializam alimentos para consumo imediato, abrangendo a circunvizinhança de 4,5 km de raio tendo como ponto de referência o prédio da administração central da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – região onde se situa expressivo quantitativo de lanchonetes, cantinas, restaurantes, bares e similares. O questionário foi aplicado durante o mês de fevereiro de 2017, sendo que a duração média de cada questionário foi de sete minutos. Para tanto, os questionários foram aplicados em 29 pontos comerciais, de quarta a sábado, no horário das 10 às 14 horas e das 17 às 22 horas.

3.2 – Tipo de pesquisa e técnica empregada

A amostra desta pesquisa é caracterizada como sendo de natureza não-probabilística por conveniência, devido aos entraves relativos à identificação a *priori* de elementos da população exigida pela aplicação da técnica de amostragem probabilística (CHWIF; MEDINA, 2015). Nessa pesquisa, empregou-se a amostra por conveniência (823 clientes), com seleção dos entrevistados entre aqueles a quem o pesquisador tem acesso, admitindo que de alguma forma eles possam conceber o universo (GIL, 2008). Com base na abordagem esse estudo é classificado como quantitativo; no que tange aos objetivos, com realização de uma investigação descritiva.

Os dados foram coletados pelo método *survey*, cada afirmativa foi mensurada em uma escala de 5 pontos tipo Escala Psicométrica de *Likert*. O cliente abordado deveria assinalar uma opção entre 1 e 5 da escala *Likert* para o item "importância" (sendo que na escala 1=menos importante e 5=muito importante) e também para o item "satisfação" (sendo que na escala 1=insatisfeito e 5=muito satisfeito).

O instrumento de coleta de dados foi elaborado a partir de um pré-teste, utilizando a abordagem teórico-metodológica *Servqual* com adaptações, sugerida por Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985). Assim, tem-se um questionário semiestruturado (não disfarçado), autoadministrado e composto de 44 itens, sendo 22 atributos destinados a mapear as expectativas e o restante as percepções.

O "Modelo Conceitual da Qualidade de Serviço" sinaliza as situações em que podem ocorrer os *Gaps* (lacunas) entre as expectativas e percepções dos clientes. Essas cinco dimensões da qualidade estruturam a escala *Servqual* tomando 22 sentenças: 1, 2, 3 e 4 questões refere-se a dimensão tangibilidade; 5, 6, 7, 8 e 9 referem-se à confiabilidade; 10, 11, 12 e 13 à receptividade; 14, 15, 16 e 17 à garantia e por fim, as sentenças 18 a 22 referem-se à empatia. Em suma, os entrevistados respondem a essas sentenças com base em suas expectativas (desejo) e numa segunda etapa, com base no serviço que receberam. A qualidade percebida é o resultado da diferença entre o serviço desejado e o encontrado.

O roteiro adotado para mensurar esse construto da qualidade foi composto por questões fechadas, elaboradas e distribuídas entre as cinco Dimensões da Qualidade (Tangibilidade, Confiabilidade, Receptividade, Garantia e Empatia); e também um espaço aberto para registro de declarações.

Em convergência com Crossno *et al*, (2001), a preferência foi utilizar o termo importância ao invés de expectativas, proposto pelo método *Servqual*, porque essa abordagem permite ajustes e, tal concepção simplifica a compreensão dos termos: é mais fácil para o participante entender: "o quanto atendimento é *importante* para você" do que "qual a sua expectativa em relação ao atendimento". Pela mesma razão, percepção foi substituída por "*satisfação*" na esquematização das questões.

Para interpretação dos resultados da pesquisa quantitativa, foram utilizadas técnicas estatísticas (análise descritiva). O Software Excel da Microsoft foi o recurso utilizado no tratamento e análise dos dados.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise dos dados, primeiramente foi verificado se os questionários apresentavam a resposta "Sim" à questão: "Você utilizou os serviços de bares, restaurantes, lanchonetes, tapiocarias e similares que comercializam alimentos preparados para o consumo nessa região?" uma vez que o modelo *Servqual* exige certo conhecimento e/ou experiência prévia sobre o serviço a ser avaliado.

Quanto ao gênero dos que participaram da pesquisa, 362 (43,99%) eram feminino; 421 (51,15%) masculino e, 40 (4,86%) declaram "outro". Em termos de faixa etária, 558

[4] A Ação Direta de Inconstitucionalidade (Adin) foi proposta pela Associação Nacional de Restaurantes em face dos Poderes Executivo e Legislativo Estaduais. A Associação argumentou, nos autos, que houve intromissão do Estado no exercício da atividade econômica privada, os meios empregados para impedir a disponibilidade de sal nas mesas de estabelecimentos apresentam-se destituídos de razoabilidade, infringindo os princípios da livre iniciativa e da ordem econômica e violando princípios da Constituição do Estado do Espírito Santo.

[5] Para ter acesso ao sal extra só poderá ser fornecido caso solicitado pelo cliente, evitando assim, consumo excessivo (desnecessário, abusivo) de sal.

[6] Compreendendo os cidadãos da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV): munícipes de Cariacica, Fundão, Guarapari, Serra, Viana, Vila Velha e Vitória.

ISSN 1809-3957

participantes (67,80%) têm entre 18 e 39 anos e 265 (32,20%) tem 40 anos ou mais.

No que tange à etnia declarada, 586 (71,20%) declararam ser branco e, 169 (20,54%) autodeclararam ser negro ou pardo e, outros 68 (8,26%) dos entrevistados não quiseram sugerir etnia.

Em termos de estado civil, 547 (66,46%) participantes afirmaram ser solteiro, 199 (24,18%) indicaram que eram casado/juntado e, 77 (9,36%) frequentadores alegam ter a situação de separado/divorciado/viúvo. Sobre a questão da autoavaliação de saúde, 590 (71,69%) respondentes a avaliaram como excelente/bom, 180 (21,87%) dos frequentadores reportaram estar em regular situação e, 53 (6,44%) clientes indicaram uma condição/situação ruim (prejudicada).

Quanto à prática de exercícios, é contemplada por 636 (77,28%) dos consumidores, sendo que 175 (27,52%) fazem regularmente/diariamente no decorrer da semana (em três ou mais dias da semana) e outros 461 (72,48%) praticam somente no fim de semana e feriados. Considerou-se atividade física a prática de exercícios/treino de pelo menos 30 minutos diários de atividade física (caminhada, esteira, corrida, musculação, hidroginástica, remo, ginástica, aeróbica, natação, futebol, basquetebol, artes marciais, ciclismo e voleibol) em três ou mais dias da semana - determinante regular - pois a promoção da saúde requer a consideração de ações dessa natureza que agem nos determinantes de saúde e da qualidade de vida.

Nota-se que 183 (22,24%) dos entrevistados frequentam esses estabelecimentos eventualmente, supondo fins de semana ou em datas especiais. Entretanto, 640 (77,76%) dos respondentes reportaram frequentar diariamente, informando que não têm tempo para preparar uma refeição em casa ou preferem levar para casa (*take away*), e também compram pelo *drive thru* por questões de comodidade, praticidade e/ou economia.

Outra variável qualitativa inserida nessa adaptação dessa abordagem teórico-metodológica visou à opinião sobre a questão da adição de sal à refeição pronta, e um espaço para expor sobre o esvaecimento dos saleiros em mesas e balcões. A variável foi criada a partir da resposta à pergunta: "O (a) Senhor (a) costuma acrescentar mais sal na comida/alimento pronto/servido? ". As opções de respostas eram: não; sim, de vez em quando e sim. A variável foi categorizada em sim e não. Considerou-se como sim a alternativa "sim" e "sim, de vez em quando" e, a adição de sal extra à refeição pronta foi relatada por 362 (43,99%) dos indivíduos.

No que tange às transformações advindas da regulamentação da Lei Estadual Nº 10.369/2015, 309 (37,55%) dos entrevistados declararam infortunada a redução e eliminação dos sachês de sal, e desses, 120 (38,83%) frequentadores reportaram (no espaço aberto a declarações) que, passaram a usar sal *light*, sal rosa do Himalaia, flor de sal, ervas e especiarias e/ou retiraram o saleiro também na mesa do lar. Interessante destacar que, 3/8 dos entrevistados alegaram que o consumo de sal pode estar indiretamente associado a risco a saúde e, vêem a questão da redução do sal como uma medida apropriada e necessária.

Ademais, por essas razões, e muitas outras ações que não cabem ser aqui alinhar, dado o escopo deste trabalho, os clientes externos percebem que o excesso de sal na alimentação acentua a ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e corresponde um fator de riscos modificável. No grupo pesquisado, 37,5% dos consumidores de bares e restaurantes dizem-se tocados a fazer uma drástica redução do sal na alimentação.

4.1 – Importância e satisfação

Uma análise dos resultados permite identificar os itens mais importantes (expectativa) para a maioria dos participantes: A pergunta "Os funcionários têm interesse sincero em ajudar" obteve 88,09% das respostas e a "Os funcionários demonstram respeito e cordialidade", 82,50%. Ainda em relação à importância, os itens da pesquisa receberam dos participantes uma pontuação que variava entre 4,42 e 4,80 de uma escala de cinco pontos. Isso sugere que os fatores selecionados para a pesquisa são de fato relevantes para pesquisa.

Entre os itens indicados como de "maior satisfação", o primeiro deles, com 84,33% das respostas foi "o funcionário oferta atenção individual/personalizada". Ainda em relação à satisfação (percepção), os participantes atribuíram às questões, uma pontuação que variava entre 4,05 e 4,35 de uma escala de cinco pontos, apontando uma pequena diferença entre a importância e a satisfação dos serviços. Entretanto, os itens que obtiveram uma pontuação menor podem representar aspectos a serem melhorados nos estabelecimentos. Entre eles estão a "os horários de operação está conveniente para todos" e "Instalações físicas adaptadas às necessidades da clientela", com respectivamente 14,46% e 12,03% das respostas marcadas entre "insatisfeito" e "pouco satisfeito".

A tabela 1 apresenta a média da pontuação (em uma escala de 1 a 5) recebida pelos indicadores da qualidade de serviço a respeito da importância e satisfação, agrupados por dimensão:

Tabela 1 – Importância e Satisfação por Dimensão.

Dimensão	Importância (E)	Satisfação (P)
Empatia	4,75	4,05
Garantia	4,42	4,25
Receptividade	4,8	4,35
Confiabilidade	4,65	4,1
Tangibilidade	4,7	4,05

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

As dimensões determinantes da qualidade do serviço apontadas neste estudo assinalaram a dimensão Receptividade como sendo a preferida pelos participantes da pesquisa. Receptividade, para o método *Servqual*, pode ser interpretada como a disposição dos funcionários para ajudar o cliente e prover um serviço com rapidez de resposta e presteza (*responsiveness*).

4.2 – Análises de gaps e quadrantes

Segundo Brito e Vergueiro (2011) uma segunda maneira para apresentar os resultados de pesquisas usando o *Servqual* é a "Análise de *Gaps*", que compreende o diagnóstico apurado usando para cálculo a seguinte fórmula: *Gap* = Satisfação – Importância

Para calcular as médias, as pontuações (de 1 a 5) de cada questão foram somadas e depois divididas pelo número total de respondentes tanto para a satisfação quanto para a importância. A seguir foi calculada a diferença entre as duas, obtendo-se assim o *Gap* por questão.

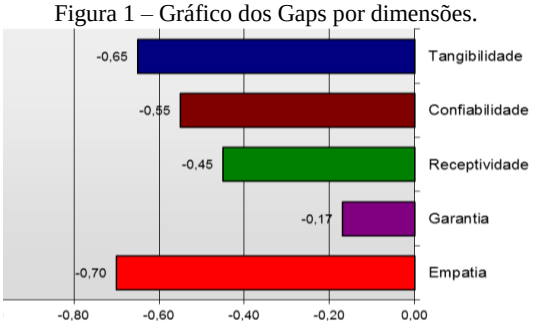
Os estudos de Nitecki e Hernon (2000) indicam que as pontuações de *Gaps* entre 0 e -1 não superam as

ISSN 1809-3957

expectativas (excelência), nesse sentido observa-se que a lei pouco alterou a questão do atendimento, e nesses *vinte meses* que vigora Lei Estadual Nº 10.369/2015, observa-se que os serviços prestados mantém padrão.

Para o cálculo dos *gaps* por dimensão, foram somadas as médias das questões de cada dimensão e divididas pelo total de questões de cada dimensão. Por exemplo, para o cálculo dos *gaps* da dimensão Receptividade, foram somadas as médias das pontuações das questões relativas a esta dimensão e depois divididas por quatro, que era o número das questões relacionadas a esta dimensão. O gráfico 1 apresenta os *gaps* por dimensão:

Figura 1 – Gráfico dos Gaps por dimensões.



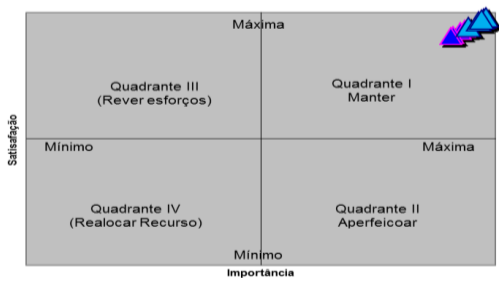
Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A partir do gráfico 1 pode-se deduzir que o item com o maior *gap* é a lacuna entre o serviço esperado e o serviço percebido. Estes *gaps* são grandes obstáculos na tentativa de se atingir um nível de excelência (PARASURAMAN; ZEITHAML; BERRY, 1985).

Já a Matriz de Análise de Importância X Desempenho (análise de quadrantes) constitui-se uma ferramenta teórico-metodológica para que a instituição tenha uma visão estratégica sobre quais os atributos deve melhorar para tornar-se mais competitiva no mercado, sendo assim, é possível dizer que a análise de quadrantes é uma boa forma de se apresentar os resultados do método *Servqual*. Nitecki e Hernon (2000) recomendam-na porque propicia uma correlação gráfica que facilita a visualização dos dados.

Ao aplicar a análise de quadrante, verifica-se informações bastante interessantes sobre o serviço prestado, e nessa pesquisa ocorreu uma concentração no quadrante 1 (manter) de todos os atributos da qualidade. Isso sugere que os clientes veem todos os atributos da pesquisa como importantes e bem desempenhados, como pode ser vislumbrado na Figura 2.

Figura 2 - Análise de Quadrantes.



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

V. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo foi realizado tendo-se como objetivo principal avaliar a qualidade dos serviços dos estabelecimentos que servem alimentação para pronto consumo, e verificar a conformidade comercial diante o tolhimento da exposição do saleiro, bem como a adequação dos serviços a demandas, desejos e necessidades da clientela. Nesse sentido, com os resultados, o presente estudo demostra que a diferença entre importância e satisfação foi mínima; indicando que os estabelecimentos da região pesquisada estão muito próximos de atingir as expectativas de sua clientela no que tange a qualidade de serviços.

Esta pesquisa, a exemplo de outros estudos em Municípios Saudáveis, comprovou que o método *Servqual* é apropriado para avaliar a qualidade a partir das percepções e expectativas da clientela. Além disso, essa abordagem teórico-metodológica adaptada é uma forte ferramenta para a tomada de decisões, pois permite evidenciar os pontos fracos e fortes sob a ótica dos frequentadores desses espaços.

Esta pesquisa traz ainda contribuições acadêmicas e gerenciais à medida que faz um panorama do comportamento de consumo alimentar "fora de casa" e do "estilo de vida" dos indivíduos (comensalismo). Para as empresas, o estudo traz indicações comportamentais nas dimensões da qualidade (Empatia e Tangibilidade; Figura 1) que carecem de revisão estratégica, condizente como o setor de alimentação fora de casa – ou de bares e restaurantes, como é chamado pelos comerciantes do ramo.

Cabe destacar que com os resultados da pesquisa fica evidente que existe um hiato - entre o que de fato o cliente externo deseja e aquilo que realmente é encontrado. Assim, o diagnóstico aponta que o processo de desenvolvimento de serviços foi pouco afetado, e a Lei Ordinária nº 10.369/2015 promoveu uma boa transformação no comportamento de consumo favorecendo a questão da saúde e fomentando a questão da alimentação saudável fora de casa. Em suma, a legislação mostra que os hábitos alimentares dos munícipes vêm registrando mudanças com o passar do tempo, modificando as percepções e as preferências para alimentos, ingredientes e cardápios saudáveis em termos de qualidade. Cabe ainda lembrar que raras vezes na recente história brasileira uma norma (em dois anos de existência) tenha logrado um visível *status* de "experiência exitosa".

Não obstante, cabe ressaltar que a saúde é um direto de todos e, considerando o direito humano à alimentação adequada (DHAA), convém a uma cidade educadora, multiplicar e estimular boas práticas. Nessa relação, a criação do curso técnico em Alimentação Escolar (ofertado na Rede e-Tec Brasil, em integração com o Programa Profuncionário) e o Guia Alimentar para a População Brasileira (GAPB), sinalizam um novo olhar sobre a questão.

Nessa via, o novo paradigma do setor empresarial é o "lucro ético" – visando uma maior lucratividade sem perder de foco o respeito pelos direitos e proteção à saúde do consumidor. Finalmente, cabe ressaltar que todo esse elenco de preocupações deve ser levado em consideração, sem se perder de vista que os modelos de avaliação da qualidade podem exprimir oportunidades de aplicabilidade de Boas Práticas (*best practices).*

Como limitação do estudo, tem-se a necessidade de explorar mais a parte qualitativa, ajustando a abordagem teórico-metodológica como a análise fatorial exploratória. Outra limitação refere-se ao recorte amostral e reduzido escopo geográfico; assim, a ampliação dos dados demográficos se apresenta como solução mais adequada para uma continuidade nessa linha de pesquisa.

ISSN 1809-3957

Diante dos fatos apresentados e seus possíveis desdobramentos (saúde X intervenção empresarial), o Pleno do Tribunal de Justiça do Espírito Santo (TJES) decidiu por maioria de votos, em 25 de maio de 2017, declarar como inconstitucional a Lei Estadual nº 10.367/2015. Com a decisão, os sachês de sal e os saleiros poderão ser expostos nas mesas de estabelecimentos que vendem alimentos para o consumo. Assim, voltando praticamente à *estaca zero* - remetendo a uma possível dificuldade de apropriação do conhecimento ("*preocupar com a saúde dos cidadãos é louvável"*). Desse modo, a compreensão das políticas sociais e da política de saúde Espírito-Santense na atualidade inclina-se fielmente à livre iniciativa e outras características da ordem econômica.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATALA, Alex; CHAGAS, Carolina. **Escoffianas Brasileiras**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2007.

BERRY, Leonard L.; PARASURAMAN, A. **Serviços de marketing**: competindo através da qualidade. São Paulo: Maltese: Norma, c1992. 238 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Alimentação e cultura.** Brasília, DF: NUT/FS/UnB, [2001], 66 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentacao_cultura.pdf>. Acesso em: 18 maio 2016.

BRITO, Gisele Ferreira de; VERGUEIRO, W. C. S. Avaliação da qualidade orientada ao usuário: estudo de caso em biblioteca acadêmica utilizando o método *Servqual*. In: C**ongresso Brasileiro de Biblioteconomia e Documentação**, 2011, Maceió. Disponível em: <http://eprints.rclis.org/16033/1/329-2573-1-PB.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2016.

CASTRO, Raquel da Silva Assunção de; GIATTI, Luana; BARRETO, Sandhi Maria. Fatores associados à adição de sal à refeição pronta. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 1503-1512, maio 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v19n5/1413-8123-csc-19-05-01503.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**: teoria & aplicações. 4. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 294 p.

CROSSNO, J. E. et al. Assessment of customer service in Academic Health Care Libraries (ACSAHL): an instrument for measuring customer service. **Bulletin of the Medical Library Association** v. 89, n. 2, pp. 170-176, Abr. 2001. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC31724/>. Acesso em: 17 mar. 2016.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado do Governo. Lei Ordinária, nº 10.369, de 22 de maio de 2015 Proíbe a exposição de recipientes ou de sachês que contenham cloreto de sódio (sal de cozinha) em mesas e balcões de estabelecimentos situados no Estado do Espírito Santo que comercializam alimentos preparados para o consumo, como bares, restaurantes, lanchonetes e similares, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. Vitória, ES, 25 maio. 2015. Disponível em: <http://ioes.dio.es.gov.br/portal/visualizacoes/html/#/e:3137/m:153625>. Acesso em: 10 jan. 2016.

FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Administração de serviços:** operações, estratégia e tecnologia da informação. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 564 p.

FREITAS, A. L. P.; BOLSANELLO, F. M. C.; VIANA, N. R. N. G. Avaliação da qualidade de serviços de uma biblioteca universitária: um estudo de caso utilizando o modelo *Servqual*. **Ciência da Informação,** Brasília, v. 37, n.3, p. 169-184, Dez. 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. XVI, 200 p.

GUERRIERO, Iara Coelho Zito. Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 que trata das especificidades éticas das pesquisas nas ciências humanas e sociais e de outras que utilizam metodologias próprias dessas áreas. **Ciênc. saúde coletiva**, v.21, n.8, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015218.17212016>. Acesso em: 10 jul. 2016.

MARICATO, Percival. **Marketing para bares e restaurantes.** Rio de Janeiro: Ed. SENAC Nacional, 2004. 167 p.

MELLO, Carlos Henrique Pereira et al. **Gestão do processo de desenvolvimento de serviços**. São Paulo: Atlas, 2010. VIII, 194 p.

MIGUEL, M. C; FREIRE, V. F. Avaliação da Qualidade Orientada ao Usuário do Museu Capixaba do Negro: Aplicação da Abordagem Teórico-Metodológica *Servqual* em um Espaço Museológico de Vitória-ES. **Guará**, Vitória, n. 05, p. 103-116, Jul, 2015. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/guara/article/view/14350/10092>. Acesso em: 19 jul. 2016.

NITECKI, D. A.; HERNON, P. Measuring service quality at Yale's University's libraries. **The Journal of Academic Librarianship**, Ann Arbor, v. 26, n. 4, p. 259-273, Jul. 2000.

PARASURAMAN, A; ZEITHAML, V. A; BERRY, L. L. A conceptual model of service quality and its implications for future research. **Journal of Marketing**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 41-50, Fall 1985.

RUST, Roland T.; LEMON, Katherine N.; ZEITHAML, Valarie. **O valor do cliente:** o modelo que está reformulando a estratégia corporativa: *customer equity*. Porto Alegre: Bookman, 2001. 280 p.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

NÍVEL DE CONFORMIDADE DOS PARECERES DOS AUDITORES INDEPENDENTES EMITIDOS PARA AS EMPRESAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

LEVEL OF CONFORMITY OF THE OPINIONS OF INDEPENDENT AUDITORS ISSUED AS COMPANIES OF THE ELECTRICITY SECTOR IN BRAZIL

WILLIAN TARCÍSIO FREITAS E SILVA[1;] ANA PAULA FERREIRA DA SILVA[1,2]; MYRON PALHANO GALVÃO SOBRINHO[1,3,4],
1 – UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO, 2- FACULDADE BOA VIAGEM/DEVRY BRASIL, 3- FACULDADE SENAC/PE, 4- AGENCIA DE REGULAÇÃO DE PERNAMBUCO
williantarcisio@hotmail.com; anapafesilva@hotmail.com; myron_72@hotmail.com

Resumo – O objetivo central deste trabalho foi mensurar o nível de conformidade entre os pareceres e as orientações dadas pela norma vigente. Para tal, foi realizado uma pesquisa documental em cima de 51 pareceres de auditoria de empresas do seguimento de energia elétrica. Para padronizar os dados coletados foi criado um formulário de coleta de dados documental, após o levantamento as informações foram tabuladas num programa estatístico chamado Statistical Package for Social Sciences (SPSS). Os resultados da pesquisa evidenciaram que apenas as empresas com atividade econômica de Distribuição de energia elétrica e Geração de energia elétrica apresentaram opinião com ressalva. Sendo assim, os principais motivos da ressalva são Valores a receber de empresas relacionadas, e Acionista direta em recuperação judicial.

Palavras-chave: Auditoria. Parecer de auditoria. Energia Elétrica.

Abstract – The main objective of this work was to measure the level of conformity between the opinions and the guidelines given by the current norm. In order to carry out this work, a documentary research was carried out on 51 auditing opinions of electric power companies. In order to standardize the data collected a document data collection form was created, after the survey the information was tabulated in a statistical program called Statistical Package for Social Sciences (SPSS). The results of the research showed that only the companies with economic activity of Distribution of electric power and Generation of electric energy presented an opinion with reservation. Therefore, the main reasons for the proviso are Receivables from related companies, and Direct shareholder in judicial recovery.

Keywords: Audit. Audit opinion. Electricity.

I. INTRODUÇÃO

A auditoria externa ajuda empresas a adotar práticas corporativas eficientes, oferecendo credibilidade às organizações e permitindo que investidores e acionistas reconheçam o valor de cada companhia. Assim, independência e transparência são os termos que melhor definem o serviço prestado pelo auditor independente.

Todavia um dos erros mais comuns é atribuir ao auditor externo a função de ajudar a administração a cumprir seus objetivos e metas. Essa missão, de fato, pertence ao auditor interno.

O auditor independente tem como função primordial aumentar o grau de confiança nas demonstrações contábeis por parte dos usuários. Além de realizar uma análise detalhada dos lançamentos contábeis e administrativos da empresa auditada, tem por obrigação emitir um parecer exponha um julgamento fidedigno ao trabalho realizado nas demonstrações contábeis. Sua escrita deve ser clara e de fácil entendimento, pois demonstra a sua opinião, as responsabilidades da administração e também a situação financeira e patrimonial em que se encontra a empresa auditada.

Nesse contexto, surge a seguinte pergunta de pesquisa: Qual o nível de aderência da Norma Técnica de Auditoria Independente – NBC TA 700 face aos pareceres de auditoria publicados para as empresas do setor de energia elétrica no Brasil?

Com o propósito de buscar soluções para o problema apresentado, o objetivo central deste trabalho é mensurar o nível de aderência dos pareceres de auditoria publicados por empresas do setor de energia elétrica à norma reguladora brasileira voltada ao parecer do auditor independente.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Parecer de auditoria e tipos de opiniões

Para se comunicar com acionistas, diretores e com o público em geral, as empresas utilizam as demonstrações contábeis. Estes relatórios devem ser elaborados de acordo com as normas reguladoras e representam uma ferramenta importante na tomada de decisões.

De acordo com Attie (2010) "o objetivo da auditoria independente é expressar uma opinião sobre a propriedade das demonstrações contábeis examinadas". O auditor independente tem a função de confirmar a partir de um documento impresso e assinado pelo mesmo que expresse uma opinião em relação à situação patrimonial da empresa auditada.

Esta confirmação vem como consequência de testes realizados nos lançamentos contábeis e relatórios financeiros evidenciados nos papéis de trabalho, acumulando evidências suficientes para servir como embasamento de sua opinião.

Se o auditor emitir um relatório com uma opinião não modificada, sem ressalvas, deve seguir a NBC TA 700 - Formação da Opinião e Emissão do Relatório do Auditor Independente sobre as Demonstrações Contábeis aprovadas

ISSN 1809-3957

pela Resolução do CFC Nº. 1.231/09 datada 27 de novembro de 2009. Por outro lado, caso haja modificações na opinião, o profissional deve emitir um relatório considerando os termos da Norma NBC TA 705 aprovada pela Resolução do CFC nº 1.232/09 de 27 de novembro de 2009.

Antes de apresentar o parecer de auditoria definitivo, o auditor independente discute e esclarece a situação da empresa auditada com a administração. Nos casos de opinião com ressalvas, o profissional pode discutir com a administração e entrar em um acordo para definir se emite um relatório com modificação de opinião, com ressalvas, ou a administração muda o relatório financeiro e, então, o auditor emite um relatório sem modificações.

A opinião que não possui modificações é conhecida como opinião sem ressalva e é desenvolvida com base nos testes realizados nas demonstrações contábeis, e também, é ligada com as notas explicativas que concorda com as práticas contábeis utilizadas e com o adequado sistema de controle interno.

Segundo a NBC TA 700, ao expressar uma opinião não modificada sobre as demonstrações contábeis elaboradas de acordo com a estrutura de apresentação adequada, a opinião do auditor deve utilizar uma das seguintes frases, que são consideradas equivalentes:

(a) as demonstrações contábeis apresentam adequadamente, em todos os aspectos relevantes, de acordo com [a estrutura de relatório financeiro aplicável]; ou;

(b) as demonstrações contábeis apresentam uma visão correta e adequada de acordo com [a estrutura de relatório financeiro aplicável.

III. METODOLOGIA

O objetivo da metodologia é o aperfeiçoamento dos procedimentos e critérios utilizados durante a pesquisa. De acordo com Martins e Theóphilo (2007) "o termo metodologia é empregado com significados diversos". O método adotado nesta pesquisa foi o indutivo. Marconi e Lakatos (2010) definem:

> Indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, interfere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Portanto, o objetivo dos argumentos é levar a conclusão cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.

Dessa forma, partindo das competências particulares, tanto técnicas como comportamentais, descritas nos pareceres de auditoria das empresas do setor elétrico brasileiro para fazer conclusões de tendências sobre a empresa auditada em termo de competência técnica e comportamental dos auditores independentes. Com base nas competências particulares é possível fazer conclusões de tendências, pois os argumentos indutivos somente conduzem a conclusões prováveis.

Toda pesquisa para ter um bom êxito é de fundamental importância que se defina o universo a ser estudado, bem como a amostra. Assim, o universo está composto por 53 pareceres de auditoria relativos a empresas do setor elétrico referentes ao exercício do ano de 2013. Já a amostra analisada está formada por 51 empresas, cujos pareceres foram examinados. Todavia, 2 empresas não apresentaram parecer de auditoria.

Esse estudo se classifica como exploratório, por que existem poucos trabalhos semelhantes na área acadêmica brasileira que trata sobre a inconsistência dos pareceres de auditoria das empresas do setor elétrico no Brasil. Quanto aos procedimentos esta pesquisa foi classificada em documental. Gil (2010) afirma que:

> A pesquisa documental é utilizada em praticamente todas as ciências sociais e constitui um dos delineamentos mais importantes no campo da História e da Economia. Como delineamento, apresenta muitos pontos de semelhança com a pesquisa bibliográfica, posto que nas duas modalidades utilizam-se dados já existentes. Quanto à abordagem esta pesquisa foi classificada como quantitativa.

Para execução da coleta de dados primários foi elaborado um formulário de coleta de dados documental, cujo objetivo inicial foi padronizar as informações coletadas. O formulário foi ordenado com base nos objetivos apresentados na seção introdutória deste trabalho, o qual está dividido em sete grupos conforme descrito no quadro 1:

Quadro 1 – Descrição da estrutura do formulário de coleta de dados documental

Grupo de Informações	Descrição
Informações gerais sobre a empresa auditada	Informações como nome, sigla e atividade econômica.
Informações sobre a empresa auditante	Empresas de auditoria responsável pelo parecer, local de assinatura do parecer, nome do auditor independente, Nome do profissional (sócio ou responsável), Número do CRC da firma, Número do profissional.
Informações gerais sobre o parecer	Tipo do Parecer do Auditor Independente, parágrafo citando a responsabilidade da administração, parágrafo citando a responsabilidade dos auditores independentes, a opinião dos auditores independentes sobre as demonstrações contábeis, Expressão utilizada na representação da posição patrimonial, Fez menção ao ano anterior ser auditado por outra empresa, a condução dos testes de auditoria.
Estrutura dos pareceres com abstenção	Expressão utilizada para menção de abstenção no parecer.
Estrutura dos pareceres com ressalva	Expressão utilizada para menção de ressalva, Motivo de ressalva no parecer.
Estrutura dos pareceres sem ressalva	Existência de parágrafo de ênfase, Origem do parágrafo de ênfase.
Conteúdo do texto de ênfase	Quais assuntos são apresentados no texto de ênfase.

Fonte: Elaboração própria dos autores com base no formulário de coleta de dados documental.

Após o preenchimento do formulário, os dados foram implantados no programa *Statistical Package for Social*

ISSN 1809-3957

Sciences (SPSS). Através dele foi possível elaborar as tabelas de frequência, bem como as tabelas de análise cruzada de dados.

IV. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta o quantitativo de empresas estudadas com base nas suas atividades econômicas. Nota-se que a maior parte das empresas estudadas foi do setor de distribuição de energia elétrica, seguido das empresas *holdings* de instituições não financeiras, que trabalham basicamente no gerenciamento das empresas do setor elétrico, e em terceiro lugar as empresas de geração de energia elétrica. É importante ressaltar que as atividades econômicas de Transmissão de energia elétrica, Outras sociedades de participação, bem como Outras atividades de serviços financeiras foi estudo apenas por uma empresa para cada tipo.

Tabela 1 – Atividade econômica das empresas auditadas

Atividade econômica	Ocor.	%
Distribuição de energia elétrica	19	37
Geração de energia elétrica	12	24
Holdings de instituições não-financeiras	17	33
Outras atividades de serviços financeiras não especificadas anteriormente	1	2
Outras sociedades de participação, exceto holdings	1	2
Transmissão de energia elétrica	1	2
Total	**51**	**100**
% sobre o total	100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

A - Informações sobre a empresa Auditante

Esta seção apresenta informações sobre as empresas de auditoria independente. Através da Tabela 2 é possível verificar, com base nos pareceres, que no total foram 6 empresas diferentes responsáveis para realizar os trabalhos. A empresa que mais emitiu relatórios foi a Pricewaterhousecoopers com 31% do total, seguido da Deloitte Touchie Tohmatsu com 27% referente ao total. A empresa que emitiu o menor número de relatórios foi a UHY Moreira, sendo apenas dois relatórios que equivalem a 4% do total. Percebe-se que a maioria dos relatórios foram emitidos pelas empresas *big four*, ou seja, as quatro maiores empresas contábeis especializadas em auditoria e consultoria do mundo (Pricewaterhousecoopers, Deloitte Touche Tohmatsu, KPMG e Ernst & Young).

Tabela 2 – Empresas de auditoria

Empresa de auditoria	Ocor.	%
BDO RCS Auditores Independentes	4	8
Deloitte Touchie Tohmatsu Auditores Independentes	14	27
Ernst & Young Terco Auditores Independentes	7	14
KPMG Auditores Independentes	8	16
Pricewaterhousecoopers Auditores Independentes	16	31
UHY Moreira-Auditores	2	4
Total	**51**	**100**
% sobre o total	100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Ao longo da pesquisa buscou-se verificar conforme orientação dada pela NBC TA 700 – Formação da Opinião e Emissão do Relatório do Auditor Independente se as empresas de auditoria seguiam as informações básicas, tais como: Local, nome do auditor independente, nome do profissional, nº CRC da firma e do profissional. Com base nos dados da Tabela 3, observa-se que no caso do local, nome do profissional, nº CRC da firma e do profissional foram apresentados em todos os relatórios. Todavia, o nome do auditor independente que realizou o trabalho deixou de ser apresentado por 44 empresas que corresponde a 86% da amostra. Esse fato além de ser contra a norma reguladora, chama atenção pela relevância dentro da amostra analisada.

Tabela 3 – Informações contidas no parecer emitido

Informações contidas no parecere emitido	Informações preenchidas				TOTAL	
	Sim		Não			
	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
Local	51	24	0	0	51	20
Nome do auditor independente	7	14	44	86	51	20
Nome do profissional ou responsável	51	24	0	0	51	20
Nº CRC da firma	51	24	0	0	51	20
Nº CRC profissional	51	24	0	0	51	20
Total	**211**	**100**	**44**	**100**	**255**	**100**
% sobre o total	83		17		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

B - Informações gerais sobre o parecer

Quanto às informações gerais sobre o parecer do auditor independente. A Tabela 4 mostra os tipos de pareceres que foram identificados nas 51 empresas do setor elétrico selecionadas, sendo 88% dos relatórios com opinião sem ressalva. Seguido por 10% dos relatórios com ressalva e apenas um relatório com abstenção de opinião por incerteza.

Tabela 4 – Tipo de parecer emitido pelo auditor independente

Tipo de parecer	Ocor.	%
Parecer sem ressalva	45	88
Parecer com ressalva	5	10
Parecer com abstenção de opinião por incerteza	1	2
Total	**51**	**100**
% sobre o total	100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Ao longo da pesquisa procurou-se verificar se dentro dos relatórios havia o parágrafo de responsabilidade da administração, como resposta obteve-se que em todos os pareceres das 51 empresas estudadas apresentaram esse parágrafo, bem como, todos os pareceres apresentaram o parágrafo da responsabilidade dos auditores independentes.

Com base na NBC TA 700, as informações obtidas na Tabela 5, buscou-se a quantidade de parágrafos sobre a opinião do auditor em relação às demonstrações, cuja resposta obtida é que a maioria dos relatórios possui apenas uma opinião sobre as demonstrações contábeis, significando que são empresas com demonstrações contábeis individuais, por outro lado, as empresas que possuem dois parágrafos sobre as demonstrações contábeis são consideradas empresas com coligações com outras empresas, já que é

ISSN 1809-3957

emitida uma opinião sobre demonstrações individuais, e outra para demonstrações consolidadas.

Tabela 5 – Há quantos parágrafos sobre a opinião dos auditores em relação às demonstrações

Há quantos parágrafos sobre a opinião dos auditores em relação as demonstrações	Apenas uma opinião sobre as demonstrações contábeis		Dois parágrafos, um sobre as demonstrações individuais, e outro para as demonstrações consolidadas		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
	31	61	20	39	51	100
Total	**31**	**100**	**20**	**100**	51	**100**
% sobre o total	61		39		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Seguindo a orientação da norma com relação ao parecer de auditoria se verificou as expressões utilizadas dentro dos relatórios para evidenciar a posição patrimonial. Os dados com relação a essa análise encontram-se na Tabela 6, as quais mostram que 24% das empresas utilizaram as práticas contábeis aplicadas no Brasil para evidenciar a posição patrimonial. Por outro lado, 76% das empresas evidenciaram com base nas normas aplicadas no Brasil e normas internacionais de relatórios financeiros. Esse fato é importante, pois se verifica que as empresas de auditoria estão fazendo menção de normas internacionais mostrando que estão se tornando padrão o uso das normas internacionais.

Tabela 6 – Expressão utilizada na representação da posição patrimonial

Expressão utilizada na representação da posição patrimonial	Práticas contábeis adotadas no Brasil		Práticas contábeis adotadas no Brasil e Normas internacionais de relatório financeiro		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
	12	24	39	76	51	100
Total	**12**	**100**	**39**	**100**	**51**	**100**
% sobre o total	24		76		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

A pesquisa realizada permitiu ponderar o número de relatórios que mencionaram sobre o exercício anterior ter sido auditado por outro auditor independente, sendo assim, partir da análise da Tabela 7, percebe-se que dentro dos relatórios emitidos 49%, aproximadamente a metade, havia menção sobre o exercício anterior ter sido auditado por outro auditor independente.

Tabela 7 – Menção sobre o ano anterior ser auditado por outra empresa

Menção sobre o ano anterior ser auditado por outra empresa	Sim		Não		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
	25	49	26	51	51	100
Total	**25**	**100**	**26**	**100**	51	**100**
% sobre o total	49		51		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

De acordo com as informações obtidas na pesquisa verificou-se como se dava a condução dos testes de auditoria aplicados para obter a opinião do parecer, e 100% dos relatórios seguiram as normas brasileiras e internacionais de auditoria.

C – Estrutura dos pareceres com ressalva

No tocante aos resultados com relação a estrutura dos pareceres com ressalva segundo orientação da NBC TA 705 – Modificações na Opinião do Auditor Independente. A Tabela 8 evidencia as expressões usadas nos relatórios para destacar a ressalva nos relatórios. A norma obriga o uso de uma expressão para enfatizar a ressalva, sendo elas: "com exceção de", "exceto quanto" ou "exceto por". No total da amostra selecionada apenas 10% das empresas apresentaram ressalva, destas 4 utilizaram a expressão "exceto quanto", e um relatório que estava em desconformidade com a norma sendo ressalvado sem menção de um dos termos exigidos.

Tabela 8 – Expressão para menção da ressalva

Expressão para menção da ressalva	SUBTOTAL Sim		Empresas que não apresentaram ressalva (1)		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
Com exceção	0	0	0	0	0	**0**
Exceto quanto	4	80	0	0	4	**8**
Sem menção	1	20	46	100	47	**92**
Total	**5**	**100**	**46**	**100**	51	**100**
Nota: (1) - As empresas que não apresentaram ressalva tiveram pareceres com opiniões diferentes.						
% sobre o total	10		90		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

D – Estrutura dos pareceres sem ressalva

A seção seguinte permite evidenciar os resultados alcançado ao longo da pesquisa com relação a estrutura dos pareceres sem ressalva. Uma característica observada nos pareceres sem ressalva é a existência do parágrafo de ênfase, que enfatiza um assunto importante apresentado nas demonstrações contábeis. Na Tabela 9 encontra-se os resultados obtidos em relação as empresas que tiveram opinião sem ressalva apresentaram o parágrafo de ênfase dentro e percebe-se que neste caso 61% das empresas estudadas apresentaram o parágrafo de ênfase, 29% não apresentaram e 10% possuem opiniões diferentes.

Tabela 9 – Parágrafo de ênfase

Existe parágrafo de ênfase	Sim		Não		Empresas com opinião diferente. (1)		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
	31	61	15	29	5	10	51	**100**
Total	**31**	**100**	**15**	**100**	**5**	**100**	51	**100**
Nota: (1) - As empresas que tiveram pareceres com opiniões diferentes não apresentaram ênfase .								
% sobre o total	61		29		10		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Mesmo com a observação feita anteriormente de que a maioria dos relatórios emitidos não possuía ressalva, na Tabela 10, percebe-se que as opiniões não mudaram, todavia, houve a existência do parágrafo de ênfase, que de acordo com a NBC TA 706 – Parágrafos de Ênfase e Parágrafos de Outros Assuntos no Relatório do Auditor Independente enfatiza para um assunto ou assuntos apresentados ou divulgados nas demonstrações contábeis, de tal relevância que são fundamentais para o entendimento das

ISSN 1809-3957

demonstrações contábeis. Com base nos achados da pesquisa verifica-se que a origem mais relevante foi Financeira/Econômica com 27% da amostra, acompanhado da Financeira/Econômica/Tributária com 24%, e logo após a Trabalhista/Tributária representando 10%.

Tabela 10 – Origem parágrafo de ênfase

Origem do parágrafo de ênfase	Financeiro/Econômico		Financeiro/Econômico/ Tributário		Trabalhista/ Tributário		Empresas que não apresentaram ênfase		TOTAL	
	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%	Total	%
	14	27	12	24	5	10	20	39	51	**100**
Total	**14**	**100**	**12**	**100**	**5**	**100**	**20**	**100**	51	**100**
% sobre o total	27		24		10		39		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Ao longo da pesquisa buscou-se confrontar o tipo de atividade econômica com o tipo de parecer emitido pelo auditor independente. Observa-se na Tabela 11 que os achados da pesquisa revelam que as empresas de Distribuição de Energia Elétrica são as que mais se destacaram em todos os tipos de opinião. No entanto, no caso dos pareceres sem ressalva, a maioria das empresas foram Holdings de instituições não-financeiras, sendo possível afirmar que todas as empresas dessa atividade apresentaram parecer sem ressalva. Face importante ressaltar também que empresas de Outras atividades se serviços financeiras não especificadas anteriormente, outras sociedades de participação, e empresas de transmissão de energia elétrica, as quais tiveram apenas uma empresa na amostra, apresentaram todas elas parecer sem ressalva.

Tabela 11 – Identificação da atividade econômica da empresa auditada x Tipo de parecer emitido

Atividade econômica da empresa auditada	Tipo do Parecer do Auditor Independente						TOTAL	
	Parecer sem ressalva		Parecer com ressalva		Parecer com abstenção de opinião			
	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%
Distribuição de energia elétrica	15	33	4	80	1	5	20	39
Geração de energia elétrica	11	24	1	20	0	0	12	24
Holdings de instituições não-financeiras	16	36	0	0	0	0	16	31
Outras atividades de serviços financeiras não especificadas anteriormente	1	2	0	0	0	0	1	2
Outras sociedades de participação, exceto holdings	1	2	0	0	0	0	1	2
Transmissão de energia elétrica	1	2	0	0	0	0	1	2
Total	**45**	**100**	**5**	**100**	**1**	**100**	**51**	**100**
% sobre o total	88		10		2		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

Quanto aos motivos para a ressalva, considerando à atividade econômica das empresas, a Tabela 12 indica que os mais frequentes foram "Valores a receber de empresas relacionadas" e "Acionista direta em recuperação judicial", tanto nas empresas com atividade econômica de Distribuição de energia elétrica, como nas empresas de Geração de Energia Elétrica representando cada 31% do total de empresas da amostra. Percebe-se também que 13 das empresas que apresentaram motivo da ressalva são de Distribuição de Energia Elétrica, e os outros 3 foram empresas de Geração de Energia Elétrica.

Tabela 12 – Motivo da ressalva x Atividade econômica da empresa auditada

Motivo da Ressalva	Atividade econômica da empresa auditada				TOTAL	
	Distribuição de energia elétrica		Geração de energia elétrica			
	Ocor.	%	Ocor.	%	Ocor.	%
Motivo A	2	15	0	0	2	13
Motivo B	4	31	1	33	5	31
Motivo C	4	31	1	33	5	31
Motivo D	1	8	0	0	1	6
Motivo E	1	8	1	33	2	13
Motivo F	1	8	0	0	1	6
Total	**13**	**100**	**3**	**100**	**16**	**100**
% sobre o total	81		19		100	

Fonte: Elaboração própria dos autores com base na pesquisa documental.

V. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, por meio da pesquisa efetuada com as empresas do setor de energia elétrica no Brasil, é possível verificar que exigências profissionais requeridas nos pareceres de auditoria pelo órgão regulador estão sendo cumpridas.

As empresas de energia apresentam resultados significativos no que tange a auditoria realizada nestas organizações principalmente no que diz respeito à emissão de relatório que não possuem ressalva, sendo considerados pareceres sem modificações de opinião. Outro fator importante é que mesmo com as parametrizações das normas internacionais, ainda nota-se o uso apenas das normas brasileiras de contabilidade na elaboração de relatórios financeiros e contábeis, sendo assim, as práticas adotadas na realização do trabalho podem ser consideradas as mesmas, mudando apenas a fonte de busca.

Com relação aos vários tipos de pareceres emitidos pelas empresas, pode-se dizer que há grande semelhança em relação à estética. Entende-se que tal semelhança se dá devido à obrigatoriedade da norma em relação a esse assunto.

Outro aspecto observado é a presença massiva de empresas de auditoria de referência mundial, denominadas *big fours*, cuja credibilidade e confiança no mercado já está consolidada, e como as empresas do setor pesquisado tem importância na sociedade é preciso que empresas de qualidade auditem as suas demonstrações contábeis buscando uma forma mais segura.

Por mais que tenham sido bem elaborados os relatórios emitidos e os métodos adotados utilizados pelos auditores independentes, foram identificados inconsistências. Portanto, é de suma importância a atualização constante dos profissionais visando uma boa qualidade na execução do relatório.

Em atenção a este fato, sugere-se que futuras pesquisas explorem os pareceres de outros setores pilares da economia do país usando como base as normas nacionais e internacionais. Utilizando-se como base outros trabalhos já publicados no Brasil, pode-se trabalhar com outras amostras, compostas, por exemplo, por empresas do setor alimentício. Conclui-se então que, no contexto geral, as empresas seguem as normas brasileiras de contabilidade, porém não por completa, no entanto, é considerável confiável o nível de conformidade entre os relatórios.

ISSN 1809-3957

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTIE, William, **Auditoria: conceitos e aplic**ações, 5ª edição, São Paulo: Atlas, 2010

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia científica.** 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, G. D. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. **Resolução CFC no 1.231, de 27 de novembro de 2009** (2009). Aprova a NBC TA 700- Formação da Opinião e Emissão do Relatório do Auditor Independente sobre as Demonstrações Contábeis. Brasília.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. NBC TA 705 - **Modificações na opinião do auditor independente**. Brasília, 2012.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. NBC TA 700 – **formação da opinião e emissão do relatório do auditor independente sobre as demonstrações contábeis**. Brasília, 2012.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. NBC TA 706. **Parágrafos de Ênfase e Parágrafos de Outros Assuntos no Relatório do Auditor Independente.** Brasília, 2012.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

O COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR NOS SERVIÇOS DE APLICATIVOS DE RELACIONAMENTO: UMA NOVA DINÂMICA DAS RELAÇÕES

CONSUMER BEHAVIOR IN DATING APP'S SERVICES: A NEW DYNAMIC IN RELATIONSHIPS

JOSÉ RUBENS DE CAMPOS[1]; DIEGO PAULO RHORMENS[1]; ALEXANDRE LUZZI LAS CASAS[1]
1 - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO (PUC-SP)
camposjoserubens@gmail.com; diego.rhormens@gmail.com; alascasas@terra.com.br

Resumo – Muitos indivíduos acessam a internet através de seus smarthpones e utilizam aplicativos que têm como finalidade conhecer novas pessoas e estabelecer diversos tipos de relacionamentos afetivos. Este artigo tem como objetivo compreender as principais motivações que fazem os indivíduos utilizarem estes aplicativos. Para isso, foram aplicados questionários a fim de realizar análises de estatística descritiva para compreender melhor os hábitos de consumo destes usuários. Foram analisadas as respostas de três grupos de respondentes, os homens heterossexuais, as mulheres heterossexuais e os homens gays. A possibilidade de filtrar os usuários para possíveis relacionamentos futuros é vista como o principal motivador no uso dos aplicativos para os três grupos. Enquanto os usuários homens, heterossexuais e gays, buscam parceiros (as) sexuais e afetivos, as mulheres buscam os relacionamentos afetivos.

Palavras-chave: Aplicativos. Relacionamentos. Perfil.

Abstract - Many people access the internet through their smartphones and use app`s in order to meet people and establish different`s kind of relationships. This article aim to research the main reasons for the use of the app`s. For this, a questionnaire was applied in order to perform a statistical analysis to better understand main motivations and the consumer behavior. The responses of the three groups heterosexual men, heterosexual women and gay man, were analysed. The research shows that the possibility to filter others users for possible future relationships is the main reason in using the apps for all the three groups. While the men, heterosexual or gays, seek sexual dates, women seek to meet people.

Keywords: Dating App´s. Relationship. Profiles.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente muitos indivíduos possuem acesso à internet através de seus aparelhos celulares. Com a crescente utilização desta tecnologia surgiram alguns aplicativos que modificaram a forma de se relacionar dos indivíduos, entre eles podem ser citados os aplicativos de relacionamento que permitem conhecer pessoas e estabelecer novos vínculos. Estes aplicativos são baixados e consumidos em diversos contextos.

Os indivíduos possuem diferentes percepções acerca do significado do amor. Este significado varia de acordo com a vivência e a cultura (SMEHA; OLIVEIRA, 2013).

Compreender os sentimentos amorosos é algo complexo. O modo com que as pessoas se relacionam amorosamente não segue um padrão definido, e é influenciado pelas formas de comportamento que são aprendidas socialmente (SILVA, 2002).

No atual contexto, muitos indivíduos vivenciam relacionamentos de curta duração, trocando de parceiros mais frequentemente. Algumas das características de muitos dos relacionamentos atuais são o maior imediatismo, a busca pela satisfação do próprio desejo, menor tolerância a conflitos e a predominância de projetos individuais ligados ao trabalho (SMEHA; OLIVEIRA, 2013).

Para Bauman (2008), os indivíduos vivem em um conflito entre o desejo de se relacionar com o outro e, de certa forma, perder a liberdade individual e o desejo de manterem sua individualidade e não se relacionar, o que gera como consequência a sensação de estar sozinho. Para o autor, os indivíduos podem transferir as práticas de consumo de bens para outras esferas de sua vida, como os relacionamentos amorosos. Desta forma, o outro pode ser visto como alguém capaz de satisfazer os desejos de curto prazo sem vínculos mais duradouros, o que traz como consequência o fato dos indivíduos experimentarem relacionamentos mais curtos e trocar de parceiros mais frequentemente.

Com o crescente acesso à internet, os indivíduos podem utilizar o ambiente virtual para conhecer e interagir com outros indivíduos à distância que compartilham dos mesmos interesses. Os relacionamentos iniciados através do ambiente virtual podem ou não ser transferidos para o ambiente real. (DELA COLETA; DELA COLETA; GUIMARÃES, 2008).

Um dos possíveis meios existentes para se conhecer novas pessoas são os diversos aplicativos de relacionamento existentes nos *smarthphones*, que tem como objetivo mediar o processo de interação entre os indivíduos. Estas ferramentas tecnológicas são capazes de fazer com que os indivíduos possam se comunicar mesmo que estejam distantes geograficamente (OLIVEIRA; CORRÊA DE BARROS; GOULART, 2016).

O ambiente virtual é um espaço capaz de conectar as pessoas para que estas possam estabelecer algum tipo de relacionamento. Este processo pode ocorrer de forma muitas vezes percebida como mais racional, a partir das informações e descrições contidas nos perfis dos usuários. (BAUMAN, 2008).

ISSN 1809-3957

De acordo com Augusto Junior e Trindade (2015), o indivíduo que utiliza o aplicativo de relacionamento Tinder, pode criar um perfil capaz de ofertar a si próprio para outros usuários, a partir da exposição de fotos e mensagens que fazem com que a própria identidade se torne tangível. Desta forma, é possível estabelecer novos relacionamentos através do aplicativo.

Esta criação de perfil é capaz de fazer com que o indivíduo exponha experiências que vivenciou, o estilo de vida que aspira ter, as marcas que consome, entre outras características pessoais. Para atrair a atenção de outros usuários no Tinder é importante que o usuário consiga comunicar, dentro das limitações de espaço e tempo, os aspectos simbólicos que deseja transmitir aos outros. (AUGUSTO JUNIOR; TRINDADE, 2015).

Em pesquisa realizada por Padilha (2015), que teve como objeto de estudo os aplicativos de relacionamento voltados para o público gay, para que o indivíduo possa se apresentar aos demais nos aplicativos é necessário que ele exponha fotos. Porém, muitos usuários gays não querem ser vistos por pessoas indesejadas e ter seu sigilo comprometido.

Os aplicativos de relacionamento podem facilitar o encontro de pessoas com interesses semelhantes, e entre eles destacam-se os profissionais, a simpatia, as questões estéticas, entre outros. Os usuários do aplicativo de relacionamento Tinder, muitas vezes, passam por duas etapas na utilização, a virtual e o encontro presencial (OLIVEIRA; CORRÊA DE BARROS; GOULART, 2016).

Dado o considerável número de usuários dos aplicativos de relacionamento e o impacto que eles geram nas práticas sociais de relacionamento, surge a seguinte pergunta de pesquisa, qual a principal motivação que faz os indivíduos utilizarem os aplicativos de relacionamento?

Para alcançar o objetivo geral da pesquisa, os objetivos específicos do trabalho são, verificar as práticas de uso dos aplicativos pelos usuários, verificar os fatores importantes na construção da identidade virtual dos indivíduos, verificar o comportamento dos usuários, suas preferencias e formas de interação estabelecidas com os outros através dos aplicativos e verificar se existem diferenças nas respostas dadas pelos homens e mulheres com suas respectivas orientações sexuais.

Este trabalho se justifica pelo fato de que a utilização destes aplicativos é comum, e influencia o modo que as pessoas interagem, constroem suas identidades no ambiente virtual e lidam com suas emoções. Alguns trabalhos como os de Augusto Junior e Trindade (2015), Oliveira, Corrêa de Barros e Goulart (2016) e Padilha (2015) buscam compreender melhor os usos dos aplicativos de relacionamento. Este trabalho busca através de análises de estatística descritiva, complementar o conhecimento gerado pelas outras pesquisas sobre os usos desses aplicativos. Em grande parte das vezes, estas pesquisas foram realizadas com um enfoque metodológico qualitativo. Este trabalho também busca analisar as diferenças na utilização dos aplicativos entre os diferentes gêneros e orientações sexuais, considerando assim a diversidade.

II. PROCEDIMENTOS

A pesquisa realizada tem caráter descritivo, e de acordo com Cervo e Bervian (2004), este tipo de pesquisa tem como objetivo observar, registrar e analisar os fatos e suas relações com outros.

Os dados obtidos foram de natureza quantitativa. Para Richardson (2012), o método quantitativo se caracteriza pela quantificação na coleta e pela possibilidade da realização de análises estatísticas dos dados.

Para realizar a coleta dos dados foi pedido para que alguns indivíduos respondessem um questionário que, após respondido, os respondentes poderiam encaminhar para novos respondentes, que poderiam indicar para outros, e assim sucessivamente.

Na primeira parte do questionário buscou-se identificar o indivíduo respondente, com perguntas referentes a sua idade, grau de escolaridade, sexo, orientação sexual e os hábitos de consumo do aplicativo.

A segunda parte do questionário teve como objetivo coletar dados sobre quais informações os indivíduos preferem ou não preferem divulgar a respeito de seu perfil, para compreender melhor como se dá a construção da identidade nestes aplicativos.

A terceira parte do questionário se concentrou em compreender melhor os principais objetivos dos indivíduos no uso dos aplicativos e quais tipos de relacionamentos afetivos eles desejam estabelecer com os outros usuários.

A quarta parte do questionário buscou verificar os fatores que atraem os usuários na utilização destes aplicativos e quais fatores são capazes de causar satisfação ou insatisfação no uso e nos relacionamentos estabelecidos através destes.

A quinta parte do questionário teve como finalidade identificar quais os atributos necessitam estar contidos nos perfis dos outros usuários para a geração de confiança nos outros indivíduos conhecidos através dos aplicativos.

Algumas questões utilizaram escala *Likert*, na qual o respondente deveria atribuir um valor para cada afirmação variando de 1 a 5. Cada respondente poderia escolher seu grau de preferência para cada afirmação. Em outras questões, os indivíduos poderiam assinalar uma ou mais alternativas de respostas.

Antes de encaminhar o questionário para os respondentes, foi realizado um pré-teste para identificar os ajustes necessários, o formato das questões, a facilidade de preenchimento e a compreensão do conteúdo. De acordo com Babbie (2001) realizar o pré-teste é necessário para o aperfeiçoamento do questionário.

O questionário foi disponibilizado na internet e o *link* foi enviado para os respondentes através de e-mail, redes sociais e aplicativos de conversa no *smarthphone.* Os respondentes foram indivíduos de todas as idades, de ambos os sexos e diversas orientações sexuais, que utilizam ou já utilizaram algum tipo de aplicativo de relacionamento. O questionário ficou disponível entre os dias 10 de abril de 2017 e 21 de abril de 2017.

O questionário foi auto administrado. Estes questionários têm como característica ser entregues aos respondentes para que eles os respondam sozinhos (HAIR, 2006).

Foram aplicadas questões fechadas. Para Cervo e Bervian (2004), este tipo de questionário é capaz de gerar respostas precisas que viabilizam a análise estatística dos dados e possibilita o anonimato.

De acordo com as respostas dadas pelos respondentes, se procurou verificar a relação entre as suas expectativas, experiências e vivencias de seus relacionamentos afetivos e o consumo dos aplicativos de

ISSN 1809-3957

relacionamento. As afirmações do questionário foram feitas com base no referencial teórico e nos objetivos de pesquisa.

III. RESULTADOS

Após a aplicação do questionário foram obtidas 126 respostas, das quais foram utilizadas para as análises que se seguem apenas 102. Os questionários preenchidos de forma incompleta foram excluídos das análises.

Do total de respondentes, 40% tinham entre 18 e 30 anos, 37% entre 31 e 45 anos e 23% tinham mais de 45 anos. Perguntou-se qual o grau de escolaridade dos respondentes, e 35% tinham curso superior completo, 34% curso superior incompleto, 18% pós-graduação e 10% mestrado.

Para realizar as análises que se seguem, os respondentes foram divididos em três grupos distintos, a fim de verificar semelhanças e diferenças entre as respostas dadas por eles. O primeiro grupo engloba os homens heterossexuais (HH), o segundo grupo engloba as mulheres heterossexuais (MH) e o terceiro grupo os homens gays (HG). O grupo HH teve 29 respondentes, o grupo MH teve 43 respondentes e o grupo HG teve 30 respondentes. Não foi possível obter quantidade suficiente de respostas de mulheres homossexuais para análise estatística.

Pediu-se para que os respondentes indicassem os aplicativos de relacionamento que utilizavam. Os aplicativos mais utilizados pelo grupo HH são o Tinder (79%) seguido do Happ`n (48%). Para o grupo MH, o aplicativo mais utilizado é o Tinder (67%) seguido do Happ`n (39%) e pelo Badoo (18%). No grupo HG o mais utilizado é o Scruff seguido por Grindr, Hornet e Tinder, todos com aproximadamente 14% de utilização.

Quando perguntados em que momentos os diferentes grupos fazem uso dos aplicativos, as respostas foram similares, 48,2% do grupo HH, 46,5% do MH e 43,3% do HG responderam não ter horário específico de uso. Outro ponto a se destacar é que 48,2% dos respondentes do grupo HH, 41,8% do MH e 23,3% do HG indicam que apenas fazem uso dos aplicativos quando tem tempo disponível. Nenhum respondente do grupo MH respondeu fazer uso dos aplicativos de relacionamento quando querem sexo imediato.

De acordo com as respostas obtidas, em geral, 48,2% dos respondentes do grupo HH e 34% do MH acessam os aplicativos algumas vezes na semana, enquanto 66% do HG os acessam diariamente. Quanto ao local de onde os respondentes acessam os aplicativos, verificou-se que os grupos se comportaram de maneira semelhantes, pois não existe um local específico de acesso para 55,1% dos respondentes do grupo HH, 51,1% do MH e 76% do HG.

Na segunda parte do questionário, pediu-se para que os respondentes atribuíssem uma nota de 1 a 5 relativas à sua preferência em divulgar ou não nos aplicativos algumas informações pessoais, sendo elas nome, foto, peso, altura, idade, estado civil/relacionamento atual, preferencias sexuais e profissão. A nota 1 significa que o usuário não divulga a informação, a nota 2 significa que preferem não divulgar, a 3 que não há relevância em divulgar a informação, a 4 que preferem divulgar e a 5 que divulgam.

Com relação ao nome, foi possível verificar uma diferença entre a média das respostas dos respondentes dos grupos HH e MH e a resposta do HG. A média do grupo HH foi 4,0, do MH foi 3,7 e do HG foi 3,2. Em geral, o nome é uma informação que os respondentes dos grupos HH e MH preferem divulgar, enquanto os do grupo HG preferem não divulgar.

A afirmação sobre a preferência pela divulgação do peso nos aplicativos foi bastante diferente para os três grupos. Para o HH a média foi 3, para a MH a média foi 2,5 e para o HG a média foi 4,6. Desta maneira, os respondentes do grupo HG, em geral, tem preferência por divulgar esta informação, os do grupo MH preferem não divulgar a informação e para os do grupo HH não é relevante divulgar esta informação.

Existe uma homogeneidade na resposta referente a divulgação da foto de perfil para os três grupos diferentes. Os três grupos preferem divulgar a foto, e a média foi 3,8 para o grupo HH, 3,9 para o MH e 3,9 para o HG. A idade também foi algo considerado importante a ser divulgado pelos três grupos. Para todos os grupos a média foi alta. A média do HH foi 4,2, do MH foi 4,2 e do HG foi 4,7. A mediana dos três grupos foi 5. No caso do HH e do HG nenhum respondente atribuiu nota menor que 3 para esta afirmação.

O estado civil também foi algo de grande relevância para ser divulgado pelos três grupos, a média do HH foi 4,6, do MH foi 4,2 e do HG 4,6. A mediana dos três grupos para esta afirmação também foi 5. A preferência sexual também é algo que os indivíduos buscam divulgar, a média para esta afirmação foi 4,4 para o HH, 3,6 para a MH e 4,5 para o HG. A mediana dos três grupos foi 5.

A altura teve uma média de 3,7 para o HH, 3,2 para o MH e 4,7 para o HG. Pode-se observar que a média dos grupos HH e do HG foi maior do que a do grupo MH, porém foi significantemente maior para o HG, mostrando que esta é uma informação que os usuários deste grupo preferem divulgar.

A afirmação referente a divulgação da profissão também teve uma grande variedade para os três grupos distintos. A média para o grupo HH foi 3,7 com mediana 4, a média para o grupo MH foi 3,4 com mediana 4 e a média para o grupo HG foi 2,6 com mediana 2,5. Desta maneira, os respondentes do grupo HG, em geral, preferem não divulgar esta informação, sendo que os valores da média e mediana são mais baixos do que os dos outros dois grupos.

Os respondentes dos três grupos consideram que são sinceros na criação do perfil. A mediana dos três grupos foi 5 e a média foi 4,3 para o HH, 4,6 para o MH e 4,5 para o HG.

Perguntou-se para os indivíduos se eles já haviam criado perfis falsos e quais as motivações para isso. Apenas 6,8% dos respondentes HH relataram já ter criado um perfil falso, e a motivação de um dos respondentes para isso foi o fato de ser casado e para o outro o fato de desejar manter sigilo sobre sua identidade. Para o grupo HG, 26,6% dos respondentes já criaram perfis falsos, destes três relataram terem criado para não serem reconhecidos publicamente, dois para investigar a vida dos outros sem serem percebidos, dois por serem casados e um por diversão. Para o grupo das MH, 6,9% já criaram perfil falso. Duas respondentes criaram para investigar a vida dos outros sem serem percebidas e uma criou o perfil para mostrar ser uma pessoa diferente do que ela é.

Os indivíduos foram questionados sobre quais os principais objetivos na utilização dos aplicativos de relacionamento, e foi pedido para que eles atribuíssem uma nota de 1 a 5 em escala *Likert* para cada uma das afirmações de acordo com o grau de importância de cada uma delas,

ISSN 1809-3957

sendo que 1 significava pouco importante e 5 muito importante.

Perguntou-se a importância relativa da possibilidade de encontrar um parceiro sexual no aplicativo. As respostas dadas pelo grupo HH teve como média 3,5, para o MH a média foi 2,3 e para o HG a média foi 3,9. Pode-se perceber que para o HH e HG o sexo é um fator importante na utilização do aplicativo. O grupo MH teve uma média menor para esta questão, o que indica que o sexo não é um dos principais objetivos na utilização dos aplicativos. A mediana, que é capaz de indicar a distribuição das respostas, foi 4 para o HH, 4,5 para o HG e 2 para o MH.

Os respondentes foram perguntados se a busca por relacionamentos amorosos era um dos objetivos para acessar o aplicativo. A média dos respondentes do grupo HH foi 3,4, do MH foi 3,7 e do HG 3,3. As análises revelam que apesar de as médias serem parecidas, a distribuição das respostas é diferente. Enquanto o HH e MH tiveram uma concentração maior de respostas 3, 4 e 5, o número de respostas 1, 2, 3 e 4 foi similar para o HG. Porém observa-se uma concentração consideravelmente maior de respostas 5 para o grupo HG do que os demais valores.

A afirmação referente a utilização do aplicativo para bater papo com os outros usuários recebeu média de 3,4 para o grupo HH, 3,7 para o MH e 2,8 para o HG. O HG teve uma média menor nesta afirmação e a MH foi maior.

Conhecer pessoas é um objetivo dos três grupos, já que a média do HH foi 4,0, do MH 4,1 e do HG 4,0. A afirmação referente a preferência por utilizar os aplicativos para fazer amizades teve uma resposta similar para os três grupos. A média do grupo HH foi 3,3, do MH 3,2 e do HG 3,1. A afirmação referente ao uso dos aplicativos para servir como passatempo recebeu média de 3,1 para o grupo HH, 3,2 para o MH e 3,2 para o HG. Não foi possível verificar diferenças significativas nos três grupos para essas afirmações, e estes não podem ser considerados os maiores objetivos para o uso dos aplicativos de relacionamento.

Os respondentes foram questionados quanto aos filtros utilizados em suas buscas. Observou-se para os grupos MH e HG que a idade é o principal item para filtrar os outros usuários, sendo que este item foi assinalado como importante para selecionar os outros usuários por 67% e 70% dos respondentes dos dois grupos respectivamente seguidos da proximidade geográfica, sendo assinalada por 53% e 70% dos respondentes dos dois grupos. Já para o grupo HH o principal filtro utilizado é a proximidade geográfica (65%) seguida da idade (58%). Nesta afirmação os usuários poderiam selecionar mais de uma alternativa.

Observou-se que em todos os grupos os relacionamentos virtuais estabelecidos tornaram-se presenciais. Verificou-se que para 31% do grupo HH e 33% do grupo HG e 29% do grupo MH os relacionamentos iniciados através dos aplicativos tornaram-se reais em algumas vezes e para 24% do grupo HH e 23% do grupo HG os relacionamentos tornaram-se reais na maioria das vezes. Para 39% dos respondentes do grupo MH, os relacionamentos se tornaram presenciais poucas vezes.

Para 48% os respondentes do grupo HH, 40% dos do grupo HG e 32% do grupo MH, as expectativas em relação ao outro usuário as vezes se confirmam quando ocorre o encontro presencial.

Na outra etapa do questionário foram realizadas afirmações sobre o que atrai os usuários para o uso dos aplicativos de relacionamento. As respostas foram dadas em escala *Likert*, variando de 1 a 5, sendo que 1 significa não me atrai e 5 significa me atrai muito.

Foi perguntado se a possibilidade de sexo fácil era um dos atrativos para os usuários. O grupo HH teve média 3,3 e mediana 1, o MH teve média 1,7 e mediana 1 e o HG teve média 3,9 e mediana 4,5. Foi possível verificar que para o grupo MH a possibilidade de sexo fácil não é um atrativo para o uso dos aplicativos de relacionamento. Para os HH, este fator é um dos atrativos do uso do aplicativo, porém, a maior de todas as médias encontradas foi atribuída pelo grupo HG, e para este grupo este é um fator que atrai muito para o uso dos aplicativos de relacionamento. A distribuição das respostas foi mais homogênea para o HH e mais concentrada em 4 e 5 para o HG. Existe uma grande diferença na resposta dada pelos homens e pelas mulheres para esta questão.

A afirmação referente a utilização do aplicativo para combater a solidão teve uma média de 3,3 para o grupo HH, 3,4 para o MH e 2,7 para o HG. A resposta do HH foi próxima a do MH. O HG em geral atribuiu números mais baixos para esta afirmação.

Perguntou-se sobre a atração em utilizar os aplicativos para satisfazer desejos imediatos. A média do grupo HH foi 2,8, do MH foi 1,8 e do HG 3,7. Os respondentes do grupo HG são mais atraídos para utilizar os aplicativos a fim de satisfazerem desejos imediatos, tendo respondido em maior parte das vezes o valor 5, os respondentes do grupo MH são pouco atraídos por este fator, tendo respondido na maior parte das vezes o valor 1. O HH possui uma posição intermediária.

A afirmação referente a atração do uso dos aplicativos para ficar olhando ou outros usuários teve, em geral, valores baixos para os três grupos, sendo que a média foi 2,5 para o HH, 2,5 para o MH e 2,4 para o HG. A atração pelo risco de situação desconhecidas também teve médias baixas para os três grupos de usuários, sendo 2,3 para o HH, 1,9 para o MH e 2,5 para o HG.

A possibilidade de trair o parceiro atual foi percebida como pouco atrativa para os três grupos. A média dos HH foi 1,3, da MH foi 1,1 e do HG foi 1,5, a mediana dos três grupos foi 1. Nenhuma mulher atribuiu nota maior do que 3 para esta afirmação.

Perguntou-se se a possibilidade de ficar incógnito era um atrativo no uso do aplicativo. A média para o HH foi 1,7 com mediana 1, para o MH foi 1,9 com mediana 1 e para o HG foi 2,7 com mediana 3. Este não é um atrativo para nenhum dos grupos, porém é um pouco mais atrativo para o HG.

Foram feitas algumas afirmações para verificar as preferencias do consumidor de aplicativos de relacionamento.

Quando perguntado se preferem procurar as pessoas ou serem procurados por elas, os três grupos comportam-se de maneiras distintas. O grupo HH prefere procurar (55%) a ser procurado (45%). Para o grupo HG é indiferente e o grupo MH prefere ser procurado (60%) do que procurar (40%).

Todos os grupos discordam da afirmação “uso os aplicativos para fugir da realidade”, sendo que o percentual de discordância desta afirmação para o grupo HH foi 72%, para o HG foi 73% e para o MH foi 72%.

Quando perguntados sobre o motivo da preferência em se relacionar através dos aplicativos, os respondentes dos três grupos alegaram que o principal motivo é devido ao

ISSN 1809-3957

fato de poder filtrar as pessoas conforme suas preferências. 44% dos respondentes do grupo HH preferem por esse motivo, 53% do grupo HG e 65% do grupo MH. O segundo maior motivo apontado pelos respondentes do grupo HH e MH foi a timidez, sendo que este fator foi assinalado por 34% e 28% respectivamente. Já para o grupo HG o segundo maior motivo é o jogo de sedução com 43% das preferências. Nesta afirmação, e nas duas afirmações seguintes, os respondentes podiam assinalara mais de uma alternativa.

Ao serem perguntados sobre o que mais incomoda na utilização de aplicativos de relacionamento, a afirmação "as pessoas não são sinceras" foi considerado a principal causa de incômodos para 55% do grupo HH e 53% para o grupo HG. Já para 51% do grupo MH o principal fator de incômodo é "ser tratado como mercadoria". Fator de incomodo também para 30% do grupo HG. O segundo fator de incômodo para 34% do grupo HH é a falta de confiança devido a perfis falsos.

Quando perguntado quais os meios de contato são trocados com os indivíduos conhecidos através do aplicativo, os três grupos afirmam trocar Whatsapp, sendo 82% para HH, 96% para o grupo HG e 83% para o grupo MH. O telefone é o segundo meio de contato mais trocado pelos grupos HH (41%) e pelo grupo HG (43%). Já para o grupo MH o segundo meio trocado é o Facebook, com 41%.

Questionados sobre a postagem de fotos com nudes, 79% do grupo HH e 90% do grupo MH afirmam que não enviam nudes, enquanto no grupo HG apenas 13% não enviam. Ainda no grupo HG 56% postam fotos com nudes as vezes, dependendo das pessoas, da conversa ou apenas quando pedem.

Os usuários foram questionados se acreditam nas informações postadas por outros indivíduos. A média do grupo HH para esta questão foi 3, da MH foi 2,8 e do HG 3,1, o que revela que os três grupos não acreditam e nem desacreditam no perfil dos outros usuários.

Para descobrir quais os atributos de perfil mais importantes para se confiar nos outros usuários que utilizam os aplicativos, foram realizadas afirmações para que os usuários atribuíssem uma nota de 1 a 5 para a importância de divulgação pelos outros usuários de determinadas informações no perfil para que haja ou não a confiança nestes.

A foto do perfil é muito importante para que os usuários confiem no outro indivíduo. A média do grupo HH foi 4, do MH foi 3,9 e do HG 4,3. Os três grupos atribuíram alta importância para a divulgação da foto do perfil. A divulgação das informações pessoas também são importantes para a confiança no outro usuário pelos três grupos. A média do HH foi 4,3, do MH foi 4,0 e do HG foi 4,2. A pontuação dos usuários nos aplicativos foi um fator que alguns atribuem maior importância e outros menor. A média do grupo HH foi 3,1, do MH 3,4 e do HG 3,4. Nos três grupos, muitos usuários atribuíram nota 3 nesta afirmação.

A conversa estabelecida com os outros usuários é de extrema importância para os três grupos para o desenvolvimento de confiança no outro usuário. A média dos três grupos foi 4,6 com mediana 5. Esta é considerada a principal razão para que se possa confiara~~a~~ no outro usuário.

A intuição foi algo percebido como importante para confiar nos outros usuários do aplicativo. O grupo HH teve média 4,1, o MH 4,3 e o HG 4,1. Os três grupos atribuíram a intuição como importante no desenvolvimento da confiança.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou compreender melhor a dinâmica desta nova forma de conhecer pessoas através dos aplicativos de relacionamento, as motivações dos indivíduos na utilização destes, o modo de construção de perfis nestes espaços e os critérios para o estabelecimento de confiança entre os usuários que pretendem partir para um relacionamento presencial.

Este trabalho apresentou algumas limitações. Não houve quantidade significativa de respondentes mulheres homossexuais. Este fato pode ter ocorrido devido a não terem sido acessadas ou utilizarem menos este tipo de serviço, pode-se realizar pesquisas para compreender melhor este grupo. Outra limitação do estudo foi o fato dos questionários possuírem questões fechadas, o que impossibilita a compreensão mais aprofundada de motivações e fatores que influenciam a dinâmica de uso dos aplicativos e que não foram contempladas nas afirmações.

Para futuras pesquisas no tema, sugere-se a realização de pesquisas com metodologias qualitativas que busquem a partir das entrevistas com os usuários extrair fatores que influenciam nos usos dos aplicativos e que não estão presentes nas afirmações feitas pelo questionário.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO JUNIOR, S. N.; TRINDADE, E. Análise Sobre a Mediação e a Midiatização do Aplicativo Tinder. **Revista Parágrafo,** São Paulo, v. 2, n. 3, p. 175-183, jul. - dez. 2015. Disponível em: <http://revistaseletronicas.fiamfaam.br/index.php/recicofi/article/view/280>. Acessado em: 15 mai. 2017.

BABBIE, E. **Método de Pesquisa de Survey.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.

BAUMAN, Z. **Amor Líquido:** sobre a fragilidade dos laços humanos. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica.** 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DELA COLETA, A. dos S. M.; DELA COLETA, M. F.; GUIMARAES, J. L. O Amor Pode Ser Virtual? O relacionamento amoroso pela Internet. **Psicol. estud.**, Maringá , v. 13, n. 2, p. 277-285, jun. 2008 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-73722008000200010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 mai. 2017.

HAIR, J. F. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

OLIVEIRA, R. S. de; CORRÊA DE BARROS, B. M.; GOULART, G. M. As Tecnologias da Informação e Comunicação na (Des)construção das Relações Humanas Contemporâneas: implicações do uso do aplicativo Tinder. **Revista Brasileira de Direito**, Passo Fundo, v. 12, n. 1, p. 88-99, jun. 2016. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/revistadedireito/article/view/919>. Acessado em: 15 mai. 2017.

PADILHA, F. Isto Não é um Manual de Instruções: notas sobre a construção e consumo de perfis em três redes

ISSN 1809-3957

geosociais voltadas ao público gay. **Revista NORUS – Novos Rumos Sociológicos**, Pelotas, v. 3, n. 3, p. 72-104, jan. – jun. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpel .edu.br/ojs2/index.php/NORUS/article/view/6365>. Acessado em: 15 mai. 2017.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social:** Métodos e técnicas. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2012.

SILVA, S. P. da. Considerações Sobre o Relacionamento Amoroso Entre Adolescentes. **Cad. CEDES**, Campinas, v. 22, n. 57, p. 23-43, ago. 2002 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S 0101-32622002000200003&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 15 mai. 2017.

SMEHA, L. N.; OLIVEIRA, M. V. de. Os Relacionamentos Amorosos na Contemporaneidade Sobre a Óptica dos Jovens. **Revista Psicologia - Teoria e Prática**, São Paulo, v. 15, n.2, pp. 33 – 45, mai. – ago. 2013. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/ptp/article/vi ew/4298>. Acessado em: 15 mai. 2017.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

TERCEIRIZAÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS NA TERCEIRIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DE ENTREGA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS NA CIDADE DE PORTO VELHO/RO

THIRD: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN THE THIRD PARTY LOGISTICS OF THE DELIVERY OF FOOD PRODUCTS IN THE CITY OF PORTO VELHO / RO

SÂMIA DE OLIVEIRA BRITO FREIRE[1]; GISELE AMARAL CINTRA PEDROSO[1]; KENNY ABIORANA DURAN3[1]; SELENA CASTIEL GUALBERTO[1]; ROBERCY M. DA MATTA NETO[1]
1 – FARO;
prof.samiabrito@gmail.com, giselecintra00@gmail.com, professorkenny@hotmail.com, selenacastiel@hotmail.com, robercy@gmail.com

Resumo - A Logística desempenha funções essenciais para o êxito competitivo das empresas, a fim de promover o melhor nível de rentabilidade aos clientes e consumidores. O transporte como parte do processo logístico é importante para a comercialização e movimentação do produto, e é responsável por grande parte dos custos. Embora o nível de gasto tenha diminuído com o passar dos anos com a implementação de planejamentos, mapeamento, práticas operacionais, veículos mais eficientes e econômicos, ainda existe muito a ser corrigido. Uma opção encontrada é terceirizar essa atividade dentro das empresas que não tem o transporte como atividade primaria. Dentre deste contexto o objetivo é demonstrar a atividade de logística executada por um centro de distribuição para os produtos alimentícios, como foco de pesquisa se elegeu empresas no município de Porto Velho para entender se utilizam ou não dessa atividade terceirizada.

Palavras chave: logística, transporte, distribuição, terceirização.

Abstract - Logistics performs the functions essential to the competitive success of companies in order to promote the best level of profitability to customers and consumers. Transportation as part of the logistics process is important for marketing and handling of the product, and is responsible for a large part of the costs. Although the level of spending has declined over the years with an implementation of planning, mapping, operational practices, efficient and economical vehicles, there is still much to be addressed. An answer found in outsourcing their activity within companies that do not have transportation as primary activity. Within this context and the objective is to demonstrate a logistics activity performed by a distribution center for food products, as a focus of research by companies that are not Porto municipality.

Keywords: logistics, transportation, distribution, outsourcing.

I. INTRODUÇÃO

Para falar em Logística precisa-se inicialmente conceituar a Administração, esta ciência surgiu há séculos e possui um papel essencial na vida das empresas possibilitando alcançar as metas desejadas, sucesso e vantagem competitiva. Segundo Chiavenato (2004, p.3), A palavra administração significa a função que se desenvolve sob o comando de outro, um serviço que se presta a outro, ou seja, tem como objetivo interpretar as metas da empresa e colocar em prática para que haja um resultado satisfatório. Com o decorrer do tempo surgiu a TA (Teoria da Administração). Segundo Chiavenato (2004, p.8), A história da TA é bastante recente e tem o seu início no começo deste século.

Entre os setores da administração está a Logística, a qual desempenha funções essenciais para o êxito competitivo. A logística empresarial estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade aos clientes e consumidores, através de planejamentos, organização e controle efetivo para as atividades de movimentos e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos. (BALLOU, 2012, p.17).

Segundo Ballou (2012, p.78), é dever de o setor logístico aperfeiçoar o processo de adaptar as novas tendências, por este motivo a logística deve sempre planejar e ter uma visão empresarial futura. No entanto derivado da Logística está o Transporte, que aponta a importância do processo de logística demonstrando as melhores formas e funcionamento desse processo. De certa forma desenvolvendo uma discrição básica do setor que envolve toda a problemática, transporte, distribuição, terceirização, que engloba o contexto geral.

Na concepção de Silveira et al (2002, p. 50), a terceirização está deixando de ser simplesmente a compra de serviços. Essas mudanças proporcionam uma revisão nos conceitos adotados sobre terceirização, sugerindo, inclusive, que os modelos utilizados também sejam revistos, pois passa a surgir "a soma de partes para complementação do todo", no sentido de unir o capital intelectual do pessoal interno com o do externo, formando uma rede de intelectos que poderá contribuir para a consolidação do sucesso empresarial. Estes autores passam a intitular essa nova forma de trabalho como a terceirização plena ou transferência de atividades e tecnologias.

Dentre deste contexto o objetivo é demonstrar a atividade de logística executada por centro de distribuição para os produtos alimentícios, como foco de pesquisa se elegeu empresas no município de Porto Velho.

ISSN 1809-3957

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fundamentos da administração

A Administração faz parte de nossas vidas. Surgiu como teoria no início do século XX e se tornou fator principal de estudos, tendo como base seus princípios e funcionalidades dentro das Organizações (SEBASTIÃO, 2007).

O mundo atual é uma sociedade institucionalizada e composta de organizações. Todas as atividades voltadas para a produção de bens (produtos) ou para a prestação de serviços (atividades especializadas) são planejadas, organizadas, dirigidas e controladas dentro de organizações. (CHIAVENATO, 2004, p. 1)

Administração é a coordenação do trabalho das pessoas e dos recursos materiais, colocados à disposição da organização, para que seus objetivos sejam alcançados, com eficácia e eficiência (WERNECK, 2005).

> Com a evolução dos estudos e da teoria da Administração as atividades administrativas se dividiram em diversos setores. Entre estes setores está a Logística, a qual desempenha funções essenciais para o êxito competitivo. A logística empresarial estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade aos clientes e consumidores, através de planejamentos, organização e controle efetivo para as atividades de movimentos e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos. (BALLOU, 2012, p.17)

A logística enquadra as demais atividades citadas, porém seu objetivo não é gerar lucros e sim diminuir custos, fazendo com que o cliente e consumidor adquiram o produto e serviços na hora e local certos na condição física desejada com o menor custo possível. Um grande desafio para as empresas é se adaptarem as grandes mudanças e inovações tecnológicas, disponibilidade de recursos, legislação e economia.

Para Novaes (2007 p.36), logística é o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor. (NOVAES 2007, p.36 apud FERREIRA et al, 2014 p.15).

De acordo com Oliveira (2015), a logística se enfatizou na Segunda Guerra Mundial tendo grande utilidade para as forças armadas americanas com o fornecimento de materiais para atender os objetivos de combate, logo após a segunda guerra mundial, era necessária a reconstrução dos países europeus destruídos, exatamente na época em que foi aplicada a "produção em massa" de Henry Ford. Esta concepção foi a chave para que a logística se enquadrasse no campo industrial.

A logística das empresas, até os anos 1950, estava voltada apenas para as atividades de transporte e armazenagem. Nas décadas seguintes esse quadro começa a mudar, as empresas começam a perceber a importância da distribuição física dos produtos. Mas, é somente após a década de 1970 que a logística começa a acumular novas funções. Atualmente percebe-se a evolução da logística desde seus primórdios. Surgiu como uma atividade facilitadora de trocas entre aldeias passou pela estratégia militar, definindo confrontos ao longo da história e finalmente aflorando no ambiente organizacional das empresas como fronteira de desenvolvimento competitivo empresarial (OLIVEIRA, 2015).

2.2. Logística

O termo "logístico" vem despertando a curiosidade de estudiosos ao longo dos anos, quando passou a ter significados mais abrangentes. Para Cavanha Filho (2001), logística pode ser como parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla o eficiente efetivo fluxo e estocagem de bens e serviços e informações relacionadas, do ponto de origem ao ponto de consumo, visando atender aos requisitos dos consumidores.

> O conceito de logística foi utilizado na década de 40 pelos militares americanos na Segunda Guerra Mundial e tratava de coordenar todo o processo de aquisição e fornecimento de materiais durante a guerra. (CHING, 1999, p.20).

De acordo com Ballou (2012), que setor não há uma nomeação única parra identifica-lo, como acontece com alguns setores como marketing e produção. Muitas vezes a área é representada por nomes como transportes, distribuição, administração de materiais e operações. Porém o título considerado por estes autores como o título do futuro é "Logística Empresarial".

Conforme Ching (1999) "[...] logística trata do gerenciamento do fluxo de materiais que começa com a fonte de fornecimentos e entende-se até o consumidor final". Já Viana (2000, p.3) "[...] considera logística como uma operação integrada que cuida de suprimentos e distribuição de produtos de forma racionalizada, planejando, coordenando e executando todo o processo, visando a diminuição de custos e o aumento da competitividade". Enquanto Dornier (2000, p.12) defende que "[...] logística é a gestão de fluxos entre funções de negócio. Para ele, logística não trata apenas da simples entrada de matérias-primas ou fluxo de saída de produtos acabados, mas sim, engloba uma maior amplitude de fluxos, incluindo todas as formas de movimentos de produtos e informações".

> A logística empresarial trata todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria prima até o ponto de consumo final. Assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com propósito de providenciar níveis de serviço adequados, aos clientes a custo razoável. (BALLOU 2001.p.26).

Dornier (2000, p.12) lembra ainda que [...] "logística é em essência, fornecer um serviço. Independentemente dos produtos com que uma empresa trabalhe, sejam de consumo ou industriais".

Para Ballou (2001) a logística sempre faz parte das atividades das empresas, porém muitas de suas atividades típicas eram desempenhadas por outros setores da firma. As áreas de produção e marketing absorviam as funções da logística, porém com a reorganização após o incremento da filosofia de logística na empresa, passou-se a uma divisão de funções.

> São desenvolvidas rotinas de venda, processamento de pedidos e carregamento e entrega das

ISSN 1809-3957

> mercadorias objetivamente para esta área, tudo ao que se refere à pretensão de estudos do estudo e custos gerados pela deficiência nas vias de tráfego, levando as empresas a tomarem decisões ágeis em nível acelerado na prestação de serviços aos seus clientes, a logística exerce um papel fundamental, pois a garantia de vantagem competitiva quando percebida como tal pelas empresas do ramo. (CHING, 1999, p.22-23).

O custo e desempenho da logística trazem grandes impactos para as empresas nos negócios, tendo grande influência no preço final do produto, dentre estes custos podem se destacar os custos de armazenagem, custo de estoque e custo de existência, custo com processamento de encomenda e custo com transporte. No gerenciamento da logística a missão importante é a entrega do produto no tempo certo para a satisfação do cliente, pois é o mesmo que tem o recurso financeiro que é aplicado no processo. Por isso, saber gerir esses custos pode ser crucial para a sobrevivência da empresa. (RICARTE, 2002,p.17)

Dentre os itens citados, podemos destacar também os custos com a qualidade do produto, com a inspeção, investigação por reclamação de clientes, devolução em garantia do produto, estudo de mercado para a previsão do consumo do produto. Conforme o exposto por Bowersox e Closs (2001), para ser eficiente, um sistema logístico deve atingir certo nível em cada fornecedor do serviço prestado.

2.3 Conceitos de Transporte

Segundo Ballou (2001), a seleção de um modal de transporte pode ser usada para criar uma vantagem competitiva do serviço. É relevante entender o funcionamento dos transportes utilizados para os de produtos. Os modais mais utilizados são, ferroviário, hidroviário, aeroviário e rodoviário.

O transporte rodoviário que é o mais utilizado no território brasileiro, o modal que alcança praticamente todos os pontos da federação nacional e o mais utilizado para produtos acabados e semiacabados, de curtas e longas distancias, apresenta o preço de frete mais elevado dos demais modais, perdendo somente para o aeroviário.

De acordo com Keedi (2004), os veículos rodoviários utilizados são os caminhões, carretas, treminhões, podendo ser dos mais diferentes tipos, desde fechados até totalmente abertos, os chamados trailers ou plataforma para transporte de containers e cargas pesadas ou que exercem em altura e largura. A acessibilidade do transporte rodoviário é seu ponto forte, pois está sempre disponível, para atendimentos urgentes.

As vias de tráfego dos veículos rodoviários é a primeira das variáveis, pois a mesma engloba toda a infraestrutura fixa dedicada a movimentação de produtos. Para Caixeta Filho e Martins (2001), "[...] a opção para conceder as rodovias à exploração pelo setor privado justifica-se essencialmente por uma mudança de paradigma sobre o papel do Estado na provisão de serviços econômicos. A rede viária inclui fatores determinantes que são: classificação de vias formais, via arterial, ruas de acesso, distancias de tempo de viagens, detalhe de controle de tráfego, restrições no tráfego, como altura peso e tamanho, largura e pavimentação da pista. "

Para Ballou (2012), um problema de rota também pode envolver múltiplas origens de destinos, dessa forma deve ser observado as restrições da capacidade de suprimentos nos pontos de origem a necessidades prioritárias da entrega dos produtos nos destinos, assim como outros associados aos diversos caminhos possíveis.

A tomada de decisão no setor de transporte requer disponibilidade de informação e funcionários capacitados para processa essas informações assim atendendo as necessidades funcionais e estratégicas do transporte de produtos. A informação é proporcionada por grande variedade de documentação, o uso e análise desses dados são de responsabilidades de vários membros do setor de transporte. (BALLOU, 2001, p.10)

2.4 Terceirizações de serviço

Na era da globalização, muitas organizações estão desenvolvendo a tendência de trabalhar em cooperação com outras empresas para tornarem-se mais ágeis a fim de enfrentara competitividade. Pode-se dizer que o produto deixa de ser feito apenas por uma empresa e passa a ser feito por várias empresas (TIEPPO, 2011).

A terceirização é um modelo de prestação de serviço que tem como objetivo fazer determinadas atividades consideradas não estratégicas com custo menor do que seria feito internamente pelas empresas, podendo transferir para terceiros, especialistas e pessoas experientes. A ideia básica é terceirizar aquilo que não deve fazer parte do negócio principal da empresa. Constitui, portanto, uma ferramenta de gestão que proporciona às empresas a oportunidade de se concentrarem no seu foco, encontrando parceiros especialistas nas atividades que estão sendo terceirizadas (TIEPPO, 2011).

Na concepção de Silveira et al (2002, p. 50), a terceirização está deixando de ser simplesmente a compra de serviços. Essas mudanças proporcionam uma revisão nos conceitos adotados sobre terceirização, sugerindo, inclusive, que os modelos utilizados também sejam revistos, pois passa a surgir "a soma de partes para complementação do todo", no sentido de unir o capital intelectual do pessoal interno com o do externo, formando uma rede de intelectos que poderá contribuir para a consolidação do sucesso empresarial. Estes autores passam a intitular essa nova forma de trabalho como a terceirização plena ou transferência de atividades e tecnologias.

Seu objetivo, ainda de acordo com Silveira et al (2002, p. 50), é caracterizar um processo que se diferencia pelo surgimento de uma efetiva parceria empresarial, deixando de lado a simples prestação de serviço. Neste novo conceito que surge da "necessidade de descentralização da execução da atividade de produção", se pressupõe a transferência de parte ou da totalidade de atividades que antes eram executadas de maneira direta pela empresa, fazendo surgir a "fábrica dentro da fábrica".

Ainda, pode ser compreendido como um "contrato de parceria empresarial pro resultado, no qual o novo parceiro assume com integral responsabilidade o processo produtivo no seu todo ou em parte" (SILVEIRA et al, 2002, p. 50).

> Terceirizar não significa que as atividades repassadas a terceiros devam ser abandonadas. As empresas que optam em trabalhar com a terceirização devem estabelecer rotinas de acompanhamento de seus prestadores de serviços, tanto em relação à qualidade do serviço/produto, quanto das novas tecnologias que podem ser ofertadas. Apesar da racionalização de custos, não devem deixar de ter certeza sobre a idoneidade do

ISSN 1809-3957

> parceiro, que deve cumprir, na íntegra, as questões legais. Com efeito, a ação de empresas em processo de terceirização repousa no fato de que a economia de escala, acurva de experiência e a utilização de métodos mais modernos e produtivos podem possibilitar ao terceiro a otimização econômica dos processos e a melhoria da qualidade do produto ou serviço fornecido ao tomador (GIRARDI, 2008, p. 28).

De acordo com Tieppo (2011), a terceirização pode ser classificada de diferentes formas:

a) desverticalização – é uma das formas mais comum e antiga da terceirização e por isso mesmo a mais amplamente utilizada pelas empresas. Consiste na aquisição de matéria prima e insumos industrializados por terceiros, para compor o produto final da empresa.

b) prestação de serviços – é quando o terceiro executa seu trabalho nas instalações do tomador de serviços, ou onde for determinado, intervindo na atividade-meio do tomador. Esta forma de terceirização está em plena evolução.

c) franquia – a empresa concede a utilização de sua marca a terceiros que em condições previamente estabelecidas, comercializam os seus produtos ou serviços.

d) compra de serviços – as empresas buscam especialistas que deverão manipular certos materiais de acordo com determinadas especificações técnicas.

e) nomeação de representantes – a empresa contrata profissionais especializados que atuam como preposto no mercado, vendendo produtos ou prestando serviços.

f) concessão – é quando uma empresa atua em nome da outra, que cede sua marca desde que sejam obedecidas determinadas condições para comercialização dos seus produtos.

2.5 Terceirizações de transporte

Na iniciativa privada, o método de contratar terceiros, segundo Leiria &Saratt (1995, p.22), surgiu nos Estados Unidos antes da Segunda Guerra Mundial e consolidou-se como técnica de administração empresarial a partir da década de 50 com o desenvolvimento acelerado da indústria.

No Brasil, conforme Queiroz (1998, p.63) a terceirização foi gradativamente implantada com a vinda das primeiras empresas multinacionais, principalmente as automobilísticas no início da década de 80.

Essas fábricas adquiriam as peças de outras empresas, guardando para si a atividade fundamental de montagens de veículos.

Aproximadamente por volta 1989, a terceirização era conhecida como contratação de serviços de terceiros e vinha sendo aplicada apenas para reduzir custo de mão-de-obra. As empresas utilizavam-se desse recurso simplesmente para obter algumas economias em gerar ganho de qualidade, eficiência, especialização, eficácia e produtividade (IMHOFF, 2005).

As pequenas e médias empresas mais ágeis, e percebendo o momento de mudança, aproveitaram-se da situação e começaram a conquistar parcelas significativas do mercado. Mas logo, as grandes organizações tiveram que, neste momento, buscar novas saídas que as colocassem novamente no mercado de forma competitiva (IMHOFF, 2005).

> A partir daí, passou-se a transferir para terceiros a incumbência pela execução das atividades secundárias. Surge então o outsourcing, expressão em inglês, que significa terceirização, referenciado sempre pela concepção estratégica de implementação (GIOSA 1997, p.13).

Para o estudo do tema terceirização é preciso se reportar aos conceitos de emprego e empregador para que se elabore exclusão, os limites jurídicos trabalhistas da chamada relação.

No entanto a terceirização tem sido definida como sendo um processo planejado de transferência de atividades delegadas para terceiros (empresas tercerizantes ou contratada), ficando a empresa concentrada apenas em tarefas essencialmente ligadas ao negócio em que atua (IMHOFF, 2005).

Visando à melhoria na competitividade e, consequentemente, em sua oportunidade global, as empresas devem aceitar o desafio de estar sempre um pouco mais à frente das expectativas de seus clientes, no que respeita ao desenho, produção e entrega do novo produto no menor tempo, condições que devem estar enquadradas em padrões de alta qualidade e baixos custos, de tal forma que esse conjunto de habilidades permita às empresas diferenciar-se de seus concorrentes (GONZALES, 2002).

As empresas têm identificado no fornecimento e na logística dois meios para satisfazer de uma maneira fácil as necessidades de seus clientes. Com isso tem surgido o que na literatura acadêmica se conhece como Gerenciamento da *Supply Chain* Integrada.

> O conceito de *supply chain* representa, na literatura tradicional, a fileira de empresas que devem ser abastecidas (outbound). Na década de 70, a abordagem caracterizava-se por um fluxo inbound. Isso incluía atividades tais como consolidação, obtenção dos produtos de distribuidores mais do que de produtores, e outras atividades programadas para racionalizar e reduzir os custos totais e manter a qualidade (GONZALES, 2002. p.03).

Pesquisa realizada no Panorama CEL/Coppead 2003, sobre terceirização logística atesta que, em 2003, os gastos logísticos das 500 maiores empresas industriais com operações no Brasil superaram a marca de R$ 39 bilhões.

Significando que, em média, para cada R$ 1,00 faturado, cerca de sete centavos são destinados ao custeio das operações logísticas. Em 2005 esta relação aumentou, passando para 7,5% da receita líquida.

Evidentemente, esta participação varia quando são realizadas comparações entre diferentes empresas e setores. Contudo, mais de 54% das companhias participantes do Panorama CEL 2006 sobre custos logísticos afirmaram gastar o equivalente a mais de 5% do faturamento no custeio das atividades logísticas. Em suma, a logística no Brasil é um negócio de grandes proporções, respondendo por um montante estimado em mais de R$ 225 bilhões ao ano.

Dados da pesquisa indicam que, entre 1998 e 2003, o índice de terceirização logística saltou de 41% para 60%, um crescimento relativo de 47%num período de cinco anos. Como pode ser observado na Figura 2, o estágio de terceirização não é uniforme quando comparados os tipos de atividades logísticas. Enquanto as atividades básicas apresentam 92% de terceirização, nas intermediárias o índice é de 45% e, nas sofisticadas, de apenas 31%, ou seja,

ISSN 1809-3957

a terceirização logística no Brasil está fortemente baseada em atividades de transporte e desembaraço aduaneiro.

A atividade terceirizada com mais frequência é o transporte, que é delegado totalmente ou parcialmente a terceiros por 97% dos embarcadores que atuam no país. Dentre os motivos para este elevado nível de terceirização, deve-se considerar a grande oferta de transporte rodoviário, predominante na matriz de transporte brasileira, e os baixos preços que, em média, são insuficientes para cobrir o custo real dos transportadores. Some-se a isto o desejo dos embarcadores de reduzir o capital investido em ativos e, assim, obter maior rentabilidade do capital envolvido na operação (LACERDA, 2004).

Tem-se, portanto, que a atividade de transporte não apenas representa aparcela mais significativa dos custos logísticos no Brasil, como também é a mais terceirizada. Considerando a representatividade do modal rodoviário em nossa matriz, não se pode ignorar a complexidade adicionada ao processo de terceirização em função da grande oferta de potenciais fornecedores e do baixíssimo nível de regulamentação do setor. Por tudo isso, torna-se evidente a importância de estruturar o modelo de terceirização da atividade de transporte, ou seja, definir a estratégia de terceirização a ser aplicada (RAZZAQUE, 1998).

Após a realização de análises criteriosas das opções de fazer ou comprar, ou seja, desenvolver internamente a capacidade de gerenciar e executar a atividade de transporte versus contratar um provedor de serviços logísticos (PSL), muitas empresas iniciam o processo de terceirização logística fazendo uso de uma sequência estruturada de procedimentos de seleção de PSLs (GONZALES, 2002).

A necessidade deste processo estruturado é crescente, em função de três grandes motivadores: complexidade e relevância das atividades logísticas para o negócio, maior visibilidade dos processos de compra e contratação em geral e o dinamismo do mercado de PSLs. Desta forma, o caminho percorrido pela maioria das empresas se inicia com a decisão de terceirização, seguida pela seleção, que compreende basicamente um longlist inicial de candidatas, RFI (Request forInformation), RFP (Request for Proposal) e/ou RFQ (Request for Quotation) e etapas subsequentes de negociação e contratação (ABRAHÃO, 1998).

2.6 Vantagens das terceirizações para as organizações

No entanto a terceirização tem sido definida como sendo um processo planejado de transferência de atividades delegadas para terceiros (empresas terceirizante ou contratada), ficando a empresa concentrada apenas em tarefas essencialmente ligadas ao negócio em que atua (MARTINS, 2001).

No entanto a terceirização tem sido definida como sendo um processo planejado de transferência de atividades delegadas para terceiros (empresas terceirizante ou contratada), ficando a empresa concentrada apenas em tarefas essencialmente ligadas ao negócio em que atua (IMHOFF, 2005).

> A terceirização "consiste a terceirização na possibilidade de contratar terceiro para a realização de atividades que não constituem o objeto principal da empresa". Essa contratação pode envolver tanto a produção de bens como serviços, como ocorre na necessidade de contratação de serviços de limpeza de vigilância ou até de serviços temporários (MARTINS, 2001, p.23).

A terceirização como qualquer modelo de gestão apresenta vantagens e desvantagens para a empresa e devem ser levadas em consideração e muito bem analisadas (IMHOFF, 2005).

Segundo Martins (2001, p.42), a principal vantagem sob o aspecto administrativo, seria a de se ter alternativa para melhorar a qualidade o produto ou serviço vendido e também a produtividade. Seria uma forma também de se obter um controle de qualidade total dentro da empresa, sendo que um dos objetivos básicos dos administradores é a diminuição de encargos trabalhistas e previdenciários, além da redução do preço final do produto ou serviço.

Adotando a terceirização, a empresa poderá concentrar seus recursos e esforços na sua própria área produtiva, na área em que é especializada, melhorando a qualidade do produto e sua competitividade no mercado.

Com isso, pretende-se uma redução de custos, principalmente dos custos fixos, transformando-os em variáveis, e aumentando os lucros da empresa, gerando eficiência e eficácia em suas ações, além de economia de escala, com a eliminação de desperdícios. Haverá diminuição do espaço ocupado na empresa, atividades que antes lhe pertenciam foram terceirizadas, não só de pessoal como de material, ocorrerá a criação de empregos na terceirizada, um aperfeiçoamento de mão-de-obra, distribuição de rendas entre os participantes do processo, concentração de esforços na atividade-fim da empresa, especialização no serviço, concorrência e produtividade para todo o mercado. A terceirização ao gerar novas empresas, gera também novos empregos, e, em contrapartida, aumento de arrecadação de impostos na área de serviços (IMHOFF, 2005).

Aquele que pretende terceirizar uma atividade de sua empresa deve acima de tudo buscar qualidade, para que a relação dê certa, deve-se ter confiança no parceiro, tendo em vista à necessidade de se fazer a escolha correta na hora de terceirizar.

2.7 Desvantagens das terceirizações para as organizações

O fato de o embarcador passar a delegar à transportadora a detenção de ativos, informações-chave e know-how pode ser considerado um foco de risco em virtude da formação de um quadro de dependência excessiva com relação ao PSL, o que gera um alto custo de mudança e, assim, perda do poder de barganha por parte do embarcador. Os riscos são ampliados pela possibilidade do desenvolvimento de um comportamento oportunista por parte do PSL. Por conhecer a operação e já ter desenvolvido as capacitações para fazê-la, a transportadora pode acreditar que possui uma posição de vantagem sobre a concorrência, assumindo uma postura menos comprometida e eficiente (ABRAHÃO, 1998).

Um caso em que esta configuração foi aplicada com sucesso foi a prestação de serviços logísticos, inclusive transporte, pela Rapidão Cometa para a operação de distribuição de celulares para a Oi! – braço de telefonia móvel do grupo Telemar. Neste caso, as empresas estruturaram o relacionamento com apoio de SLA (Service Level Agreement) e metas anuais de redução de custo (LACERDA, 2004).

ISSN 1809-3957

Outros setores, como a distribuição urbana de jornais e revistas e serviços logísticos de instituições financeiras, ainda não atingiram o mesmo grau de maturidade do setor de eletroeletrônicos, dificultando a adoção de um único PSL.

Em casos desta natureza, o fomento da concorrência através da manutenção demais de um PSL em operações equivalentes auxilia no controle do risco de dependência. E a utilização de indicadores de performance é fundamental no papel de viabilizar a comparação coerente entre PSLs e, mais importante, na identificação das causas de falhas, promovendo a aceleração mútua da curva de aprendizado (RAZZAQUE, 1998).

Como desvantagens para o trabalhador, pode-se indicar a perda do emprego, no qual tinha remuneração certa por mês, passando a incerta, além da perda dos benefícios sociais decorrentes do contrato de trabalho e das normas coletivas da categoria e também o custo das demissões que ocorrem na fase inicial (IMHOFF, 2005).

Um dos principais riscos da terceirização é contratar empresas inadequadas para realizar os serviços, sem competência e idoneidade financeira, pois poderão advir problemas principalmente de natureza trabalhista. Outro risco é o de pensar a terceirização apenas como forma de reduzir custos, se esse objetivo não for alcançado, ou no final a terceirização não der certo, implicará no desprestígio de todo o processo. Martins (2001,p.46).

III. METODOLOGIA

A presente pesquisa é um estudo descritivo, quantitativa de campo. De acordo com Manzato (2016) estudos descritivos trata-se do estudo e da descrição das características. Comumente se incluem nesta modalidade os estudos que visam identificar as representações sociais e o perfil de indivíduos e grupos, como também os estudos que visam identificar estruturas, formas, funções e conteúdos.

Através do questionário de vantagem e desvantagem na terceirização da logística de entrega de produtos alimentícios na cidade de Porto Velho/RO, será possível se verificar a viabilidade da terceirização de entrega. A coleta de dados foi realizada no período de novembro a dezembro de 2016.

IV. ANÁLISES DOS RESULTADOS

A análise da pesquisa tem como objetivo de verificar a vantagem e a desvantagem na terceirização da logística de entrega de produtos alimentícios na cidade de Porto Velho. Foram pesquisadas sete empresas do ramo de lógicas da cidade de Porto Velho do Estado de Rondônia.

Foi elaborado um questionamento com a estratégia de buscar informações relevantes sobre a pesquisa do serviço de transporte de alimentos da região de Porto Velho. Abaixo estão os dados pesquisados.

Na primeira questão buscou-se verificar, dentre aqueles que se utilizaram da terceirização dos serviços de transporte, se houve redução dos custos do quadro de colaboradores pelo fato de não precisar de motoristas e entregadores contratados, e assim o terceirizado assume toda essa contratação, como é possível verificar houve uma redução direta no custo, onde maior parte das sete empresas entrevistadas perceberam como vantajoso.

Na segunda análise, a terceirização entra com sua frota, e assim o contratante não precisa ter frota própria de caminhões e automóveis nessa área, assim o contratado assume todas as despesas de combustível para manter frota em atendimento ao contrato, neste caso o consumo direto de combustível, dentro das 0sete empresas analisadas, o resultado mostrou percentual maior de não analise das empresas quanto a esse critério, porém 0três das 0sete empresas que tiveram esse empenho e disposição para analise afirmam que sim, é vantajoso o pagamento a empresa terceirizada. Imhoff (2005) afirma que com a terceirização, pretende-se uma redução de custos, principalmente dos custos fixos, transformando-os em variáveis, e aumentando os lucros da empresa, gerando eficiência e eficácia em suas ações, além de economia de escala, com a eliminação de desperdícios.

Para ter uma equipe preparada temos um custo com treinamentos motivacionais, técnicos, relacionamento e outros mais, de acordo com o passar de toda essa responsabilidade para o terceirizado treinar o seu próprio time aos modos do contratante e repassar esses custos na cobrança de seus serviços é vantajoso, mas falta critério de análise. Observou que três empresas nunca analisaram esse quesito, 2 considerou vantajoso, 2 alegou uma simples redução. Para Baloou (1993), muitas de suas atividades típicas eram desempenhadas por outros setores da firma. As áreas de produção e marketing absorviam as funções da logística, porém com a reorganização após o incremento da filosofia de logística na empresa, passou-se a uma divisão de funções.

Quando se confronta no resultado final: Entrega Própria versus Entrega Terceirizada, o resultado foi empate. Observou que três das empresas não analisaram este quesito, enquanto três delas acharam vantajoso a entrega terceirizada. De acordo com Lacerda (2004) a atividade terceirizada com mais freqüência é o transporte, que é delegado totalmente ou parcialmente a terceiros por 97% dos embarcadores que atuam no país. Dentre os motivos para este elevado nível de terceirização, deve-se considerar a grande oferta de transporte rodoviário, predominante na matriz de transporte brasileira, e os baixos preços que, em média, são insuficientes para cobrir o custo real dos transportadores. Some-se a isto o desejo dos embarcadores de reduzir o capital investido em ativos e, assim, obter maior rentabilidade do capital envolvido na operação.

Sabe-se que o bem mais valioso da nossa empresa é o cliente, e cultivamos esse patrimônio a cada dia como se fosse uma planta que precisa ser regrada, com relacionamento diário, abordagem, nosso tratamento é decisivo para zelar por essa relação, assim o custo para sair da entrega própria e passar para terceirizada gera algum prejuízo direto com cliente. quatro empresas afirmaram que possuem prejuízo ao realizarem a terceirização, três não viu prejuízo e quatro não foi analisado.Razzaque (1998) alega que a atividade de transporte não apenas representa aparcela mais significativa dos custos logísticos no Brasil, como também é a mais terceirizada, assim observando a viabilidade econômica para a empresa que solicita o serviço.

Outra preocupação nesse momento de terceirização é a queda nas vendas, por conta das pessoas envolvidas na entrega não responderem direto pela compra, visto que a empresa terceirizada não é obrigada a falar em nome do contratante, e está ali apenas para entregar compra. Conforme a entrevista uma empresa observou queda nas

ISSN 1809-3957

vendas, uma não teve diminuição das vendas e 5 não analisaram o quesito. Abrahão (1998) registrou que a necessidade deste processo estruturado é crescente, em função de três grandes motivadores: complexidade e relevância das atividades logísticas para o negócio, maior visibilidade dos processos de compra e contratação em geral e o dinamismo do mercado. Desta forma, o caminho percorrido pela maioria das empresas se inicia com a decisão de terceirização, seguida pela seleção, que compreende basicamente um longlist inicial de candidatas, RFI (Request forInformation), RFP (Request for Proposal) e/ou RFQ (Request for Quotation) e etapas subseqüentes de negociação e contratação, dessa forma comprovando que não houve queda nas vendas, que pelo contrário a terceirização tem funcionado com perfeição.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o trabalho realizado verificou-se que a terceirização é viável em região onde o comércio é mais amplo, sólido e eficaz, dependendo da estrutura da cidade e do fluxo comercial que gira na mesma, dessa forma, se vê empresas que oferecem esse serviço, se sentem à vontade para investir nessa atividade e oferecer o que o mercado exige de forma segura e confiável aos olhos dos clientes.

Agora avaliando a região em Rondônia, não possui viabilidade devida ser estruturas de pequeno porte, comércio instável, pouca indústria, assim está se utilizando frotas próprias, por conta dessa instabilidade não se tem empresas adequadas e nem preparadas para ofertar serviço de terceirização e atender as exigências de seus clientes em longo prazo.

Visto que para essas empresas se instalarem em nosso estado, demanda de um investimento, e também seu retorno financeiro será consumado ao passar de anos, assim essa fragilidade do nosso comercio e da indústria ainda não atrai investidores que possam ofertar esse serviço, por conta do risco de fracasso no meio de um financiamento, e amargar um prejuízo e não honrar os compromissos. Mesmo com alguns empresários locais precisando desse serviço, ainda sim a instabilidade da nossa região inibe esse negócio.

Ficou muito claro, que somente a falta de oferta desse serviço em Porto Velho não faz viável esse serviço de terceirização, pois todo o cliente aqui consultado tem estudos que comprovam quanto esse serviço ajuda na distribuidora, reduzindo o tempo gasto com departamento de logística e assim utilizando uma carga maior de dedicação na atividade primaria, e assim aumentando as vendas, melhorando as técnicas comerciais e melhorando muito no resultado final da distribuidora.

Sem contar a redução nos custos com o departamento de logística que por conta de ter frota própria gera uma contratação de funcionários muito maior e gastos constantes com manutenção de veículos da frota, e terceirizando elimina todo esse trabalho e gasto, e se faz gastar exatamente conforme a necessidade e assim elimina investimento ocioso.

VI. REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, F. NAZÁRIO, P. **Terceirização Estruturada**: O Uso doRFI - Request For Information - como ferramenta de seleção de operadores logísticos. Revista Tecnologística, 2002.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2012.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A . 5. ed**. Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHIAVENATO, I.. **Introdução a Teoria Geral da Administração**: Edição Compacta. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DORNIER, Philippe-Pierre et al. **Logística e Operações Globais**. Ed São Paulo, Atlas, 2000.

GIRARDI, D. **O impacto da terceirização nas organizações**: evolução histórica e tendências. Florianópolis: Pandion, 2008.

IMHOFF, M. M.; MORTARI, A. P. **Terceirização, Vantagens e Desvantagens para as Empresas**.1º simpósio de iniciação científica dos cursos de ciências contábeis de Santa Maria. Revista Eletrônica de Contabilidade. Santa Maria, julho de 2005.

LACERDA, L**. Estratégia de Contratação de Prestadores de Serviços Logísticos**. Revista Tecnologística, 2004.

MANZATO, A. J., SANTOS, A. B. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa**. Departamento de Ciência de Computação e Estatística – IBILCE. UNESP. São Paulo. 2016.

NOVAES, A. G.. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

TIEPPO, A.P. **Terceirização da Logística no varejo de bebidas**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Centro sócio econômico. Florianópolis, 2011.

VIANA, J. J..**Administração de materiais.** 1° ed. São Paulo. Ed. Atlas.2000.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ASPECTOS DA COGERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO O BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

ASPECTS OF ENERGY COGENERATION USING THE SUGAR CANE BAGGAGE IN BRAZIL

MARCIA GONÇALVES PIZAIA[1]; MARCIA REGINA GABARDO DA CAMARA[1];
CARLOS EDUARDO CALDARELLI[1]; IRENE DOMENES ZAPPAROLI[1]
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA[1]
pizaia@uel.br; mgabardo@sercomtel.com.br; carlos.caldarelli@gmail.com; zapparoli@uel.br

***Resumo** – Este artigo objetiva investigar diversos aspectos relativos à cogeração de energia utilizando o bagaço de cana-de-açúcar no Brasil. Para tanto, apresenta-se o histórico do setor sucroenergético brasileiro, destacando-se a análise conjuntural da produção de cana no período de 2010 a 2016. Define-se o processo de cogeração de energia elétrica. Em especial, apresenta-se a importância da cogeração a partir do bagaço de cana. O embasamento teórico deste estudo foi obtido mediante levantamento bibliográfico de produções referentes ao tema de pesquisa. Conclui-se que, a cogeração através da queima do bagaço da cana tem grandes perspectivas de crescimento no país, ao gerar renda e emprego no campo, estimular a indústria de bens de capital e a poupança de divisas, possuir vantagem ambiental em relação às usinas termelétricas e ser uma fonte de geração descentralizada, interligando-se ao sistema elétrico.*

***Palavras-chave:** Setor sucroenergético. Cogeração. Biomassa.*

***Abstract** - This paper aims to investigate several aspects related to energy cogeneration using sugarcane bagasse in Brazil. For that, the history of the Brazilian sugar-energy sector is presented, highlighting the conjunctural analysis of sugarcane production in the period from 2010 to 2016. The process of cogeneration of electric energy is defined. In particular, the importance of cogeneration from sugar cane bagasse is presented. The theoretical basis of this study was obtained through a bibliographical survey of productions referring to the research theme. It is concluded that cogeneration through the burning of sugarcane bagasse has great prospects for growth in the country, generating income and employment in the field, stimulating the capital goods industry and saving foreign exchange, have an environmental advantage over the mills And be a source of decentralized generation, interconnecting to the electrical system.*

***Keywords:** Sugar-energy sector. Cogeneration. Biomass.*

I. INTRODUÇÃO

O estudo da Unica (2017) apresenta as diretrizes com referência à bioeletricidade da cana-de-açúcar, onde o setor sucroenergético deteve em 2016, 10.968 MW, ou 7% da potência outorgada no Brasil e 79% da fonte biomassa, sendo a terceira fonte de geração mais importante da matriz elétrica brasileira em termos de capacidade instalada, atrás somente da fonte hídrica e das termelétricas (gás natural).

Em termos de energia ofertada para a rede, em 2015, o setor sucroenergético produziu 20,2 TWh, poupando 14% da água nos reservatórios do submercado elétrico sudeste/centro-oeste, porque essa geração ocorre no período seco, época crítica do setor elétrico. Essa energia renovável e limpa, proveu o atendimento de 10,4 milhões de residências em 2015, evitando a emissão de 8,6 milhões de CO2. Contudo, mesmo com esse desempenho, atualmente, a bioeletricidade da cana usa apenas 16% de seu potencial de exportação para a rede. (UNICA, 2017).

A característica mais favorável para a segurança energética é a complementaridade da safra da cana-de-açúcar com o regime de chuvas na região sudeste e centro-oeste do Brasil, que concentram 70% da capacidade dos reservatórios, uma vez que a safra de cana concentra-se nos meses secos da região, de abril a novembro, quando os níveis de água das hidrelétricas encontram-se baixos. (SOUSA; MACEDO, p. 55, 2010).

Devido ao exposto, este trabalho tem como objetivo principal investigar diversos aspectos relativos à cogeração de energia utilizando o bagaço de cana-de-açúcar no Brasil. Para tanto, apresenta-se o histórico do setor sucroenergético brasileiro; realiza-se análise conjuntural da produção de cana no período de 2010 a 2016; pesquisou-se o panorama atual do setor sucroenergético brasileiro (safra 2016/17); definiu-se o processo de cogeração de energia elétrica em usinas, a partir da biomassa do bagaço de cana. Destaca-se a importância da cogeração através do bagaço de cana e investigou-se os principais problemas advindos da produção de energia com a utilização do bagaço da cultura.

Utiliza-se como método de pesquisa a análise bibliográfica e documental e a pesquisa descritiva, aplicada sob a forma de estudo de caso, enfatizando-se o panorama brasileiro referente ao cenário sucroalcooleiro.

O tema proposto contribui para a produção acadêmica referente ao setor sucroenergético e para a economia brasileira de modo geral, ao abranger a teoria produtiva relacionada a Bioenergia, a produção de etanol e a cogeração de energia.

O artigo está disposto em quatro tópicos, incluindo-se a introdução e a conclusão. Em primeiro, apresenta-se o histórico do setor sucroenergético brasileiro e em segundo, define-se o processo de cogeração de energia.

II. HISTÓRICO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO

Furtado (2007) observou a existência do cultivo da cana-de-açúcar desde os primórdios da formação do espaço econômico brasileiro, com a chegada dos portugueses. Na primeira metade do século XVI o Rei de Portugal organizou

ISSN 1809-3957

a primeira expedição com objetivos de povoar o território e expulsar invasores e iniciar o plantio da cana-de-açúcar. Naquele período o nordeste do país apresentou o clima e solo mais favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar. Portugal, aproveitando-se do trabalho escravo, incentivou o cultivo da cana-de-açúcar em grande escala. No Brasil Colonial a base da economia brasileira era o engenho de açúcar e a cana era cultivada como único produto nas grandes fazendas e a produção de açúcar era voltada para o comércio externo.

No século XIX, a modernização da indústria açucareira foi fundamentada na política de garantia de juros, nos empréstimos públicos e na isenção de tarifas na importação de equipamentos. O principal objetivo da política de modernização açucareira era aumentar a escala produtiva, reduzindo os custos de produção. (FURTADO, 2007).

Para Queda (1972), a política de modernização da indústria açucareira resultou na criação de nova classe de agentes, os fornecedores de cana-de-açúcar - tal produção seria destinada aos engenhos centrais e mais tarde às usinas de açúcar e álcool. De 1875 em diante os fornecedores de cana estiveram presentes nas políticas de incentivo e regulação da indústria de açúcar e álcool. Os senhores de engenho optaram por manter seus negócios no cultivo da cana-de-açúcar, para manter o domínio territorial em suas regiões de influência política – também incentivaram a separação das atividades agrícolas e industriais.

O complexo agroindustrial sucroalcooleiro no século XX teve uma expansão devido às políticas de governo a partir de 1970 com o advento do Pro-Álcool. O setor sucroalcooleiro teve o seu desenvolvimento histórico atrelado à participação do Estado na definição de políticas agrícolas e industriais e de grupos econômicos atuando junto ao Estado, buscando vantagens competitivas (GRAZIANO, 1998 apud PREVITALLI et al., 2017).

Com o início da desregulamentação da economia sucroalcooleira (década 1980), as empresas implementaram um processo de reestruturação produtiva em decorrência das mudanças no cenário político e econômico nacional e internacional. Desde então, a reestruturação do setor passou a ser orientada pelas demandas do mercado externo e comandada pela introdução de novas tecnologias de produção e de organização inspirados no chamado modelo japonês da qualidade total (TRUZZI, 1989; PREVITALLI, 2006; 2008 apud PREVITALLI et AL., 2017).

Numberg (1985), Queda (1972) e Szmrecsányi (1979), afirmam que o setor sucroalcooleiro tem sido um cenário privilegiado para o estudo das relações estabelecidas entre o setor privado, o Estado e a sociedade organizada. Esse é um setor da economia privada no qual a intervenção estatal sempre ocorreu, como resultado das pressões e reclamos dos próprios produtores, e ainda ocorre, institucionalizadamente ou não, apesar da desregulamentação (SCOPINHO, 2004).

2.1 – Produção de cana-de-açúcar no Brasil: análise conjuntural de 2010 a 2016

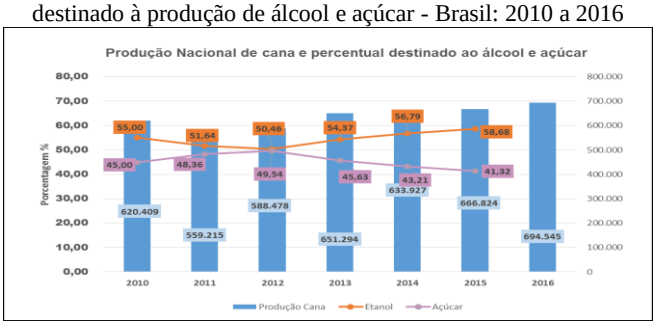
Conforme Lobo (2013), a cana-de-açúcar é composta pelo colmo, folhas e ponteiro. O colmo é utilizado pelas usinas e destilarias de cana para a extração do caldo. A palha da cana é toda a planta menos os colmos, isto é, a palha é composta por folhas e ponteiros.

Com base em Conab (2017b), apresenta-se uma análise conjuntural da produção de cana-de-açúcar no Brasil no período de 2010 a 2016 e de seus derivados, analisando-se a evolução da safra no período.

O Brasil destacou-se em 2010 como sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar - produziu 620,4 milhões de toneladas, fato observado na Figura 1. O ano foi marcado por alta nos preços de açúcar nos mercados interno e externo em decorrência oferta mundial reduzida, desde 2008. Em um cenário de altas cotações, os produtores aumentaram a área plantada, identificando-se expectativas de recomposição dos estoques mundiais de açúcar, mas, isso não ocorreu devido à quebra de safra em países produtores (CONAB, 2017b).

O segundo maior produtor mundial de cana em 2010 foi a Índia. A perspectiva de *superávit* da safra indiana não foi relevante para o mercado internacional devido à escassez do produto no mercado interno (CONAB, 2017b).

Figura 1 – Produção Nacional de cana-de-açúcar e percentual destinado à produção de álcool e açúcar - Brasil: 2010 a 2016



Fonte: Dados Unica e Cepea/Esalq; Elaboração: CONAB (2017b).

Em 2011 a oferta nacional de cana-de-açúcar retraiu 9,86%, resultado do clima não favorável e da queda de produtividade devido ao envelhecimento de alguns canaviais. Observou-se uma queda de produção dos seus derivados, açúcar (-6,2%) e etanol (-17,7%), e os preços comercializados no mercado interno e internacional expandiram (Figura 1). (CONAB, 2017b).

De acordo com a Figura 1, em 2012 observou-se uma oferta abundante de cana-de-açúcar no Centro-Sul do Brasil, pois a safra não foi prejudicada por fatores climáticos como ocorreu nas safras anteriores. A produção foi de em 50,46% para a fabricação de etanol e de 49,54% para açúcar.

Em relação aos preços, o mercado interno brasileiro apresentou oscilação, no inicio do ano atingiu o valor de R$ 70,00/saco 50 kg, voltando a subir para R$ 76,20 em dezembro. A média anual foi de R$ 60,59.

Em 2013, a produção canavieira da região Centro-Sul bateu recorde, mas a açucareira pouco alterou-se e a destinação da cana moída foi maior para o etanol (54,37%) do que para a de adoçante (46,63%) – Figura 1. A maior destinação para o álcool é vista pela condição superavitária do mercado mundial do açúcar, pelo aumento do consumo da gasolina e do etanol anidro e pelo aumento da frota de automóveis flex no país. (CONAB, 2017b).

Em 2014 devido à estiagem na região Centro-Sul, ocorreu queda de 3% da produção. A maior parte da produção (56,79%) destinou-se para o etanol (Figura 1). Com o elevado estoque de açúcar, devido à safra superavitária anterior, os preços não apresentaram aumento, apesar da postura de algumas usinas na tentativa de elevar os preços e a opção de outras em postergar a comercialização para a entressafra.

Já em 2015, a produção canavieira brasileira teve acréscimo anual de 5,18%, pelo 5º ano consecutivo, a maior parte da moagem da cana foi destinada ao etanol. O preço

ISSN 1809-3957

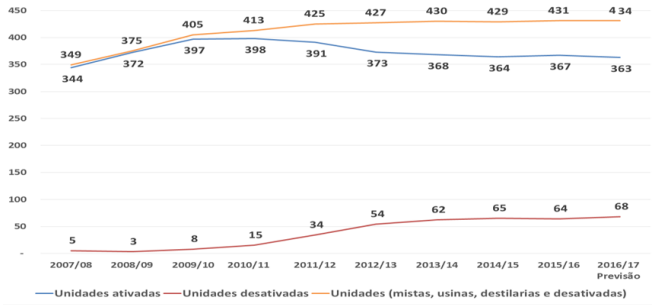
médio anual do açúcar comercializado em São Paulo apresentou aumento de 13,22%.

O etanol, no ano de 2015, apresentou produção e demanda recordes. Todavia, com elevada oferta, os preços de comercialização permaneceram estáveis pelo quarto ano, agravando a crise enfrentada pelos produtores de etanol devido à incompatibilidade de gerir custos crescentes com preços de venda. Como resultado, 65 usinas encerraram suas atividades no ano de 2015. (Figura 2).

Canamix (2017) afirmou que o setor sucroalcooleiro brasileiro enfrentou uma das maiores crises da história: endividamento, perda da competitividade diante da gasolina e até mesmo problemas climáticos.

Nova Cana (2017b) comenta que o endividamento do setor sucroenergético brasileiro atingiu em fevereiro de 2017, R$ 86,13 bilhões, conforme os cálculos da Archer Consulting. Porém, o montante é 5,95% inferior ao registrado em fevereiro do ano passado.

Figura 2 – Usinas ativadas e desativadas Brasil: 2007/2008 a 2016/2017 (previsão)



Fonte: CONAB (2017b), modificada pelos autores, 2017.

Todavia, em 2016 a produção açucareira nacional aumentou 17,64% e com a perspectiva de menor oferta global devido à queda de produção em países asiáticos, coube ao Brasil suprir a demanda mundial. (CONAB, 2017b).

Em 2016 a alta dos preços internacionais do açúcar refletiu nos preços nacionais. O mercado doméstico apresentou um valor recorde do açúcar vendido em São Paulo de R$ 98,06/sc em novembro e a majoração do preço anual do açúcar retirado na usina em SP foi de 52,91%.

Para o etanol, 2016 também apresentou alteração nos preços, com aumento anual de 23%. O fator determinante foi a menor oferta do produto, porém identificou-se uma menor demanda devido à perda de competitividade do etanol hidratado perante a gasolina em todos os estados brasileiros. A elevação dos preços do etanol foi atrelada à expansão do preço da gasolina comum no Brasil.

2.2 - Panorama atual do setor sucroenergético brasileiro (safra 2016/17)

O Brasil deverá produzir mais de 684,77 milhões de toneladas de cana na safra 2016/2017, um crescimento de 2,9% em relação à safra anterior. A produção de açúcar deverá atingir 39,96 milhões de toneladas, 19,3% superior à safra anterior, em função de preços mais rentáveis. Já a produção de etanol deve manter-se acima de 27,8 bilhões de litros, redução de 8,5%, em função da preferência pela produção de açúcar. (CONAB, 2017a).

Segundo a Conab (2017a) os principais estados produtores de cana-de-açúcar do país - na safra 2016/17 - foram São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná e Mato Grosso do Sul. O Estado de São Paulo, maior região produtora de cana-de-açúcar, concentra a maior parte das usinas e destilarias do setor sucroenergético e as áreas destinadas ao plantio da cana-de-açúcar. As usinas de Campinas e de Ribeirão Preto são as mais eficientes do Brasil, alcançando altos níveis de produtividade em função do intercâmbio entre as unidades produtivas e dos centros de pesquisa públicos e privados. (PREVITALLI et al., 2017).

Portanto, vale destacar que a safra de cana-de-açúcar 2016/2017 atingiu 684,77 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, conforme dados da CONAB (2017a), ou seja, o Brasil apresenta atualmente um grande potencial para o aproveitamento mais racional dessa forma de energia. O próximo tópico apresenta o processo de cogeração no Brasil.

III. O PROCESSO DE COGERAÇÃO

A cogeração é definida em Cardoso (2011), como sendo o processo de transformação de energia térmica de um combustível em mais de uma forma de energia útil. As formas mais frequentes de energia produzidas são a energia mecânica, utilizada no acionamento de equipamentos ou para a geração de energia elétrica, e a energia térmica, utilizada nas necessidades de calor para processos, ou na produção de vapor, abastecendo caldeiras e turbinas que gerem energia elétrica. (COGEN, 2017; KLOC, 2016).

A cogeração passou a ser usada no Brasil desde o inicio do século XX – quando não existia formas eficientes de geração de energia de maneira centralizada – no referido processo o consumidor instalava sua própria central de geração de energia elétrica. Com o avanço tecnológico, novos conceitos de geração e de interligação de sistemas elétricos surgiram, otimizando os sistemas de forma centralizada, tendo o apoio de centrais hidrelétricas e termelétricas, com baixo custo a energia começou a ser distribuída abundantemente. Mas, o sistema de cogeração perdeu sua participação no mercado. (COGEN, 2017).

As crises no setor energético surgiram devido às dificuldades do governo em garantir o abastecimento de energia elétrica, que fosse compatível com o ritmo do crescimento econômico do país.

Atualmente, a cogeração se mostra uma alternativa, devido à instabilidade das grandes hidrelétricas devido à quantidade de chuvas e os impactos ambientais causados por elas. As indústrias conseguem com a cogeração uma forma simples, segura e barata, na questão energética, sem contar os benefícios ambientais. (COGEN, 2017).

3.1- Cogeração de energia

Sousa e Macedo (2010) afirmam que entre as fontes alternativas de geração de energia elétrica com potencial para expansão no Brasil, a produção de bioeletricidade por meio do processo de cogeração é destacada, utilizando-se dos resíduos de cana-de-açúcar (biomassa). (KLOC, 2016).

Os resíduos do processo de cultivo e de moagem da cana-de-açúcar são denominados de biomassa. A biomassa é todo recurso renovável, oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, podendo ser utilizada na produção de energia. (LOBO, 2013 apud KLOC, 2016).

Tais resíduos, obtidos pelo processo de cultivo e de moagem de cana-de-açúcar, podem gerar dois tipos de biomassa: 1º o bagaço de cana-de-açúcar, subproduto do processo de moagem para obtenção de caldo, e 2º a palha da cana-de-açúcar, material remanescente da colheita da cana-

ISSN 1809-3957

de-açúcar que fica no campo de cultivo, recolhido para aproveitamento futuro (INNOCENTE, 2011).

O bagaço da cana-de-açúcar, antes descartado e utilizado como lixo pelas usinas, passa a ser reaproveitado no Brasil a partir de 1980, tendo grande importância na produção de energia elétrica, produção de fertilizantes agrícolas e matéria prima para a indústria de papel. É recente o uso da palha da cana-de-açúcar remanescente da colheita da cana, para aproveitamento energético - as restrições à prática da queimada nas lavouras da cana (visando facilitar a colheita manual) foram implantadas no Brasil somente em 2007 (LOBO, 2013 apud KLOC, 2016).

Antes de 2007, o canavial era queimado para facilitar a retirada da cana-de-açúcar e para a limpeza do terreno. Hoje, a cana é retirada sem a queima por uma "colheitadeira", preservando a palha (LOBO, 2013).

O processo envolvendo o corte, o transporte e a moagem da cana-de-açúcar é importantíssimo, pois a cana está sujeita à deterioração, assim como à infestação por fungos e bactérias, perdendo parte da sacarose.

Portanto, o citado processo envolvendo o corte até a moagem deve ocorrer de forma rápida – onde o tempo médio decorrido entre o corte e a moagem da cana deve ser de 72 horas (LOBO, 2013 apud KLOC, 2016).

Conforme Nova Cana (2017) nas usinas brasileiras a tecnologia de produção de etanol e açúcar é bastante semelhante, do ponto de vista de processos. A indústria divide-se nas seções: recepção/ preparo/moagem, tratamento do caldo, fábrica de açúcar, destilaria de etanol, utilidades, disposição de efluentes e estocagem dos produtos. A cana é colhida inteira, através do corte manual, em seguida é levada para diminuir as impurezas na mesa de recepção da cana. Todavia, a cana colhida de forma mecanizada já chega picada nas unidades produtoras.

O processo de moagem consiste na extração do caldo da cana-de-acúcar. A cana passa entre dois rolos, com pressão pré-estabelecida. A moenda extrai o caldo, produzindo o bagaço, utilizado como combustível nas caldeiras. A moenda é formada por quatro a sete ternos em série. Após a passagem pelo primeiro destes ternos, a proporção de caldo em relação à fibra cai de sete para 2 ou 2,5, sendo difícil extrair este caldo residual; o artifício usado se chama de embebição. A embebição pode ser simples ou composta e com recirculação - a composta é a mais usada. Neste caso, água é injetada na camada de cana entre os dois últimos ternos e o caldo de cada terno é injetado antes do terno anterior até o segundo terno. O caldo extraído no primeiro terno (melhor qualidade) é enviado para a fábrica de açúcar e o restante do caldo vai para a destilaria. A eficiência de extração de açúcares varia de 94,0% a 97,5% e a umidade final do bagaço é em torno de 50% (NOVA CANA, 2017).

Após a extração do caldo. Todo o bagaço saído da moenda é transportado por esteiras rolantes para as caldeiras, onde é queimado, gerando vapor. LOBO (2013) afirma que este processo pode ser combinado com a queima da palha recolhida na colheita da cultura.

A quantidade de bagaço produzida varia de 240kg a 280kg por tonelada de cana moída. Vale ressaltar que o bagaço é o único combustível utilizado nas caldeiras a vapor e gera toda energia necessária ao processamento de cana, produzindo uma sobra que varia entre zero e 10%. Na maioria das usinas brasileiras, o vapor sai das caldeiras na pressão de 22bar e temperatura de 300°C; em seguida ele é expandido em turbinas de contrapressão até 2,5bar, Tais turbinas acionam os equipamentos mecânicos das usinas e os geradores de energia elétrica, que é fornecida para os vários setores da indústria. O vapor a 2,5bar é ajustado para a condição de saturação e enviado para o processo, fornecendo toda a energia térmica necessária na produção de açúcar e etanol. (NOVA CANA, 2017).

3.2 Importância da cogeração através do bagaço de cana-de-açúcar

Conforme (LOBO, 2013, p.118), a cogeração de energia elétrica através do bagaço da cana-de-açúcar trazem diversos benefícios. Destacam-se: a grande disponibilidade do bagaço da cana nos canaviais; o aproveitamento do resíduo; o fácil processamento; reduzidos impactos ambientais; emissão nula de CO2: uma vez que o dióxido liberado pela combustão nas caldeiras é absorvido pela planta durante a sua fase de crescimento; a biomassa representa uma segunda fonte de renda para as usinas.

Cardoso (2011, p. 5) afirma que os projetos de cogeração através do bagaço de cana-de-açúcar se mostram eficientes, porém devem ser feitas melhorias nas usinas existentes, também é preciso investir na construção de novas unidades para aumentar a produção de energia elétrica. Esse fato chama a atenção do governo federal, que vê a energia gerada através do bagaço de cana-de-açúcar, como um produto a mais na matriz energética Brasileira, outra vantagem é que a safra de cana-de-açúcar ocorre justamente no período onde o país tem a maior demanda de energia.

De acordo com Nova Cana (2017), as fontes renováveis de energia elétrica complementares à geração hídrica, que contribuem para a manutenção do perfil limpo da matriz elétrica brasileira, são alternativas estratégicas para o futuro energético brasileiro. Entre tais fontes, ressalta-se a eletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar, em função das seguintes qualificações: a) competitividade em termos de custos; complementaridade sazonal com relação ao regime de chuvas; maturidade da indústria sucroenergética; contribuição na redução de emissões de gases do efeito estufa; e proximidade ao centro de carga.

Dentre as principais vantagens advindas da utilização da eletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar tem-se: a geração de renda e de emprego no campo; o estímulo à indústria de bens de capital e poupança de divisas – coeficiente de importação, em torno de zero, dispensando a importação de equipamentos e de combustíveis; a vantagem ambiental em relação às usinas termelétricas movidas a óleo combustível, que é a maior entre as demais formas de geração atualmente disponíveis. Tem-se que é uma fonte típica de geração descentralizada, ao interligar-se ao sistema elétrico, podendo implementar tecnologia para uma geração distribuída. (NOVA CANA, 2017).

Atualmente o Brasil possui 434 usinas sucroalcooleiras, todas autossuficientes em energia devido à produção de vapor por meio da queima de bagaço de cana em caldeiras. Todavia, apenas 20% das usinas (88 unidades) comercializam os seus excedentes de energia elétrica no mercado - deste total, 54 centrais de cogeração exportam energia elétrica para a rede de transmissão no estado de São Paulo e 34 centrais estão em outros 11 estados brasileiros. As novas indústrias já contam com as adaptações necessárias para a produção e disponibilização da energia.

Nova Cana (2017) estima que, caso seja aproveitada plenamente toda a biomassa de cana disponível no país, seria possível agregar à rede elétrica um volume de energia

ISSN 1809-3957

da ordem de 11.000 MW médios até a safra 2018-2019, o que equivale a uma usina do porte de Itaipu. Somente no estado de São Paulo, a reserva de cana permitiria exportar 4.800 MW médios para a rede em 2017-2018, valor 20% superior ao hoje gerado em todo o complexo da Companhia Energética de São Paulo. O Balanço Energético Nacional apresenta a cana e derivados como a segunda maior fonte energética do país, em tonelada equivalente de petróleo, ficando à frente da hidroeletricidade e atrás apenas do petróleo. Em grande parte isto se deve à queima do bagaço tanto para o consumo das usinas quanto para a rede pública.

A geração de eletricidade, a partir da queima do bagaço da cana, é considerada no planejamento do setor elétrico e nas projeções do Ministério de Minas e Energia, como importante fonte de geração de energia. A geração distribuída deve ser também considerada para tornar o sistema menos vulnerável ou dependente de obras estruturantes de geração e de transmissão, reduzindo desta forma os riscos de blecaute ao facilitar o restabelecimento e a estabilização do sistema. (NOVA CANA, 2017).

A programação regular de leilões para fontes renováveis devem ser combinadas com especial atenção para projetos de modernização de instalações de usinas mais antigas (nominados retrofits) com controle de emissões e com processos de controle da agricultura, sem agressões ambientais e com economia de água. Em resumo, é preciso dar vantagens a iniciativas que produzam energia renovável e com cuidados ambientais em toda a cadeia, para que sejam substituídas fontes poluidoras. (NOVA CANA, 2017).

3.3 Problemas advindos da produção de energia com a utilização do bagaço de cana-de-açúcar

Conforme Figueiredo et al. (2010) apud Brasileiro e Gonçalves (2015, p. 15), o corte e a queima da palha no campo são os maiores responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa. A queima da palha da cana gera problemas ambientais pela emissão de poluentes (material particulado; hidrocarbonetos; monóxido de carbono, óxido nitroso e dióxido de enxofre). A queima gera problemas respiratórios, oculares e contribuí para o aumento do efeito estufa. (BRASILEIRO; GONÇALVES) (2015).

Até mesmo dentro da unidade industrial ocorre a liberação de gases, através da queima do bagaço da cana-de-açúcar nas caldeiras, para a cogeração de energia e a liberação de gases nos processos fermentativos para produção de álcool (CERRI et al., 2009 apud BRASILEIRO; GONÇALVES (2015).

Já Lobo, 2013 afirma que os principais problemas advindos do uso do bagaço de cana-de-açúcar como fonte energética se devem em especial à baixa densidade energética; à alta umidade quanto *in natura*, diminuindo a eficiência de queima em relação ao óleo combustível; à dificuldade para o armazenamento; ao fato de ser um material poluente, pois a decomposição do bagaço de cana-de-açúcar gera o gás metano; e ao custo elevado do transporte do bagaço de cana-de-açúcar. (KLOC, 2016).

Paoliello (2006) diz que o processo de prensagem, como a briquetagem, poderia resolver alguns problemas relativos uso do bagaço de cana-de-açúcar como fonte energética. A briquetagem facilitaria a armazenagem, o transporte e a aeração do bagaço empilhado. Na briquetagem a densidade energética gerada poderá ser seis vezes superior e a umidade do bagaço ficaria em torno de 20% e o transporte do material poderia ser facilitado. Com o referido processo o rendimento térmico das caldeiras abastecidas com bagaço de cana prensado e tratado poderia atingir valores em torno de 85% de eficiência.

O processo de compactação, briquetagem, também é defendido por Lobo (2013). O briquete é um produto 100% reciclado, aumentando a eficiência produtiva, facilitando o transporte do material entre o canavial e as indústrias, emitindo pouca fumaça quando em combustão e ocupando um menor espaço comparado ao armazenamento in natura, e por fim frisa que o briquete poderá ser estocado até 24 meses desde a sua produção, e destaca que o produto poderá ser comercializado com outras indústrias.

Todavia, tal processo é pouco utilizado no Brasil, havendo outras alternativas para o seu uso, além da composição puramente de bagaço de cana-de-açúcar, como exemplo tem-se a combinação com outros resíduos gerados por outros produtos, como o bagaço de mandioca, a casca de amendoim, pinus triturado e resíduos de eucalipto (LOBO, 2013 apud KLOC, 2016).

Para Inocennte (2013) a cogeração de energia utilizando a palha da cana-de-açúcar, juntamente com o bagaço gerado no processo de moagem, dependerá da redução do tamanho das palhas, pois as palhas provenientes da colheita, em seu tamanho natural, não podem ser queimadas nas caldeiras tradicionais. (KLOC, 2016).

Inocennte (2013) descreve três alternativas para o recolhimento da palha da cana-de-açúcar no campo:

1º) o sistema de colheita integral: onde a cana-de-açúcar é colhida sem queima prévia com os sistemas de limpeza das máquinas desligados;

2º) o recolhimento a granel: o recolhimento da palha deixada no campo é realizado pelas colhedoras picadoras que trituram a palha recolhida, visando o preparo da palha a ser utilizada como combustível nas caldeiras;

3º) o sistema de enfardamento: o enfardamento da palha em formatos prismáticos ou cilíndricos aumenta a eficiência do transporte da palha até as unidade produtoras, uma vez que aumenta a capacidade de transporte e permite a melhor armazenagem do material, podendo ser empilhado.

Reforça-se aqui que a palha enfardada necessita passar por processos de desmanche e desfibração, os quais precisam de equipamentos especiais, para que possa por fim alimentar as caldeiras. (KLOC, 2016).

Lobo (2013, p. 118) afirma que o aumento da mecanização na colheita e a eliminação de queimadas nos canaviais brasileiros elevaram expressivamente a quantidade de palha de cana-de-açúcar nas lavouras. Porém, o aumento de energia gerada nas usinas poderia ser maior com a utilização da palha de cana-de-açúcar, juntamente com o bagaço de cana. Destaca-se, neste sentido, que poderá ser maior o potencial tanto de geração de energia quanto econômico, obtido pela renda extra advinda da venda de energia para rede.

IV. CONCLUSÃO

A cogeração de energia, a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar, é considerada uma importante fonte de geração de energia, vista no planejamento do setor elétrico brasileiro e nas projeções do Ministério de Minas e Energia.

Conclui-se que, a cogeração através da queima do bagaço da cana-de-açúcar tem grandes perspectivas de crescimento, devido ao incentivo do governo, o qual poderá obter uma fonte a mais de energia elétrica, assim como, ter

ISSN 1809-3957

uma fonte ecologicamente correta, o que na atualidade é um fator importantíssimo. Vale destacar que apesar de ocorrer a queima do bagaço da cana, como consequencia a emissão de gases CO2 e cinzas, estes produtos são absorvidos pelo vegetal durante seu desenvolvimento.

As maiores vantagens advindas da utilização da eletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar são: geração de renda e emprego no campo; estímulo à indústria de bens de capital e poupança de divisas, dispensando a importação de equipamentos e de combustíveis; vantagem ambiental em relação às usinas termelétricas movidas a óleo combustível; uma fonte de geração descentralizada, interligando-se ao sistema elétrico e implementando tecnologia para uma geração distribuída.

Os principais problemas advindos do uso do bagaço de cana como fonte energética são devidos à baixa densidade energética; à alta umidade da cana *in natura* - diminuindo a eficiência de queima; à dificuldade para o armazenamento; por ser um material poluente - gerando gás metano; e ao custo elevado do transporte do bagaço.

Em termos desta pesquisa espera-se maximizar os resultados esperados e benefícios potenciais para a respectiva área de conhecimento e para a sociedade brasileira como um todo. Destaca-se que esta pesquisa poderá subsidiar estudos relativos à cogeração de energia através do bagaço da cana-de-açúcar.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASILEIRO; L. A.; GONÇALVES; D. A. Análise logística e ambiental do corte, carregamento e transporte da cana de açúcar. In: XXXII International Sodebras Congress Curitiba – PR.. de 05 a 07 de dezembro de 2014. **Anais do** ..., Curitiba – PR. V. 10. N° 111 - Março/ 2015. p.15 – 18.

CARDOSO, T. **Cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar:** Revisão de Literatura. 2011. Dissertação. (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2011.

CANAMIX. **Setor sucroalcooleiro enfrenta uma das maiores crises da história**. 2014. Disponível em: <http://www.canamix.com.br/conteudo/setorsucroalcooleiro-enfrenta-uma-das-maiores-crises-da-historia>. Revista CANAMIX. Acesso em: 30 de mar. de 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 1 – Brasília: Conab, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Acesso em: 20 mar. 2017a.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura especial cana-de-açúcar período**: 2010 a 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_06_19_47_22_conjuntura_especial_cana-de-acucar_-_2010_a_2016.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017b.

COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia. **Conceito e Tecnologias**. Disponível em: < http://www.cogen.com.br/cogeracao/conceito-e-tecnologias>. Acesso em: 15 mar. 2017.

INNOCENTE, A. **Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011. Disponível em: <http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0592.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2017.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. Rio de Janeiro: Cia das Letras. 2007.

KLOC, F. **Potencial econômico e energético dos novos produtos do setor sucroenergético**. 2016. Monogafia (Graduação em Ciências Econômicas). Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016. 71 p.

LOBO, C. da S. **A importância da cogeração utilizando bagaço de cana-de-açúcar como forma de diversificação da matriz elétrica**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013, 118 p.

NOVA CANA. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas**. Nova Cana. Curitiba, 2016. Disponível em: <https://www.novacana.com/usina/cogeracao-como-funciona-produ cao-energia-eletrica/>. Acesso em: 21 mar. 2017a.

NOVA CANA. **Endividamento do setor de cana atinge R$ 86 bi em fevereiro; queda anual é de 5,95%**. 22 Mar 2017. Disponível em: <https://www.novacana.com>. Acesso em: 06 de abr. de 2017b.

NUMBERG, B. (1985). **Mudança estrutural e política do Estado:** a política do açúcar no Brasil pós-64. Dados, 28 (2), 211-251.

PREVITALLI, F.S.; FAGIANI, C. C., LUCENA, C.; FRANÇA, R. L. E. **A expansão da agroindústria sucroalcooleira na região do triângulo mineiro/Brasil e implicações sobre o trabalho**. Disponível em: <http://www.ifch.unicamp.br/formulario_cemarx/selecao/2009/trabalhos/a-expansao-da-agroindustria-.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2017.

QUEDA, O. **A intervenção do estado e a agroindústria açucareira paulista**. Tese (Doutorado). Escola de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1972.

SCOPINHO, R. A. **Controle social do trabalho no setor sucroalcooleiro:** reflexões sobre o comportamento das empresas, do estado e dos movimentos sociais organizados. Cad. psicol. soc. trab., São Paulo, v. 7, p. 11-29, dez. 2004. Disponível em: <http://pepsic. bvsalud.org/scielo.php ?script=sci_arttext&pid=S1516-37172004000100003>. Acesso em: 20 de mar. 2017.

SOUSA, E; MACEDO, I. **Etanol e bioeletricidade:** A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. 1ed. São Paulo: Luc Projeto de Comunicação, 2010.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira no Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Hucitec. 1979.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Bioeletricidade e diretrizes**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/colunas/20030441920342566567/bioeletricidade-e-diretrizes/>. Acesso em: 21 mar. 2017.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

A ATUAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ARQUITETURA E URBANISMO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS

THE ACTIVITIES OF THE ARCHITECTURE AND URBANISM PROFESSIONAL IN THE PLANNING OF CIVIL WORKS

EMANUELLE DE ARAGÃO ARRAIS[1]; LINARDY DE MOURA SOUSA[1]; ANA VIRGÍNIA ALVARENGA ANDRADE[1]

1 –CENTRO UNIVERSITÁRIO UNINOVAFAPI

emanuelle_aragao_arrais@hotmail.com; linardy@uninovafapi.edu.br; anavirginia@uninovafapi.edu.br

Resumo – O presente trabalho buscou relatar à atuação do arquiteto como planejador de obras, e tendo como foco principal os profissionais de arquitetura e urbanismo de Teresina/PI, por meio de uma extensa revisão bibliográfica, e tendo como objetivo mostrar que estes podem fazer planejamento de obras, assim como engenheiros civis. A partir do estudo comprova-se que necessita de políticas de incentivo a esses profissionais na base (questões acadêmicas) e no ambiente cultural, de modo que eles participem como membro da equipe no planejamento e execução de suas obras.

Palavras-chave: Planejamento de Obras. Arquitetura e Urbanismo. Construção Civil.

Abstract - This study aimed to report to the architect's role as civil planner works, and focusing mainly on the professionals in architecture and urbanism from Teresina / PI through an extensive literature review, and aiming to show that they can make planning works as well as civil engineers. From the study proves that needs to encourage these professional's policies on the basis (academic issues) and cultural environment, so that they participate as a team member in the planning and execution of their works.

Keywords: Civil Works Planning. Architecture and Urbanism. Construction.

I. INTRODUÇÃO

Diante do cenário de crise atual que estamos passando em todos os setores econômicos, as empresas, principalmente da construção civil, buscam a permanecia do mercado através do planejamento em suas obras.

O presente trabalho trata do problema da falta de arquitetos e urbanistas trabalhando na equipe de execução planejamento de obras.

Possui como objeto de estudo as motivações para relatar o porquê de os arquitetos não atuarem no planejamento de obras como atividade profissional atualmente.

O objetivo geral desse estudo é mostrar que tanto arquitetos e urbanistas como engenheiros civis podem fazer planejamento de obras. Os objetivos específicos são identificar as justificativas para que se possam ter mais profissionais trabalhando em prol do melhor desempenho na execução do projeto, garantindo o bem-estar de seus clientes.

Justifica-se a pesquisa pela observação da atuação dos profissionais de arquitetura na cidade de Teresina-PI, em grande parte somente na execução de projetos e modulados.

A pesquisa possibilita dar maior visibilidade ao arquiteto e urbanista como planejador de obras (projetos e execução) e reforçar a ideia de que não é atividade exclusiva dos engenheiros civis.

II. CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1. Evolução da Construção Civil no Brasil

Cardoso (2013) diz que o primeiro grande crescimento na construção civil brasileira aconteceu na década de 1940, durante o governo de Getúlio Vargas. O forte investimento estatal no desenvolvimento de estrutura fez com que a década fosse considerada o auge da construção civil no Brasil.

Na década de 1950, a construção civil passou a receber menos incentivo do Estado, ficando sob o domínio maior da iniciativa privada.

Na década de 1970, durante o regime militar, tal presença estatal voltou a acontecer com mais força, e as construtoras particulares passaram a construir somente prédios de apartamentos e escritórios comerciais.

Já na década de 1980 houve um retorno do capital privado na construção civil e, em 1990, já começava a haver uma preocupação maior com a qualidade do produto final, passando as construtoras a qualificar mais a mão de obra de suas equipes.

Atualmente construção civil está em desenvolvimento e é um dos fenômenos de maior representatividade no Brasil, pois as cidades polo estão cada vez absorvendo moradores das cidades vizinhas. Desse modo, a construção de novas estruturas urbanas tornou-se realidade pela qual se pode observar o crescimento constante dos municípios polo do Brasil. O papel da construção civil está diretamente ligado ao bem-estar da população, abrangendo também princípios de cidadania como inclusão social e divisão entre espaços particulares e públicos (CARDOSO, 2013).

Atualmente o setor da construção civil brasileiro foi responsável por 1,6% do PIB em 2013 (CIBC, 2014). Dados atuais mostram que o nível de atividade da construção pode acelerar no decorrer do ano, e o setor deve crescer entre 3% a 4% no PIB. Este crescimento deverá ser estimulado por pacotes de concessões do Governo Federal e pela continuidade dos projetos sociais como Minha casa, Minha

ISSN 1809-3957

Vida, Aceleração do Crescimento (PAC), entre outros. (MARTELLO, 2013).

A construção civil agrega um conjunto de atividades com grande importância para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, influindo diretamente na qualidade de vida da população e na infraestrutura econômica do país. Além disso, o setor apresenta forte relacionamento com outros setores industriais, na medida em que demanda vários insumos em seu processo produtivo, e é intenso em trabalho, absorvendo parcela significativa da mão de obra com menor qualificação. Essas características da cadeia da construção civil trazem grande complexidade, uma vez que ela movimenta amplo conjunto de atividades, que têm impactos em outras cadeias produtivas (BNDES Setorial, 31).

O desenvolvimento urbano segundo Oliveira (2012) é determinado na dimensão da cidade e a região que insere para que cada conjunto urbano torne um sistema. Neste sentido, a construção civil cada vez mais é relacionada com os fatores de desenvolvimento regional, a geração de empregos e mudanças para a economia, ou seja, a elevação do PIB.

III. PLANEJAMENTO DE OBRAS

3.1 – Visão Geral

3.1.1 A indústria da construção civil

Segundo Formoso (2000) a indústria da construção no Brasil tem sofrido nos últimos anos mudanças substanciais, provocadas, principalmente, pelo crescente grau de competição existente entre as empresas do setor, o crescente nível de exigência por parte dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos, entre outros fatores.

A construção civil é considerada uma indústria altamente fragmentada em um grande número de empresas de pequeno porte, envolvendo uma enorme variedade de intervenientes e, comparativamente a outros setores, não é sofisticada (PALACIOS, 1995).

Nos dias atuais tem se intensificado o setor da construção civil que está se sofisticando cada vez mais acompanhando o desenvolvimento tecnológico.

Mesmo assim, pode-se considerar um setor que depende de muitos fatores internos e externos. O momento econômico do país, por exemplo, é um quesito que influi bastante na mesma.

Essas características desta indústria mostram que o desenvolvimento de um planejamento, e um controle gerencial, interligados entre si, permitirá que várias empresas possam competir, inclusive as de pequeno porte. As empresas menores sofrem uma enorme desvantagem em relação às maiores, justamente pela maioria não possuir esse planejamento.

3.1.2 Definição

Planejamento é um processo que se utiliza de técnicas científicas, visando aumentar a eficiência, a racionalidade e a segurança através de previsões, programação, execução, coordenação e controle dos resultados, para atingir o que é desejado. Tem como principal objetivo "capacitar a empresa a promover e conviver com mudanças ambientais a nível acelerado". Sua função é "analisar o meio ambiente, traçar novas diretrizes, analisar a evolução de produtos e mercados, estabelecer procedimentos e metas e instrumentos de controle, com expressão direta no resultado dos exercícios, atual e futuros, necessários a manter viva a empresa" (AVILA e JUNGLES, 2000).

Valeriano (2005) observa que "podemos definir planejamento como a aplicação sistemática do conhecimento humano para prever e avaliar cursos de ação alternativos com vistas à tomada de decisões adequadas e racionais, que sirvam de base para ação futura"

De acordo com Queiroz (2001), planejamento é a atividade essencial aos empreendimentos, a qual é desenvolvida desde antes de seu início até sua finalização, assumindo formas e denominações diferentes conforme o conjunto de tarefas desenvolvidas nas suas etapas.

Segundo Mattos (2010), a indústria da construção tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos, com a intensificação da competitividade, a globalização dos mercados, a demanda por bens mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias, o aumento do grau de exigência dos clientes, sejam eles os usuários finais ou não.

Com a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos, as empresas se deram conta de que investir em gestão e controle de processos é inevitável, pois sem essa sistemática gerencial os empreendimentos perdem de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa, informação rápida é um insumo que vale ouro. Nesse contexto, o processo de planejamento e controle passa a cumprir papel fundamental nas empresas, na medida em que tem forte impacto no desempenho da produção. Estudos realizados no Brasil e no exterior comprovam esse fato, indicando que deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos. Atualmente, mais do que nunca, planejar é garantir de certa maneira a perpetuidade da empresa pela capacidade que os gerentes têm em dar respostas rápidas e certeiras por meio do monitoramento da evolução do empreendimento e do eventual redirecionamento estratégico (MATTOS 2010).

3.1.2 Importância

Segundo MATTOS (2010), ao planejar um empreendimento, o gestor adquire alto grau de conhecimento do mesmo, o que lhe permitirá ser mais eficiente no desenvolvimento dos trabalhos. Os principais benefícios em desempenhar um bom planejamento para obra são:(Tabela 1) .

No Brasil, a evolução da área de planejamento ainda apresenta muita resistência em relação a países desenvolvidos ou grandes empresas internacionais, que estão constantemente criando novas regras e/ou linhas de gerenciamento de projetos com o objetivo de baratear os custos de produção ou encurtar o tempo de execução tornando o empreendimento algo mais lucrativo tanto para o executor como para o cliente. (Cattini Júnior, 1982).

Tabela 1 – Benefícios em desempenhar um bom planejamento

A.	Conhecimento pleno da obra;
B.	Detecção de situações desagradáveis;
C.	Agilidade de decisões;
D.	Relação com o orçamento;
E.	Otimização da alocação de recursos;
F.	Referência para acompanhamento;
G.	Padronização;
H.	Referência de metas;

ISSN 1809-3957

Tabela 1 (cont.) – Benefícios em desempenhar um bom planejamento

I.	Documentação e Rastreabilidade;
J.	Criação de dados históricos;
K.	Profissionalismo.

Fonte: Mattos, 2010.

IV. ARQUITETURA E URBANISMO

4.1 – A formação do profissional de arquitetura e urbanismo

O arquiteto e sua formação se dão através do curso de arquitetura e urbanismo que tem duração de cinco anos, onde são abordados temas com história da arte, história da arquitetura e do urbanismo, representação gráfica, informática, resistência dos materiais, construção, planejamento urbano, projeto de edificações, conforto ambiental, paisagismo, arquitetura de interiores, entre outros. A formação em um curso de arquitetura permite que atue em várias áreas como: estudo e planejamento de projetos, execução de desenho técnico, elaboração de orçamento, padronização, mensuração e controle de qualidade, execução de obra e serviços técnicos. Seu trabalho se inicia a partir do momento em que se escolhe o terreno para a construção, ou seja, a implantação de seu projeto; com parecer sobre localização, legislações idílicas e urbanas, aspectos ambientais e topográficos.

A formação em diversas áreas de um arquiteto permite um bom embasamento artístico e uma visão abrangente dos espaços. Os arquitetos devem estar preparados para executar um projeto em escala urbana, projetos de grande porte ou no interior de uma residência.

4.2 – Qual a importância de um arquiteto no planejamento de uma obra ou construção?

O arquiteto trabalha como um todo na concepção do espaço, na elaboração do projeto, leva em conta o ato de se pensar adequando e compreendendo a moradia como habitar e não simplesmente morar, pois, a palavra habitar quem vem de habitat, lugar para viver, de onde vem, sua origem significado de bem viver, integrando suas atividades diárias, rotina, como dormir, comer, banhar, descansar, desenvolver atividades, e bem-estar.

Diante dos inúmeros profissionais que podem atuar na obra além do engenheiro civil, podemos citar o arquiteto, este tem a habilidade de projetar e atuar no planejamento, fiscalização de serviços.

A figura do arquiteto como conhecemos hoje tem sua origem no século XV, tanto no campo profissional como o responsável pela concepção do edifício como no campo teórico com as publicações impressas dos primeiros tratados de arquitetura. Estas duas transformações são contemporâneas do surgimento de um outro profissional: o engenheiro. A retomada de elementos clássicos gregos e romanos na arquitetura italiana, que aconteceu a partir dos anos quatrocentos, simplificou algumas questões estruturais mais complexas enfrentadas pelos construtores medievais, como o retorno do arco pleno ou da cobertura plana em substituição aos arcos quebrados ogivais e as cúpulas e abóbadas de berço. Não que questões estruturais complexas fossem evitadas – como demonstra o fantástico engenho do primeiro arquiteto renascentista, Fillipo Bruneleschi, na construção da cúpula da Catedral de Santa Maria del Fiori (MAINSTONE, 1969) – mas a aplicação dos elementos clássicos romanos marcou significativamente o desenvolvimento inicial da profissão do arquiteto. Prova disso é a origem da teoria da arquitetura renascentista estar associada ao impacto do texto de um construtor-arquiteto romano do século I d.C., Vitruvius. O tratado de Vitruvius difundiu-se de modo significativo no início do século XV com a descoberta de um manuscrito bastante completo em Saint-Gall, na Suíça, em 1414, e em 1486 teve uma primeira edição impressa. O texto rapidamente se espalhou pela Itália e influenciou Alberti na organização do seu próprio tratado, o "De re aedificatoria", impresso um ano antes do próprio tratado de Vitruvius, em 1485 (HEARN, 2006). A circulação das versões impressas dos tratados de arquitetura não representava apenas a ampla disseminação da teoria da arquitetura, mas a possibilidade de associar imagens aos conceitos expressos no texto. O impacto destas publicações no campo da arquitetura foi enorme, como sugere Bill Addis ao afirmar que o "livro impresso ilustrado desempenhou um papel essencial no modo como a arquitetura veio a se estabelecer como uma disciplina independente; por essa razão, talvez, os livros dedicados à arquitetura tendiam a dar pouca importância ao papel desempenhado por engenheiros e artesãos na criação de edificações" (ADDIS, 2009).

4.3 – Porque os arquitetos não atuam diretamente no planejamento e execução de seus projetos?

Analisando os cursos de arquiteturas percebeu-se que todos apresentam disciplinas que possibilite a execução dos seus projetos, no entanto o que a realidade retratada é que os arquitetos pouco atuam no gerenciamento de obras, focando mais na parte projetual.

A resolução Nº 51, que cumpre o que está previsto na Lei 12.378/2010, no artigo 3º, em que está descrito: "O Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil - CAU/BR especificará, atentando para o disposto no caput, as áreas de atuação privativas dos arquitetos e urbanistas e as áreas de atuação compartilhadas com outras profissões regulamentadas".

A resolução nº 51 do CAU, além de se basear na Lei referida, também recebeu influências das diretrizes curriculares das universidades do país quanto ao ensino de Arquitetura e Urbanismo. O objetivo da regulamentação é possibilitar um maior controle das atividades realizadas, garantindo segurança na elaboração dos projetos, desenvolvidos por profissionais especializados, e de maneira a tornar mais transparente a divisão de atribuições entre as carreiras.

A resolução especifica as áreas de atuação dos arquitetos e urbanistas, dividindo-as em seis categorias: Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura de Interiores, Arquitetura Paisagística, Patrimônio Histórico, Cultural e Artístico, assim como o Planejamento Urbano e Regional e a área de Conforto Ambiental.

Nas áreas de atuação descritas, as atividades elencadas são privativas dos profissionais de Arquitetura e Urbanismo, como os projetos arquitetônicos de monumentos, projetos urbanísticos, projetos de sistema viário urbano, assim como atividades relacionadas ao meio acadêmico, como a coordenação em cursos de graduação de Arquitetura e Urbanismo e o ensino de teoria, história e projeto arquitetônico nas instituições de ensino.

V. GERENCIAMENTO DE OBRAS

O gerenciamento e planejamento de obras é uma interpretação de todas as atividades relacionadas ao projeto,

ISSN 1809-3957

envolvendo materiais, pessoas para assegurar uma execução com menos desperdícios e economia.

O termo projeto na literatura apresenta algumas variações, porém, todas consideram o sentido de desejo ou necessidade de alcançar algum resultado, meta ou objetivo específico, em um conjunto de atividades temporárias. O PMI, Project Management Institute (2008), através do seu guia de conhecimento sobre gerenciamento de projetos (PMBOK) coloca que projeto "é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo". A metodologia PRINCE 2, da OGC - Office of Government Commerce (2009), órgão do governo britânico, define projeto como "uma organização temporária criada com o propósito de entregar um ou mais produtos de negócio, de acordo com um Business Case pré acordado". Entende-se por Business Case, a ideia que gerará valor para organização, fazendo com que está mantenha o foco.

A partir da definição do que é projeto, o gerenciamento de projetos pode ser definido como a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos (PMI 2008). A OGC (2009) define gestão de projetos como o planejamento, delegação, monitoramento e controle de todos os aspectos do projeto, bem como a motivação dos envolvidos para atingir os objetivos do projeto dentro das metas de desempenho esperadas de tempo, custo, qualidade, escopo, riscos e benefícios.

A gestão é fundamental para conhecer quais os objetivos a atingir tanto a nível técnico, administrativo, econômico e financeiro, como no cumprimento do prazo disponível para a execução da obra. (MOUTINHO, IRENE VILA, 2003).

VI. CONCLUSÃO

Verificou-se que a construção civil no País, nos últimos anos vive um cenário de intensa busca por competitividade e simultaneamente na procura por aprimorar tecnologias para aumento de qualidade e eficiência, a fim de impulsionar a valorização dos seus empreendimentos, tal como instrumento fundamental onde as etapas de planejamento, coordenação, compatibilização de projetos e a gestão da obra, vem exercendo cada vez mais, o papel fundamental neste cenário, trazendo como resultado menos desperdício, maior produtividade e qualidade do produto final.

A cultura de planejar tem que ser implantada no Brasil, só assim será possível reduzir o preço das obras, tornado o valor final de imóveis residenciais e comercias mais acessível, movimentando ainda mais a economia. Com uma rentabilidade maior as construtoras deverão investir mais em construções que se adequam a real situação econômica da população, buscando sempre conforto aos usuários.

Neste trabalho, pretendeu-se analisar a falta de profissionais de arquitetura e urbanismo no planejamento de obras na cidade de Teresina/PI. A técnica utilizada neste estudo foi a de uma extensa revisão bibliográfica, buscando através desta apresentar aos profissionais que os mesmos podem se utilizar do planejamento e execução dos seus projetos.

As etapas da pesquisa apresentaram que tanto os profissionais de engenharia civil, quanto de arquitetura e urbanismo podem e devem se utilizar de ferramentas como o planejamento de obras para se ter uma diminuição de custos no valor da obra como um todo.

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram a necessidade de intervenções no meio acadêmico no sentido de difundir melhor a ideia de fazer o planejamento de obras por arquitetos e urbanistas.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDIS, Bill. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. **LEI Nº 12.378, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010.** Brasília/DF

BNDES SETORIAL. **BNDES Setorial, n. 31, mar. 2010**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 1995-. Semestral. ISSN 1414-9230

CIBC – Câmera brasileira da indústria da construção 2014. < http://www.cbic.org.br/>, acesso em 05 abril. 2017.

CARDOSO, Wesley. 2013. <http://www.engenhariae.com.br/colunas/construcao-civil-nobrasil> Acesso em: 05 abril. 2017

CATTINI JÚNIOR, ORLANDO. **Uma análise do planejamento e controle de projetos indústriais no Brasil.** EAESP - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 1982.

FORMOSO, C. T. **Planejamento da produção como processo. Programa de capacitação** – Sinduscon/SP, Módulo 1 – Seminário 1, 2000.

HEARN, Fil. **Ideas que han configurado edificios.** Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

JUNGLES, A.E.; ÁVILA, A. V. **Gerenciamento na Construção Civil.** Editora Argos, Chapecó, 2006.

MAINSTONE, Rowland J**. Brunelleschi's Dome of S. Maria del Fiore and some Related Structures. Transactions of the Newcomen Society**, v. 42, n. 1, p. 107–126, 1 jan. 1969.

MARTELLO, Alexandro <http://g1.globo.com/economia/noticia/2013/11/pib-daconstrucao-deve-acelerar-em-2014-e-pode-crescer-ate-4-diz-cbic.htm

>Acesso em: 05 abril. 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Ed. Pini, 2010.

Moutinho, Irene Vila. **Gestão e Organização de Obra**. Porto, Universidade Fernando Pessoa, 2003.

OGC**. Managing Successful Projects With Prince**. London: The Stationary Office, 2009.

OLIVEIRA, Valeria Faria. **O Papel da Industria da Construção Civil na Organização do Espaço e do Desenvolvimento Regional.** Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade de Taubaté (UNITAU), 4 Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Industria, 2012.

PALACIOS, Victor Hugo R., VILLACRESES, Xavier Esteban R. **Análise do perfil estratégico de empresas de construção civil de pequeno porte.** In: FORMOSO, Carlos

T. **Gestão da qualidade na construção civil: uma abordagem para empresas de pequeno porte.** 2. ed. Porto Alegre: Programa da Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul, 1995. 268 p. Cap. 2, p. 37-48.

PMI – Project Management Institute. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos.** (Guia PMBOK®) 4ed. Newton Square: Project Management Institute, Inc. 2008.

QUEIROZ, Mario Nalon de. **Programação e Controle de Obras.** Universidade Federal de Juiz de Fora, 2001.

VALERIANO, D. **Moderno gerenciamento de projetos.** 1ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PROPOSTAS DE AÇÕES PARA MELHORIA DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES DE ENSINO SUPERIOR FEDERAL: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

PROPOSALS FOR ACTIONS TO IMPROVE THE SUSTAINABLE PERFORMANCE OF FEDERAL HIGHER EDUCATIONAL BUILDINGS: CASE STUDY AT THE FEDERAL FLUMINENSE UNIVERSITY

DANIEL DE ALMEIDA SILVA; MARCELO JASMIM MEIRIÑO
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
danielalmeida@id.uff.br; marcelo@latec.uff.br

Resumo – A pesquisa procura realizar propostas de ações para melhoria do desempenho sustentável de edificações de ensino superior federal, utilizando como modelo exploratório duas edificações padrão UFASA, distantes 30 anos entre suas construções. Como marco temporal, observa-se duas fases de grande expansão universitária proporcionada pelo governo federal, o MEC-BID III e o REUNI. Foi utilizado revisão bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo para mapear a percepção dos especialistas que executam e gerenciam projetos, obras, operação e manutenção das edificações objetos do estudo. Como resultado, espera-se comprovar questões preliminares buscando relacionar os projetos verificados, com os indicadores de sustentabilidade de certificações reconhecidas pela sociedade, registrando as boas práticas de projeto para potencializar os critérios de avaliação de sustentabilidade.

Palavras-chave: PROCEL Edifica. Sustentabilidade. UFASA. Etiquetagem de edificação

Abstract - The research seeks to make proposals for actions to improve the sustainable performance of federal higher education buildings, using as an exploratory model two UFASA standard buildings, distant 30 years between their constructions. As a time frame, there are two phases of great university expansion provided by the federal government, MEC-BID III and REUNI. Bibliographical review, documentary research and field research were used to map the perception of the specialists who execute and manage the projects, works, operation and maintenance of the object of the study. As a result, is expected to prove preliminary issues seeking to relate the verified projects, with the sustainability indicators of certifications recognized by the company, recording good project practices to enhance the criteria for sustainability assessment.

Keywords: Keywords: PROCEL Edifica. Sustainability. UFASA. Building Tagging

I. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil se caracteriza como um grande consumidor dos recursos naturais e energia em todo o mundo (KERN, et. al, 2016) tendo papel fundamental para a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável (MMA, 2016a). Também se destaca como o setor que mais possibilidade tem em incorporar resíduos em novos materiais (SANTOS, et al., 2011).

Devido ao processo contínuo de expansão, o setor se caracteriza como responsável direto pela construção da estrutura urbana e através da sua atividade, já explorou cerca de 30 a 40% dos bens naturais do planeta para fabricação de elementos construtivos.

É responsável por gerar cerca de 40% dos resíduos não industriais que impactam o meio ambiente, iniciando na fase da extração de matérias-primas e fabricação dos elementos construtivos, passando pela construção, utilização, manutenção e a demolição. (MAGDALENO, 2015; FARIA, 2015; FILHO, et al., 2014), também promove impacto direto no conceito de sustentabilidade além de possuir a capacidade de promover mudanças nas esferas sociais e da qualidade de vida (MACEDO e MARTINS, 2015).

No Brasil, os dados referentes aos resíduos da construção civil (RCC) correspondem ao percentual de 50% a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos (RSU) (MMA, 2011; IPEA, 2012; FILHO, et al., 2014).

Para Barbosa (2016), os centros urbanos são caracterizados por serem vítimas e vilões das mudanças climáticas, pois concentram mais de 50% da população mundial consumindo 70% da energia elétrica gerada no mundo através das atividades econômicas. Segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010) o Brasil concentra uma população urbana de 84,6%, e estima-se que chegará a 90% em 2020, segundo o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos.

Diante do cenário atual, a redução do consumo de recursos naturais e do consumo energético deve ser visto como um grande desafio para o setor da construção civil (KERN, et. al, 2016).

Neste sentido, segundo Fernandes, et al. (2015), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem implementado ações contínuas de controle e gestão que visam minimizar os impactos socioambientais e através de leis, decretos e normas tem incentivado a etiquetagem das edificações obrigando que a gestão pública seja eficiente e rigorosa com relação ao ambiente natural e construído, obtendo boas práticas de gestão socioambiental e preservação, garantindo impactos e resultados positivos, tanto no meio ambiente como na sociedade.

Na Universidade Federal Fluminense (UFF) o Programa de Restruturação e Expansão das Universidades

ISSN 1809-3957

Federais (REUNI), iniciado em 2003, conforme o Relatório de Gestão 2006-2014, possibilitou um crescimento de 72% em área construída, passando de 248.401,50 m² para 428.401,50 m² em 2014 (UFF, 2014) havendo um aumento dos custos de operação e manutenção das edificações e das áreas comuns dos campi.

O campus do Gragoatá, inicialmente implementado na década de 1980, possuía anteriormente ao REUNI seis blocos do tipo UFASA[1], passando de 34.345m² para 84.118m² através da construção de outros seis blocos UFASAs e outras duas edificações diferenciadas, representando assim um aumento de 145% de área construída e também passando a coexistir duas gerações de edificações tipo UFASA.

O objetivo da pesquisa é obter uma análise, sob o ponto da sustentabilidade, entre as duas gerações de projetos tipo UFASA, identificando as possíveis melhorias e evoluções ocorridas, apropriando ações baseadas em critérios de certificação ambiental e validar as propostas de melhorias através de questionário aplicado junto aos servidores ligados ao desenvolvimento de projetos e fiscalização de obras da universidade.

II. SUSTENTABILIDADE E INFLUÊNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo sustentabilidade começou a ser propagado mundialmente a partir da realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano – *United Nations Conference on the Human Environment* (UNCHE), em junho de 1972, em Estocolmo, vindo a ganhar maiores proporções no âmbito nacional com a realização da Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO ECO-92).

Segundo Coelho e Araújo (2012), o conceito de desenvolvimento sustentável é sistêmico e amplo, pois não se reduz somente ao discurso ambientalista sendo interdisciplinar e definido numa perspectiva econômica, política, social, cultural e ambiental, com o objetivo de satisfazer as necessidades das atuais gerações, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades.

Segundo o Relatório da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987 ou "Relatório Brundtland[2]", diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e material, sem agredir o meio ambiente, ou seja, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.

Por ser resultado de processos dinâmicos, decorrentes da construção e reconstrução de relações pela busca de resultados, ocorre através da integração das pessoas e no compartilhamento de responsabilidades, logo, indivíduos, empresas ou nações não poderão alcançar a plenitude do conceito isoladamente (COELHO e ARAÚJO, 2011; OLIVEIRA *et al*., 2012).

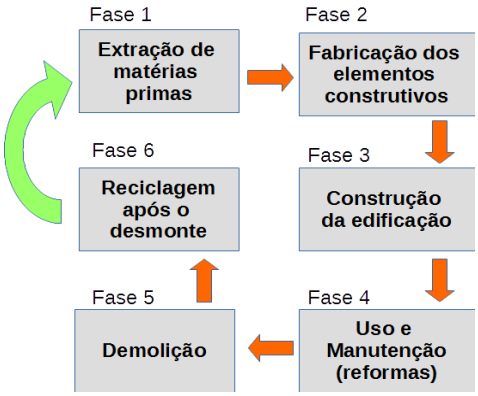
Com foco na construção civil, Baratella (2011) registra que o projeto de construção de edificações é responsável por repercussões durante um longo período de tempo, relacionado com a eficiência da estrutura edificada e aos impactos ambientais que poderá causar, visto que o padrão atual de construção proporciona vida útil média de 80 anos.

Reforça-se assim que o planejamento é a principal definidora dos conceitos de sustentabilidade e eficiência da edificação, sendo nesta fase definidos os materiais e sistemas utilizados.

Segundo o PROCEL INFO (2016), se o conceito de sustentabilidade e eficiência energética estiverem aplicados desde a fase de planejamento, projeto e implantação pode-se alcançar reduções de 50% da redução no consumo de energia elétrica. Já, se estes conceitos forem buscados em edificações construídas e em operação, o índice de redução do consumo possui resultados menos expressivos, estimados em 30%, além de demandarem altos investimentos de recurso financeiro para implantação, devido às intervenções através de obras.

Ainda neste sentido, a fase de desmonte ou demolição deve ser realizada sob criterioso planejamento, garantindo o reaproveitamento dos materiais em novos empreendimentos, reduzindo o impacto no meio ambiente, conforme figura 1.

Figura 1 - Ciclo de vida da indústria da construção civil



Fonte: adaptado de TAVARES (2006)

III. CERTIFICAÇÕES

A certificação em edificações tem como intenção adequar os diversos tipos de empreendimentos e promover um ranqueamento através de índices de eficiência em diversas esferas dos sistemas utilizados nas construções, estimulando o desenvolvimento e a pesquisa de novas tecnologias que proponham redução de consumo através de materiais e sistemas inovadores.

No Brasil, de acordo com Fernandes, *et al.* (2015), desde a crise energética de 2001, cresceu a preocupação da sociedade em relação ao consumo energético.

O impasse das megacidades, de serem vítimas e vilãs, aliando desenvolvimento à sustentabilidade, concede espaço para o crescimento das certificações, selos e etiquetas de eficiência, existindo diversos tipos nacionais, internacionais e os adaptados à realizada brasileira, como o LEED e o AQUA-HQE, conforme Tabela 1.

[1] – UFASA: Unidade Funcional de Administração e Salas de Aula. Trata-se de unidades arquitetônicas que se repetem nos campi da UFF, configuradas num modelo que responde adequadamente a cada atividade, isto é, unidades padronizadas, porém flexíveis. Fonte: Superintendência de Arquitetura e Engenharia da UFF

[2] – Gro Harlem Brundtland é uma política, diplomata médica norueguesa, e líder internacional em desenvolvimento sustentável e saúde pública, tendo fundado e presidido a Comissão Internacional sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (WCED) e também como diretora-geral da Organização Mundial da Saúde (OMS).

ISSN 1809-3957

Tabela 1: Principais certificações existentes.

CERTIFICAÇÃO	ORIGEM	LANÇAMENTO
PROCEL	Brasil	1985
BREEAM	Reino Unido	1990
SBTool	Internacional	1990
HQE	França	1990
PBQP-H	Brasil	1991
LEED	Estados Unidos	1998
PROCEL Edifica	Brasil	2003
Processo AQUA	Brasil	2008
Selo Casa Azul	Brasil	2010

Fonte: Adaptado de Costa e Moraes (2013)

Nacionalmente, os mais expressivos são o AQUA, o LEED e o PROCEL Edifica.

Priorizou-se nesta pesquisa o AQUA e o PROCEL Edifica, sendo o primeiro devido a maior aderência aos objetos estudo de caso, promovendo, segundo Costa e Moraes (2013), respostas mitigadoras aos impactos ambientais sobre o meio exterior e sobre a qualidade dos espaços internos e o segundo, devido à obrigatoriedade, conforme a IN SLTI 02/2014, que se impõem sobre as administrações federais, diretas ou indiretas, além da obrigatoriedade de aquisições etiquetadas como nível A pelo Selo Procel também a obrigatoriedade em elaborar seus projetos e reformas visando obter o nível A de eficiência energética.

O processo Alta Qualidade Ambiental (AQUA) resulta de uma adequação ao contexto regional brasileiro tendo como base o modelo francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE).

Iniciado em 2007 pela Fundação Vanzolini, é definida como um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo a reabilitação, sendo ainda o primeiro a ser desenvolvido para o contexto brasileiro, conforme explicita Reis (2015) e a Fundação Vanzolini (2016).

Avalia a edificação através de 14 categorias diversas, dividas em 4 grupos – energia; meio ambiente; saúde dos ocupantes e vizinhança; conforto dos ocupantes vizinhança, atribuindo pontos e sendo possíveis 5(cinco) classificações finais, divididas em HQE PASS – menos sustentável; HQE GOOD; HQE VERY GOOD; HQE EXCELLENT; HQE EXCEPTIONAL – mais sustentável

Já o PROCEL Edifica, derivado em 2003 do então Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para aparelhos consumidores de energia, avalia os elementos da edificação sob o aspecto da eficiência do consumo energética.

Nas edificações residenciais são avaliados, através do RTQ-R, a envoltória e os sistemas de aquecimento de água.

Nos prédios comerciais, de serviços e públicos, a avaliação ocorre através do RTQ-C e são avaliados a envoltória, a climatização e a iluminação.

Em ambos os casos, a edificação é classificada do nível “A”, mais eficiente, até o nível “E”, menos eficiente, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Níveis de Eficiência do RTQ-C.

Fonte: ELETROBRAS; PROCEL EDIFICA; CB3E, 2016

IV. ESTUDO DE CASO

Para desenvolvimento do estudo de caso, elegeu-se dois blocos UFASAs representando cada um, uma geração diferente de projeto e construção, conforme apontado na introdução.

Incialmente, realizou-se a avaliação segundo os critérios do PROCEL Edifica, através do RTQ-C, que devido à natureza dos critérios do PROCEL, limitou-se à eficiência do consumo energético. Seguiu-se então a uma complementação na avaliação através dos critérios do AQUA-HQE, obtendo uma avaliação plena das edificações e da relação destas com o entorno e vizinhança.

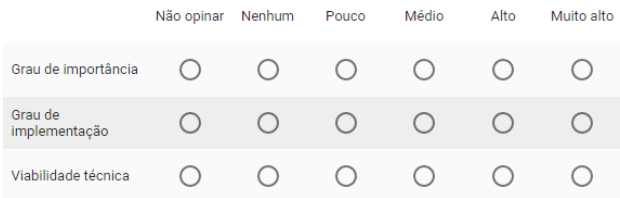
Pelo PROCEL Edifica, o bloco representante da primeira geração de UFASA, obteve classificação final “D”, e a edificação representante da nova geração obteve classificação final “C”. Todos os cálculos foram realizados através de aplicação de fórmulas e informações em tabela eletrônica.

Quanto a classificação do AQUA-HQE, não foi possível classificar nenhuma das duas edificações, pois os critérios tidos como base não foram atendidos na plenitude.

As definições de ambas as certificações, geraram uma lista de 50(cinquenta) apontamentos de ações de melhoria de projetos ou de operação que, se implementadas, possibilitariam um alinhamento das edificações com níveis elevados de eficiência energética e de sustentabilidade.

A validação destas 50 ações de melhorias foi realizada através da aplicação de um questionário, modelado com questões do tipo fechadas e abertas, que apropriaram 3 dimensões de cada ação segundo uma escala de percepção do tipo Likert com seis níveis, conforme figura 3 e foram direcionadas ao corpo técnico do setor de obras e projetos da UFF.

Figura 3 - Escala de respostas do questionário



Fonte: Autor (2017)

A dimensão Grau de importância visou medir a percepção do quão importante é a ação proposta para o desempenho sustentável das edificações em análise.

O Grau de implementação verificou a percepção do respondente para o quanto da ação proposta já está aplicada nas edificações da universidade.

A Viabilidade técnica mediu a possibilidade de execução da ação diante das possíveis dificuldades técnicas percebidas pelo respondente. Registra-se que neste item foi descartada propositalmente a percepção da dificuldade financeira, pois dependeriam de estudos mais profundos de cada ação sobre o custo, o tempo de retorno do investimento e ainda a disponibilidade financeira dentro da dotação orçamentária, visto tratar-se de uma autarquia federal.

Através das maiores frequências de respostas de cada ação ou proposta, obteve-se as tendências segundo os 6 grupos de análise: Energia; Conforto dos usuários; Intervenção e mobilidade dos usuários nas áreas externas; Manutenção das edificações e instalação de canteiros de obras; Gestão da água, de resíduos e saúde dos usuários; Sensibilização dos usuários e visitantes.

ISSN 1809-3957

Verificou-se que para as propostas de energia 39,13% atribuíram importância muito alta. Para o grau de implementação, 33,33% consideraram as ações como pouco implementadas e para viabilidade técnica, 30,80% consideraram como grau médio de possibilidade.

Quanto ao grupo conforto dos usuários, 31,68% atribuíram importância média para as ações. Para o grau de implementação, 29,81% consideraram pouco implementadas e para a viabilidade técnica, 28,57% consideraram como grau médio de possibilidade.

Na categoria de ações relacionadas com a intervenção e mobilidade dos usuários nas áreas externas, 32,61% dos respondentes atribuíram importância alta. 23,91% consideraram como nenhuma ação implementada e 31,88% como grau médio de viabilidade de execução.

Já nas ações de manutenção das edificações e instalação de canteiros de obras, 42,86% dos respondentes atribuíram importância alta. 23,84% consideraram como médio o grau de implementação e 31,06% como grau médio de viabilidade de execução.

Na categoria relacionada à gestão da água, de resíduos e com a saúde dos usuários, 41,30% dos respondentes atribuíram importância alta. 28,26% consideraram como nenhum o grau de implementação e 25,36% como grau médio de viabilidade de execução.

Finalmente, para ações relacionadas com a sensibilização dos usuários e visitantes, 50% dos respondentes atribuíram importância muito alta. 34,78% consideraram como nenhum o grau de implementação e 32,61% como grau muito alto de viabilidade de execução.

V. CONCLUSÃO

A partir do referencial teórico e dos estudos de caso foi possível mapear os requisitos de sustentabilidade que promoveriam a melhoria das edificações e validar, junto aos profissionais do setor de obras e projetos da instituição, a percepção para a importância, a percepção sobre o quanto já está implementado e a viabilidade técnica dos cinquenta requisitos propostos.

Percebe-se que os projetos, mesmo distantes aproximadamente 30 anos, não se diferenciaram muito quanto a possíveis atualizações tecnológicas ocorridas neste período.

Como resultado geral, apesar da análise ter se restringido a apenas duas edificações, pôde-se atingir os objetivos do estudo, considerando o padrão construtivo e a repetição dos elementos analisados dentro da UFF, onde se propõe a replicação das propostas nas demais edificações que seguem o padrão construtivo UFASA, facilitando a implantação em todo o campus universitário.

Ressalta-se que cada recomendação realizada, deverá ser precedida de avaliações criteriosas do ganho ambiental, do investimento a ser realizado e do tempo de retorno financeiro e que resultará da ação, pois podem ser implantadas de forma gradativa e conforme a disponibilidade financeira da instituição, seguindo um planejamento de curto, médio e longo prazo e garantindo a justificativa e transparência do uso do recurso público.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARATELLA, Paula Roberta de Moraes. **Análise do desenvolvimento de indicadores para avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros**. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.

BARBOSA, V. **Pronto para o impacto? 5 ameaças da mudança climática**. Revista Exame.com, nov. 2016.

COELHO, Saulo do Oliveira Pinto; ARAÚJO, André Fabiano Guimarães. **A sustentabilidade como princípio constitucional sistêmico e sua relevância na efetivação interdisciplinar da ordem constitucional econômica e social: para além do ambientalismo e do desenvolvimentismo**. Revista da Faculdade de Direito - UFU, v. 39, n. 1, 2011.

COSTA, Eduardo Dalla; MORAES, Clauciana Schmidt Bueno. **Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental).** Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v. 10, n. 3, 2013.

ELETROBRÁS; PROCEL EDIFICA; CB3E. **Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas**. 2014. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual-A.pdf>. Acessado em: setembro de 2016

FARIA, Thiago Marcondes. **Avaliação de desempenho em edifícios: Um estudo de caso na Universidade Federal Do ABC**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade) do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho, 2015.

FERNANDES, José Luiz et al. **Um estudo de caso de sustentabilidade aplicada a construção civil conforme etiquetagem do programa PBE Edifica**. Revista Augustus, v. 20, n. 40, p. 28-45, 2016.

FILHO, J. A. P.; DIAS, A. J. G.; CORTES, P. L. **Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal**. Desenvolvimento e Meio Ambiente - DeMA, v. 29, p. 155–169, 2014.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE**. Disponível em: <http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>. Acesso em: dez. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Nacional 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/index.php>. Acesso em: novembro de 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEIA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf>. Acesso em: novembro de 2016.

KERN, A. P. et al. ***Energy and water consumption during the post-occupancy phase and the users' perception of a commercial building certified by Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)**. Journal of Cleaner Production, v. 133, p. 826–834, 2016.

ISSN 1809-3957

MACÊDO, A. T. de; MARTINS, M. de F. **A sustentabilidade urbana sob a ótica da construção civil: um estudo nas empresas construtoras de Campina Grande-PB**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, v. 4, n. 1, p. 139–157, 2015.

MAGDALENO, Anna Carolina Ribeiro Mendes; NÓBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues da. **Metodologias para qualificação de obras civis sustentáveis**. Revista Augustus, v. 20, n. 40, p. 70–83, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Cenário Nacional**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/10575-cen%C3%A1rio-nacional>. Acesso em: fevereiro de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2011.

PROCEL INFO. PROCEL EDIFICA – **Eficiência Energética nas Edificações**. Disponível em:<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acessado em: agosto de 2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA OS ASSENTAMENTOS HUMANOS. – ONU-HABITAT. **Estado das Cidades da América Latina e Caribe**, 2012. Disponível em <http://unicrio.org.br/onu-lanca-relatorio-sobre-cidades-latino-americanas/>. Acessado em: setembro de 2016.

REIS, Daniel Costa. **Ferramenta de apoio ao desenvolvimento de projetos no âmbito da sustentabilidade na construção**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2015.

SANTOS, M. F. N. DOS et al. **Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil.** Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 6, n. 2, p. 57–73, 2011.

TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de Edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

UFF – UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. **Relatório de Gestão 2006 – 2014**. 2015. Niterói. Disponível em: <http://www.noticias.uff.br/noticias/2014/11/relatorio-de-gestao-2006-2014.pdf>. Acessado em: fevereiro 2016.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVI International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 - 2009

CHEMICAL ACCIDENTS IN INDUSTRIAL ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 - 2009

ANGÉLICA VIEIRA DE SOUZA[1], AURO APARECIDO MENDES[1]
1 - UNESP, RIO CLARO-SP
angelicaviso@hotmail.com; auromendes@uol.com.br

Resumo – O presente trabalho tem por objetivo identificar os principais acidentes com produtos químicos ocorridos nas atividades industriais: armazenamento, descarte e produção, considerados riscos industriais; e as contaminações do ar provocadas por esses acidentes, na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas; Sorocaba; São José dos Campos; e Santos, localizadas no estado de São Paulo – Brasil, no período de 1980 – 2009. Com base nos dados disponibilizados pelo Sistema de Informações Sobre Emergências Químicas – SIEQ da CETESB. Cabe ressaltar, que a espacialização dos acidentes e de contaminações não consta no Sistema mencionado. Assim sendo foi realizado um inventário de todos os acidentes com produtos químicos e contaminações do ar ocorridas nas regiões selecionadas, no período de 1980 a 2009, nas atividades industriais e mapeamento dos mesmos, usando o Software Arc Gis10 (ESRI, 2013). A metodologia consiste em levantamento bibliográfico e de dados estatísticos, entre outras a elaboração de tabelas e mapas que foram utilizados como ferramentas para a redação deste trabalho. No período de 1980 a 2009, as regiões selecionadas para o estudo apresentaram um total de 1.010 acidentes com produtos químicos nas atividades industriais, representando 91,8% do total de acidentes com produtos químicos nessas atividades, registrados no estado de São Paulo pelo SIEQ – CETESB, o que evidencia a relevância dessas regiões para a realização desse estudo. No período em análise, as regiões selecionadas apresentaram nas atividades industriais um total de 79 acidentes com produtos químicos com contaminação do ar.

Palavras-chave: Acidentes com produtos químicos. Contaminação do ar. Atividades Industriais.

Abstract – This article aims to identify the main accidents with chemical products that occurred in industrial activities: storage, disposal and production, considered industrial risks; And the air pollution caused by these accidents, in the Metropolitan Region of São Paulo and in the Administrative Regions of Campinas; Sorocaba; São José dos Campos; and Santos, located in the São Paulo State, Brazil, from 1980 to 2009. Based on data provided by the Chemical Emergencies Information System (CETESB). It should be noted that the spatialisation of accidents and contamination is not mentioned in the mentioned system. Thus, accomplished an inventory of all accidents with chemical products and air contamination occurred in the selected regions, from 1980 to 2009, in industrial activities and mapping of them, using the Arc Gis10 Software (ESRI, 2013). The methodology consists of a bibliographical survey and statistical data, among others the elaboration of tables and maps that were used as tools for the writing of this article. In the period from 1980 to 2009, the regions selected for the study presented a total of 1,010 accidents with chemicals in industrial activities, representing 91.8% of the total number of chemical accidents in these activities, registered in the São Paulo state by SIEQ - CETESB, which shows the relevance of these regions for this study. In the period under review, the selected regions had a total of 79 accidents with chemical products with air contamination.

Keywords: Chemicals accidents. Air contamination. Industrial Activities.

I. INTRODUÇÃO

A origem do termo risco é remetida ao latim, com as palavras *rixare* que significa combater, ou *researe* com o significado de eliminar, e também com o termo grego *rhizon*, e o termo árabe *risk*. De acordo com Veyret e Richemond (2013), o termo risco refere-se, simultaneamente, ao potencial de perigo e os efeitos em uma ocorrência perigosa.

Conforme Donze (2013), o risco é um objeto geográfico, devendo ser estudado em termos espaciais, pois é composto da interação entre o espaço industrial e os espaços urbanos e rurais.

De acordo com Giddens (1991), com o desenvolvimento industrial, além da ameaça à fauna e à flora, há acontecimentos que colocam em perigo, também a vida humana. Os riscos excedem as fronteiras territoriais, de onde foram gerados, e temporais.

Segundo Giddens (1991), são sete categorias referentes aos riscos, com classificação em duas formas principais, a primeira engloba os quatros primeiros itens da classificação, com alteração da distribuição objetiva de riscos, e a segunda abrange as três últimas categorias, referente a percepção dos riscos e alteração desse risco:

> 1. Globalização do risco no sentido da intensidade: por exemplo, a guerra nuclear pode ameaçar a sobrevivência da humanidade.
> 2. Globalização do risco no sentido da expansão da quantidade de eventos contingentes que afetam todos ou ao menos grande quantidade de pessoas no planeta: por exemplo, mudanças na divisão global do trabalho.
> 3. Risco derivado do meio ambiente criado, ou natureza socializada: a infusão de conhecimento humano no meio ambiente material.
> 4. O desenvolvimento de riscos ambientais institucionalizados afetando as possibilidades de vida de milhões: por exemplo, mercados de investimentos.

ISSN 1809-3957

> 5. Consciência do risco como risco: as "lacunas de conhecimento" nos riscos não podem ser convertidas em "certezas" pelo conhecimento religioso ou mágico.
> 6. A consciência bem distribuída do risco: muitos dos perigos que enfrentamos coletivamente são conhecidos pelo grande público.
> 7. Consciência das limitações da perícia: nenhum sistema perito pode ser inteiramente perito em termos das consequências da adoção de princípios peritos (GIDDENS, 1991, p. 137-138).

O ambiente de risco é tratado por Giddens (1991), nas duas primeiras categorias. A primeira retrata a intensidade de risco, evidenciando que determinados tipos de riscos atingem a todos, mas alerta que muitos riscos são distribuídos desigualmente entre ricos e pobres. A dimensão dos ambientes de risco é tratada na segunda categoria, refere-se a falta de controle local devido ao surgimento de novos riscos (GIDDENS, 1991, p. 138 -139).

As alterações no tipo de ambiente de risco são retratadas nas terceira e quarta categorias, devido transformação da natureza surge uma diversidade de perigos ecológicos (GIDDENS, 1991, p. 140 -141).

A quinta categoria refere-se à solução por meio da religião ou da magia em questões de falta de conhecimento de determinados riscos. As categorias sexta e sétima apresentam a limitação de perícia sobre os ambientes de risco, gerando um problema (GIDDENS, 1991, p. 143).

De acordo com Porto (2007) o risco deve ser considerado no encontro entre tempo, lugares e pessoas, como processo histórico, dinâmico e cíclico de produção e difusão de sistemas sócio-técnico-ambientais (STAs). Os STAs são compostos por:

> Sistemas técnicos (tecnologias produtivas, de consumo ou relacionadas às infraestruturas urbanas, de moradia e circulação), humanos (pessoas e comunidades que neles atuam, circulam e podem estar expostas aos riscos, bem como as organizações existentes) e ambientais (entendidos como o sistemas que produzem ou afetam os mecanismos vitais de suporte à vida, como o ar, a água e os alimentos (PORTO, 2007, p. 31).

A integração e contextualização, na abordagem dos riscos, são realizadas por um modelo que deve integrar o tempo, os lugares, as pessoas e populações atingidas, evidenciando a interação entre dinâmicas globais e locais. O nível local refere-se ao espaço concreto da vivência, trabalho e circulação das pessoas, enquanto que o nível global caracteriza as estruturas e dinâmicas mais gerais da sociedade (PORTO, 2007, p. 39 - 40).

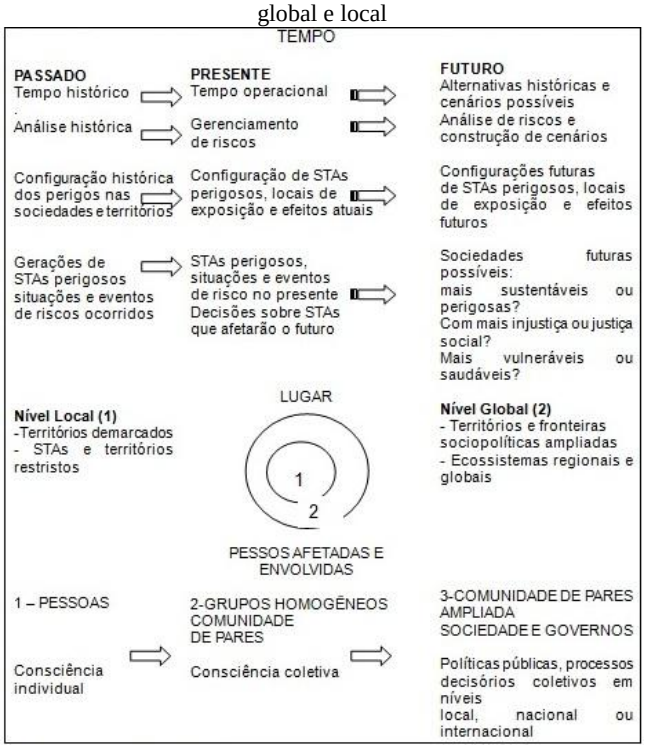
> O nível local é, por excelência, o espaço operacional da prevenção de riscos, ao passo que o global é o da promoção da saúde no sentido de impulsionar mudanças estruturais no modelo de desenvolvimento existente e nas culturas presentes numa sociedade (PORTO, 2007, p. 40).

Ocorre uma subordinação do nível local sobre o nível global, porém os níveis locais também influenciam os níveis globais, no caso dos riscos ambientais podem atingir a vida de muitas pessoas e influenciar desde a opinião pública, até os governos com alterações na legislação (PORTO, 2007, p. 42).

> É no nível local que ocorrem os encontros particulares entre tempo, lugares e pessoas, cujas interações e possibilidades, por sua vez, são configuradas historicamente pelos modelos de desenvolvimento passados e vigentes. Além da exposição ambiental e dos efeitos à saúde decorrentes dos riscos, o nível local é também o espaço onde as pessoas se mobilizam e se organizam para enfrentar os riscos em seus cotidianos (PORTO, 2007, p. 40).

Conforme Quadro 1, verifica-se a conceituação de risco como fenômeno multidimensional e cíclico, com definição nas escalas espaciais, temporais e populacionais.

Quadro 1: Diagrama tempo-lugar-pessoas dos riscos e níveis global e local



Fonte: PORTO, 2007, p. 194.

A associação entre as dimensões tempo, lugar e pessoas dá-se com a representação pelo tempo histórico ou pelo tempo físico, pelas infraestruturas e instalações, e pelos indivíduos expostos aos riscos (PORTO, 2007, p. 193).

II. PROCEDIMENTOS

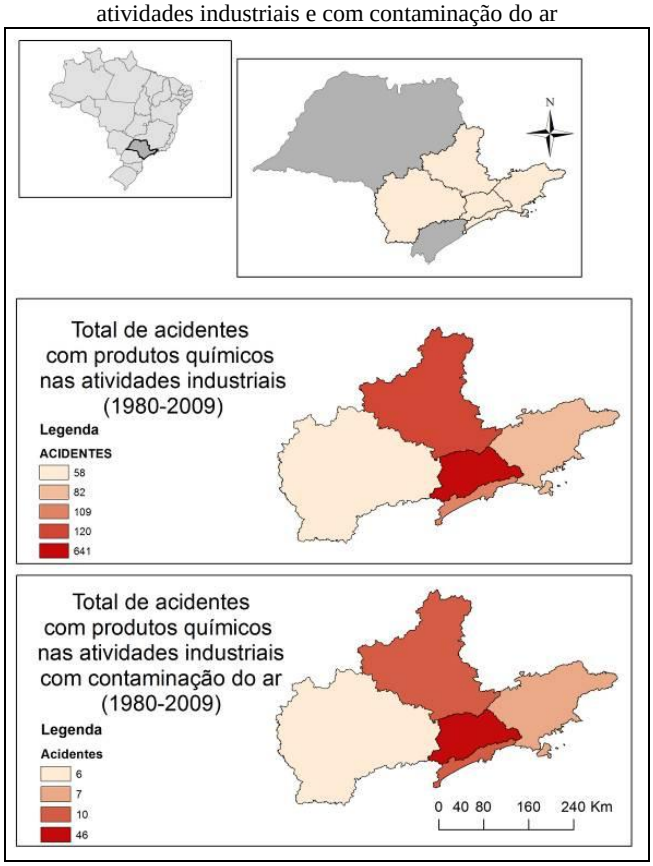
Neste artigo foi realizado um levantamento junto ao SIEQ da CETESB, dos acidentes ocorridos nas atividades industriais na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas, Santos, São José dos Campos e Sorocaba. Posteriormente, realizou-se uma classificação do levantamento realizado, selecionando os acidentes que ocasionaram contaminação do ar e quais eram os produtos referentes a cada acidente, para análise da distribuição espacial desses acidentes. A próxima etapa foi a realização do mapeamento dos acidentes das atividades industriais com contaminação do ar por região selecionada, usando o Software Arc Gis10 (ESRI, 2013).

ISSN 1809-3957

III. RESULTADOS

No período de 1980 a 2009, o estado de São Paulo apresentou na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas, Sorocaba, São José dos Campos e Santos um total de 1.101 acidentes com produtos químicos nas atividades industriais (armazenamento, descarte e indústria), representando 91,8% do total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais, registrados no estado de São Paulo pelo SIEQ-CETESB. A Região Metropolitana de São Paulo apresentou 641 acidentes e as Regiões Administrativas, o seguinte registro: Campinas com 120 acidentes; Santos com 109 acidentes; São José dos Campos com 82 acidentes e Sorocaba com 58 acidentes. Conforme Mapa 1.

Mapa 1 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar



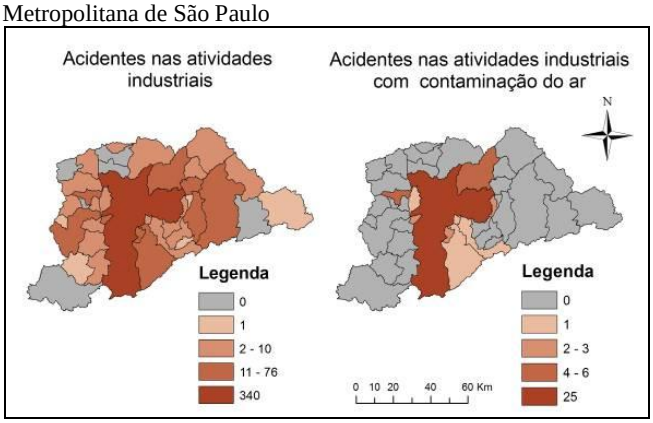
Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

Conforme Mapa 1 representa-se o total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e do total de acidentes nas atividades industriais com produtos químicos que ocasionaram contaminação do ar nas regiões selecionadas.

No período em análise, as regiões selecionadas apresentaram um total de 79 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar, correspondendo a 7,8% dos acidentes registrados nessa atividade. Os registros ocorreram da seguinte maneira: 46 acidentes na Região Metropolitana de São Paulo, 10 acidentes na Região Administrativa de Campinas, 10 acidentes na Região Administrativa de Santos; 7 acidentes na Região Administrativa de São José dos Campos e 6 acidentes na Região Administrativa de Sorocaba.

A Região Metropolitana de São Paulo apresentou 46 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Osasco; Santo André; São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul com contaminação por ácido clorídrico, solução hidróxido de sódio, soda caustica e ácido nítrico; 2 acidentes em cada município de Diadema e Ferraz de Vasconcelos, com contaminação por gases de petróleo liquefeitos, hidróxido de amônio, amônia solução e líquido inflamável; 3 acidentes no município de Taboão da Serra com contaminação por gases de petróleo liquefeitos; 4 acidentes no município de Barueri com contaminação por dióxido de enxofre, amônia solução e persulfato de amônio; 6 acidentes no município de Guarulhos com contaminação por tolueno e amônia anidra; e 25 acidentes no município de São Paulo com contaminação por amônia anidra, resíduo líquido, nitrocelulose, soluções inflamáveis, dióxido de enxofre, ditiocarbamato de sódio, peróxido de hidrogênio, nafta e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 2.

Mapa 2 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar na Região Metropolitana de São Paulo



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

A Região Administrativa de Campinas apresentou 10 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Campinas, Cordeirópolis, Espírito Santo do Pinhal, Limeira, Louveira, Monte Alegre do Sul, São João da Boa Vista e Várzea Paulista, com contaminação por amônia anidra e produtos químicos diversos; e 2 acidentes no município de Americana com contaminação por amônia anidra. Conforme Mapa 3.

A Região Administrativa de Santos apresentou 10 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente no município de Guarujá, 4 acidentes no município de Santos e 5 acidentes no município de Cubatão, com contaminação por amônia anidra e cloro. Conforme Mapa 4.

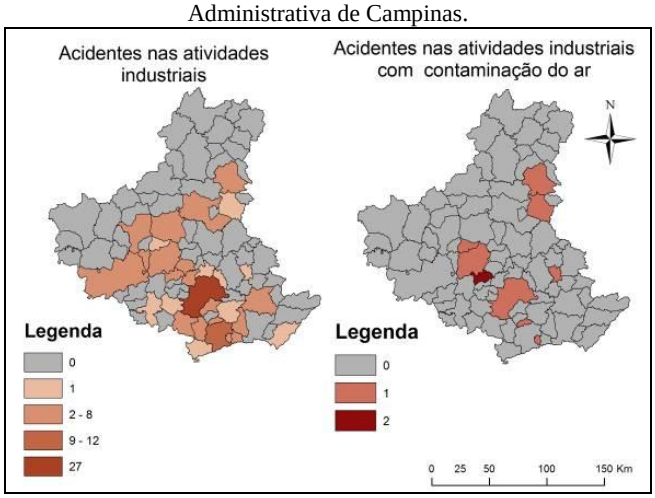
A Região Administrativa de São José dos Campos apresentou 7 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Jacareí, Piquete, São Sebastião e Taubaté; e 3 acidentes no município de Guaratinguetá. Com contaminação por tintas solventes, acido nítrico, enxofre, acrilato de butila e acrilato de etila. Conforme Mapa 5.

A Região Administrativa de Sorocaba apresentou 6 acidentes nas atividades industriais com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Alambari, Itatinga, Salto e São Manuel; e 2 acidentes no município de Sorocaba. Com contaminação por

ISSN 1809-3957

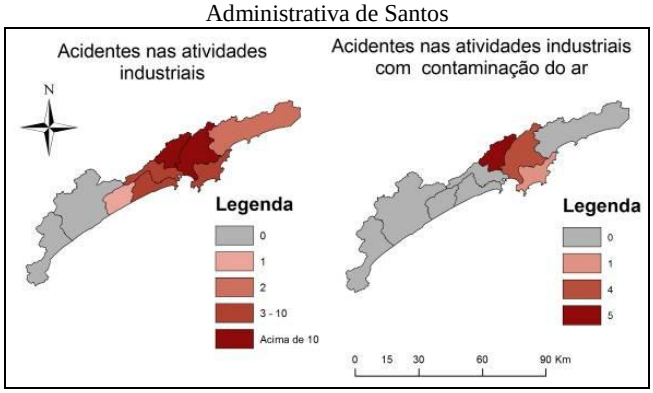
hidróxido de potássio solução, ácido clorídrico solução, hidróxido de sódio solução, soda caustica, ácido sulfúrico, ácido crômico e amônia anidra. Conforme Mapa 6.

Mapa 3 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar na Região Administrativa de Campinas.



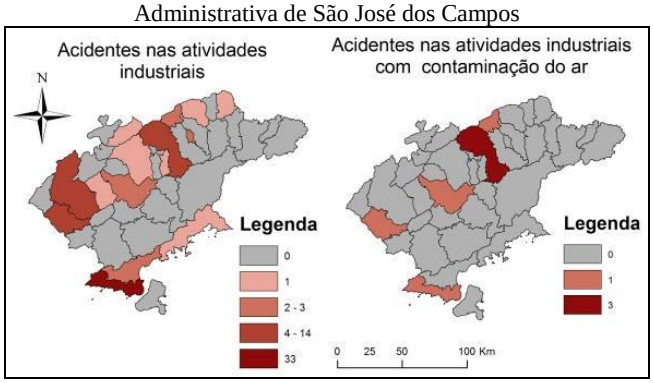
Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

Mapa 4 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar na Região Administrativa de Santos



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

Mapa 5 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar na Região Administrativa de São José dos Campos

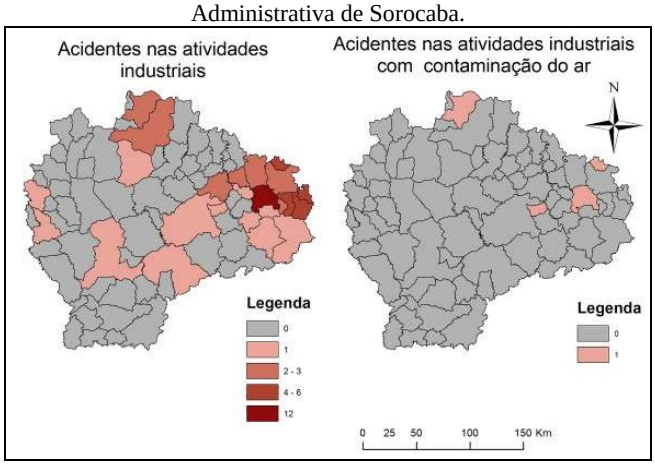


Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

IV. CONCLUSÃO

Conforme os dados fornecidos pelo SIEQ-CETESB sobre os acidentes com produtos químicos nas regiões selecionadas do estado de São Paulo nota-se número

Mapa 6 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais e com contaminação do ar na Região Administrativa de Sorocaba.



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ-CETESB

expressivo de acidentes industriais com contaminação do ar, no período analisado.

A Região Metropolitana de São Paulo e as Regiões Administrativas de Campinas, Santos, São José dos Campos e Sorocaba concentraram 91,8% do total de acidentes com produtos químicos nas atividades industriais do estado de São Paulo.

No período em estudo foram detectados 79 acidentes com produtos químicos com contaminação do ar por diversos produtos químicos, o que torna necessárias ações com medidas mitigadoras para as áreas afetadas. Revelando que a atividade industrial no estado de São Paulo oferece muitos riscos ao meio ambiente, contaminando o ar com diferentes produtos nocivos a natureza. Por meio das regiões administrativas, selecionadas para o estudo, constatou-se a ocorrências de acidentes industriais com produtos químicos em determinados municípios devido suas infraestruturas e instalações industriais.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DONZE, Jacques. **O risco industrial na França.** In: VEYRET, Yvette (org). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo – SP: Editora Contexto, 2013.

ESRI – Enviromental System Research Institute. Redlands, California, USA, 2013.

GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade.** Tradução de Raul Fiker. São Paulo – SP, Editora: UNESP, 1991.

PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **Uma Ecologia Política dos Riscos: princípios para integrarmos o local e o local na promoção da saúde e da justiça ambiental.** Rio de Janeiro – RJ. Editora: Fiocruz, 2007.

SIEQ-CETESB, Sistema de Informações sobre Emergências Químicas**.** Disponível em: http://sistemasinter.Cetesb.sp. gov.br/ emergencia /relatorio.php. Acesso em: set - 2013.

VEYRET, Yvette; RICHEMOND, Nancy Meschinet de. **Definições e vulnerabilidades do risco.** In: VEYRET, Yvette (org). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo – SP: Editora Contexto, 2013.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVI International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

OS ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS NAS ATIVIDADES DE TRANSPORTES: A CONTAMINAÇÃO DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL, NO PERÍODO DE 1980 – 2009

CHEMICAL ACCIDENTS IN TRANSPORT ACTIVITIES: AIR CONTAMINATION IN THE SÃO PAULO STATE - BRAZIL, IN THE PERIOD 1980 - 2009

ANGÉLICA VIEIRA DE SOUZA[1], AURO APARECIDO MENDES[1],
1 - UNESP, RIO CLARO-SP
angelicaviso@hotmail.com; auromendes@uol.com.br

Resumo – O presente trabalho tem por objetivo identificar os principais acidentes com produtos químicos ocorridos nas atividades de transportes: aquaviário, por duto e rodoviário, considerados como riscos tecnológicos, e as contaminações do ar provocadas por esses acidentes, na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas; Sorocaba; São José dos Campos; e Santos, localizadas no estado de São Paulo – Brasil, no período de 1980 – 2009. No período de 1980 a 2009, as regiões selecionadas para o estudo apresentaram um total de 2.959 acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes, representando 76,3% do total de acidentes com produtos químicos nessas atividades, o que evidencia a relevância dessas regiões para a realização desse estudo. No período em análise, as regiões selecionadas apresentaram um total de 94 acidentes com produtos químicos com contaminação do ar.

Palavras-chave: Acidentes com produtos químicos. Contaminação do ar. Atividades de transportes.

Abstract – This article aims to identify the main accidents with chemical products that occurred in the transport activities: waterway, duct and road, considered as technological risks, and the air contaminations caused by these accidents, in the Metropolitan Region of São Paulo and in the Regions Administrative of Campinas; Sorocaba; São José dos Campos; and Santos, located in the São Paulo state, Brazil, from 1980 to 2009. In the period from 1980 to 2009, the regions selected for the study presented a total of 2,959 chemical accidents in transportation activities, representing 76.3% of the total number of chemical accidents in these activities, registered in the São Paulo state by SIEQ - CETESB, which shows the relevance of these regions for this study. In the period under review, the selected regions presented a total of 94 accidents with chemical products with air contamination.

Keywords: Chemicals accidents. Air contamination. Transport Activities.

I. INTRODUÇÃO

Conforme Lieber e Romano Lieber (2002), a origem do termo risco é muito antiga, tem sua utilização inicial relacionada a projetos de navegação ou ocupação militar.

A partir do século XVII, com a invenção do cálculo de probabilidade, o risco passou a receber tratamento analítico, sendo o risco associado às ocorrências que gerariam ganhos e perdas. No século XIX, o risco começou a ser tratado como custo, apenas no século XX, o risco foi referido como incerto, como um perigo previsível, entretanto não evitado e, na atualidade o risco passou a ser entendido como semelhante a perigo, com conotação negativa (LIEBER; ROMANO – LIEBER, 2002, p. 72 - 76).

De acordo com Beck (2011), os riscos não são exclusivos ao processo industrial, devido aos efeitos produzidos que extrapolam a fronteira das fábricas e afetam a vida no planeta, através de poluição e contaminação do ar, da água e dos alimentos.

Os riscos referentes às atividades de transportes são considerados riscos tecnológicos, com o desenvolvimento industrial os riscos tecnológicos acentuaram-se em diversos segmentos industriais:

> Atingem grande variedade de domínios entre eles, principalmente, os riscos industriais, nucleares, de transportes e particularmente de transportes de matérias perigosas, os rompimentos de barragens, os riscos ligados ás redes urbanas complexas, como as redes de gás, os ligados à informática, à robótica, ao setor aeroespacial ou, ainda, às biotecnologias e à engenharia genética (PROPECK-ZIMMERMANN, 2012, p. 309).

Os riscos tecnológicos são considerados severos e podem alterar a saúde humana:

> Incluem-se os riscos de acidentes tecnológicos (explosões, vazamentos etc.) e os riscos à saúde (humana ou dos ecossistemas) causados por diferentes ações antrópicas, como a utilização ou liberação de substâncias químicas, de radiações ionizantes e de organismos patogênicos ou daqueles geneticamente modificados. As atividades de risco são chamadas de perigosas, e incluem, dentre aquelas capazes de causar dano ambiental, muitas atividades industriais, o transporte e o armazenamento de produtos químicos (SÁNCHEZ, 2013, p.358).

Conforme Beck (2011) vivemos em uma "sociedade de risco", resultado da exposição aos perigos proporcionados pela modernização e aos desastres ambientais. Nesse sentindo, Beck (2011) expõem cinco teses referentes à "sociedade de risco".

A primeira tese compete como o desenvolvimento industrial produz os riscos, atrelados as toxinas, poluentes e

ISSN 1809-3957

radioatividade que não são percebidos de imediato e seus efeitos para os seres vivos e natureza. A segunda tese, refere-se a manifestação de situações sociais de perigo devido a distribuição dos riscos.

> Nos riscos socialmente reconhecidos, portanto, são previstos os atores e as instâncias do processo de modernização, com todos os seus interesses parciais e dependências, e colocados numa relação direta, concatenada segundo o modelo de causa e efeito, com ameaças e fenômenos nocivos inteiramente alheios no que diz respeito à dimensão social, de conteúdo, espacial ou temporal (BECK, 2011, p. 33).

Na terceira tese, Beck (2011) enfatiza a sociedade de classes devido a distribuição dos riscos concentrarem-se em baixo, enquanto as riquezas em cima, evidenciando o esquema de classe de modo invertido.

A quarta tese refere-se à globalização envolvendo os riscos da sociedade. Com o aumento dos riscos devido a modernização, afeta-se a natureza, saúde, alimentação etc.

> A produção industrial é acompanhada por um universalismo das ameaças, independente dos lugares onde são produzidas: cadeias alimentares interligam cada um a praticamente todos os demais na face da Terra. Submersas, elas atravessam fronteiras. O teor de acidez do ar carcome não apenas esculturas e tesouros artísticos, mas há muito corroeu também os marcos de fronteira (BECK, 2011, p.43).

De acordo com Beck (2011), em decorrência da globalização, os riscos são distribuídos e os responsáveis pela produção também são vitimas da exposição ao perigo. "Em sua disseminação, os riscos apresentam socialmente um efeito "bumerangue": nem ricos e poderosos estão seguros diante deles" (BECK, 2011, p.44).

> O efeito bumerangue não precisa se refletir, portanto, unicamente em ameaça direta à vida, podendo ocorrer também através de mediações: dinheiro, propriedade, legitimação. Ele não apenas atinge em repercussão direta o causador isolado. Ele também faz com que todos, globalmente e por igual, arquem com os ônus: (...) áreas urbanas e industriais, autoestradas e vias de grande circulação sobrecarregam o solo em seu entorno (BECK, 2011, p. 45 - 46).

Na quinta tese Beck (2011) reitera os riscos socialmente conhecidos, destacando que os riscos não são materiais.

> Na sobreposição e concorrência entre as situações problemáticas da sociedade de classes, da sociedade industrial e da sociedade de mercado, de um lado, e aquelas da sociedade de risco, de outro, a lógica da produção de riqueza, dadas as relações de poder e os critérios de relevância vigentes, acaba por prevalecer – e justamente por conta disto prevalece no fim das contas a sociedade de risco (BECK, 2011, p. 54).

Verifica-se tanto em países pobres como em países ricos, um raciocínio referente ao crescimento econômico independente de controle de emissões de poluente e produção de resíduos tóxicos, tendo o risco como consequência do desenvolvimento.

> Afiam-se os instrumentos da "superação" definitória do risco e brandem-se os respectivos machados: aqueles que apontam os riscos são difamados como "estraga-prazeres" e produtores de riscos. Assume-se que sua demonstração dos riscos "não são comprovadas". Os efeitos para o ser humano e o meio ambiente por eles apontados são tomados por "exagero desmedido" (BECK, 2011, p. 55).

II. PROCEDIMENTOS

Neste artigo foi realizado um levantamento junto ao SIEQ da CETESB, dos acidentes ocorridos nas atividades de transportes na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas, Santos, São José dos Campos e Sorocaba. Posteriormente, realizou-se uma classificação do levantamento realizado, selecionando os acidentes que ocasionaram contaminação do ar e quais eram os produtos referentes a cada acidente, para análise da distribuição espacial desses acidentes. A próxima etapa foi a realização do mapeamento dos acidentes das atividades de transportes com contaminação do ar por região selecionada, usando o Software Arc Gis10 (ESRI, 2013).

III. RESULTADOS

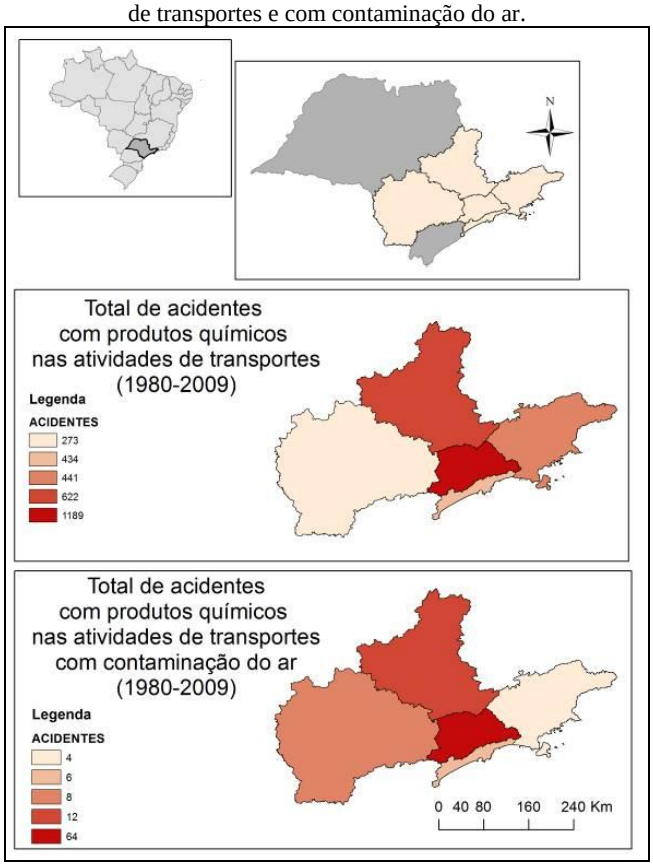
No período de 1980 a 2009, o estado de São Paulo apresentou na Região Metropolitana de São Paulo e nas Regiões Administrativas de Campinas, Sorocaba, São José dos Campos e Santos um total de 2.959 acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes (rodoviário, por duto e aquaviário), representando 76,3% do total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes, registrados no estado de São Paulo pelo SIEQ-CETESB. A Região Metropolitana de São Paulo apresentou 1.189 acidentes e as Regiões Administrativas, o seguinte registro: Campinas com 622 acidentes; Santos com 443 acidentes; São José dos Campos com 441 acidentes e Sorocaba com 273 acidentes.

No período em análise, as regiões selecionadas apresentaram um total de 94 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar, correspondendo a 3,2% dos acidentes registrados nessas atividades. Os registros ocorreram da seguinte maneira: 64 acidentes na Região Metropolitana de São Paulo, 12 acidentes na Região Administrativa de Campinas, 8 acidentes na Região Administrativa de Santos; 4 acidentes na Região Administrativa de São José dos Campos e 8 acidentes na Região Administrativa de Sorocaba.

De acordo com Mapa 1 representa-se o total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e do total de acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos que ocasionaram contaminação do ar nas regiões selecionadas.

ISSN 1809-3957

Mapa 1 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar.

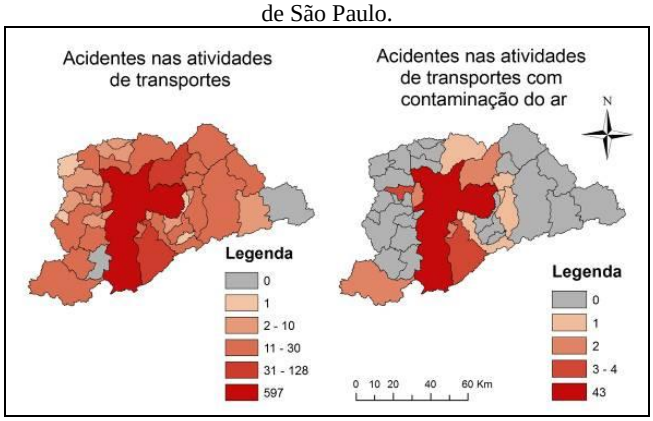


Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB

A Região Metropolitana de São Paulo apresentou 64 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Itaquaquecetuba, Mairiporã, Poá, Santo André, São Caetano do Sul e Suzano; 2 acidentes em cada município de Diadema, Guarulhos, Juquitiba e Osasco; 3 acidentes no município de São Bernardo do Campo; 4 acidentes no município e Barueri e 43 acidentes no município de São Paulo. Com contaminação por bissulfatos, solução aquosa, ácido sulfúrico, fumegante, dióxido de carbono, amônia anidra, líquido inflamável, tintas, lacas, vernizes, polidores, resina de poliéster, peróxido de hidrogênio, acetileno, ácido clorídrico solução, acrilato de estila, anidrido ftálico, anidrido maléico e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 2.

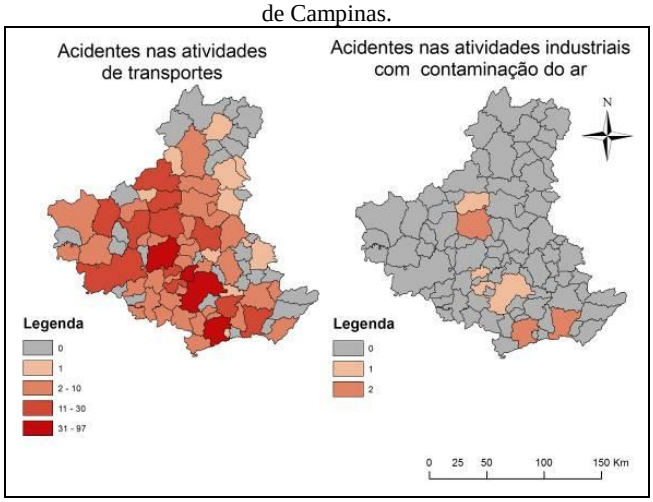
A Região Administrativa de Campinas apresentou 12 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Americana, Campinas, Leme e Sumaré; e 2 acidentes em cada município de Araras, Atibaia, Cabreuva e Jundiaí. Com contaminação por amônia anidra, tolueno, gasolina, álcool etílico, óleo diesel, hidrogênio comprimido e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 3.

Mapa 2 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar na Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB

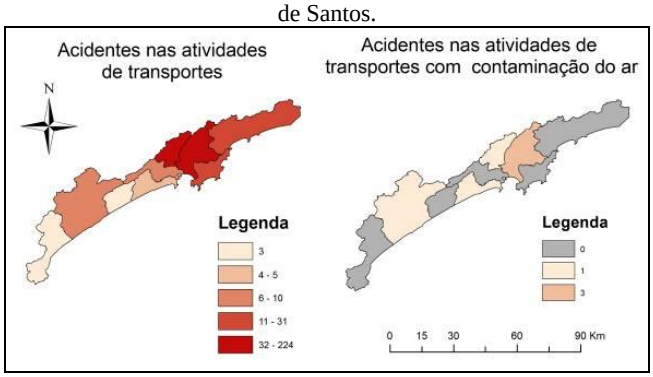
Mapa 3 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar na Região Administrativa de Campinas.



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB.

A Região Administrativa de Santos apresentou 6 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Cubatão, Itanhaém e Praia Grande; e 3 acidentes no município de Santos. Com contaminação por estireno monômero inibido, amônia anidra, thinner, nitrogênio líquido refrigerado, óleo diesel e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 4.

Mapa 4 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar na Região Administrativa de Santos.

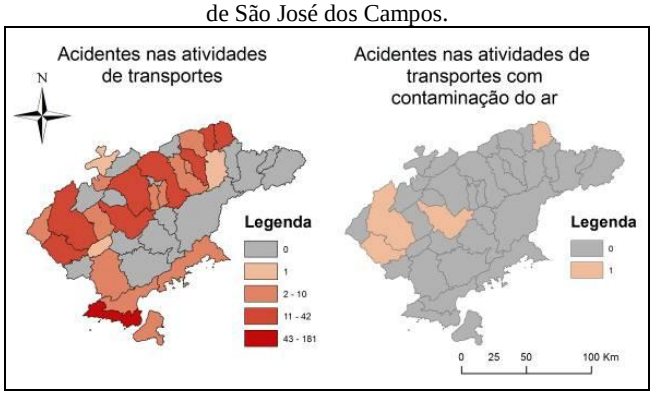


Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB.

ISSN 1809-3957

A Região Administrativa de São José dos Campos apresentou 4 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Jacareí, Queluz, São José dos Campos e Taubaté. Com contaminação por GLP – gases de petróleo liquefeitos, nitrogênio comprimido, etilhexil acrilato e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 5.

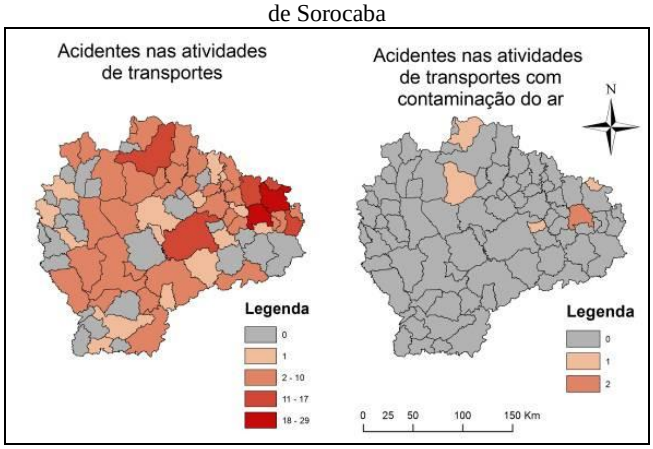
Mapa 5 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar na Região Administrativa de São José dos Campos.



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB.

A Região Administrativa de Sorocaba apresentou 8 acidentes nas atividades de transportes com produtos químicos com contaminação do ar sendo 1 acidente em cada município de Boituva, Botucatu, Iaras, Itaberá, Pardinho e Sorocaba; e 2 acidentes no município de Itu. Com contaminação por resina, solução inflamável, GLP – gases de petróleo liquefeitos, fenol, amônia anidra, dióxido de carbono e produtos químicos diversos. Conforme Mapa 6.

Mapa 6 – Total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes e com contaminação do ar na Região Administrativa de Sorocaba



Fonte: Angélica Vieira de Souza, 2017. Dados: SIEQ- CETESB

IV. CONCLUSÃO

Conforme os dados fornecidos pelo SIEQ-CETESB sobre os acidentes com produtos químicos nas regiões selecionadas do estado de São Paulo nota-se número expressivo de acidentes industriais com contaminação do ar, no período analisado.

A Região Metropolitana de São Paulo e as Regiões Administrativas de Campinas, Santos, São José dos Campos e Sorocaba concentraram 76,3% do total de acidentes com produtos químicos nas atividades de transportes do estado de São Paulo.

Os acidentes com produtos químicos com contaminação do ar evidenciam o que Beck (2011) determina como efeito "bumerangue", pois municípios que não possuem tradição indústria química são atingidos por acidentes com produtos químicos em transportes.

Revelando que a atividade de transportes com produtos químicos no estado de São Paulo oferece muitos riscos ao meio ambiente, contaminando o ar com diferentes produtos nocivos a natureza, inclusive em municípios que não possuem indústrias químicas.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade.** São Paulo – SP: Editora 34, 2011.

ESRI – Enviromental System Research Institute. Redlands, California, USA, 2013.

Lieber, Renato Rocha; ROMANO-LIEBER, Nicolina Silvana. **O conceito do Risco: Janus reinventado.** In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; MIRANDA, Ary Carvalho de (orgs). Saúde e Ambiente Sustentável: estreitando nós. Rio de Janeiro – RJ: Editora FIOCRUZ, 2002.

PROPECK-ZIMMERMANN. **Riscos Tecnológicos.** In: VEYRET, Yvette (org). Dicionário do Meio Ambiente. São Paulo – SP: Editora SENAC, 2012.

SANCHEZ, Luis Henrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo – SP: Editora Oficina de Textos, 2013.

SIEQ-CETESB, Sistema de Informações sobre Emergências Químicas**.** Disponível em:

http://sistemasinter.Cetesb.sp.gov.br/emergencia/relatorio.php (acesso em: set - 2013).

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

FONTES E SUMIDOUROS DA MALÁRIA: DETECÇÃO DE CLUSTERS EM MANAUS (AM) PELO MÉTODO ESTATÍSTICA SCAN

MALARIA SOURCES AND SINKS: CLUSTERS DETECTION IN MANAUS (BRAZIL) BY THE SCAN STATISTICAL METHOD

JAIDSON NANDI BECKER[1]; MARCELO ANTONIO NERO[2]; MIRCIA BETÂNIA COSTA E SILVA[3]; SOLANGE LAURENTINO DOS SANTOS[3]; JOSÉ NUNES DE AQUINO[2]

1- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, CENTRO DE CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE (CCST/INPE); 2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, INSITUTO GEOCIÊNCIAS (IGC/UFMG); 3 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE (CCS/UFPE)

jaidson.becker@inpe.br; marcelo-nero@ufmg.br; profamircia@gmail.com; solaurentino@hotmail.com; nunesaquino@ufmg.br

Resumo - Este estudo presta-se à detecção de conglomerados espaciais (clusters) que representem fontes e sumidouros da malária. O estudo foi aplicado ao Município de Manaus (AM) e o método utilizado foi o da Estatística Scan, também conhecido como varredura espacial de Kulldorff. Dados epidemiológicos referentes ao ano de 2011 foram utilizados, 14.282 novos casos de malária, atribuídos a um conjunto de 831 Localidades devidamente georreferenciadas, foram analisados. Os casos foram tabulados conforme Local provável da infecção "cli", Local de residência "clr", importados "ci" e exportados "ce". Para gerar clusters fonte foi utilizada a probabilidade "ce/cli", enquanto que para sumidouro "ci/clr". O método gerou três cluster com significância acima de 99,99%, dois do tipo fonte e um do tipo sumidouro.

Palavras-chave: Malária. Fontes. Sumidouros. Estatística Scan. Clusters.

Abstract - This study aims to the detection of spatial clusters that represent malaria sources and sinks. The analysis was applied to the Manaus Municipality (Brazil) and the method used was the Scan Statistical, also called Kulldorff space sweep. Epidemiological data of 2011 were used, 14,282 new malaria cases attributed to a set of 831 geo-referenced Localities were analyzed. This cases were tabulated according to Local of probable infection "cli", Local of residence "clr", imported "ci", and exported "ce". To generate source clusters was used the probability "ce/cli", while for sink "ci/clr". The method generated three cluster with significance above 99.99%, two source and one sink.

Keywords: Malaria. Sources. Skins. Scan Statistical. Clusters.

I. INTRODUÇÃO

A migração e a circulação de pessoas têm sido descritas entre as principais barreiras ao efetivo controle e conseguinte eliminação da malária (PINDOLIA et al., 2012; SMITH e WHITTAKER, 2014). Segundo Almeida (2009) e Barbieri (2005), as migrações permitem um fluxo de pessoas para áreas de alto risco de transmissão da doença, mas a circulação de pessoas permite, além deste fluxo, o refluxo (retorno) de indivíduos infectados o que, nesse caso, pode significar a disseminação da doença.

O movimento de circulação pode ser observado, pelo menos na parte que reflete ao movimento dos hospedeiros, através dos casos alóctones da malária. Os casos alóctones são os casos no qual o paciente reside em local diferente do qual provavelmente contraiu a infecção e, normalmente, são utilizados para determinar a vulnerabilidade dos locais à transmissão da doença.

Os casos alóctones também podem ser utilizados para determinar "fontes" e "sumidouros" da malária, termos os quais estão relacionados aos conceitos de chegada, estabelecimento e disseminação de doenças (RANDOLPH e ROGER, 2010; WESOLOWSKI et al., 2012).

Em suma, fontes são locais que possuem maior número de ocorrências de infecções do que pessoas infectadas residentes, enquanto que sumidouros são locais onde ocorre o inverso. Portanto, para que se seja possível o equilíbrio entre o número de ocorrências de infecções e o número de residentes infectados é necessário reconhecer a existência de casos alóctones interconectando fontes e sumidouros, ou seja, existe um movimento de hospedeiros entre fontes e sumidouros, no qual, as fontes se estabelecem prioritariamente como locais de provável infecção, enquanto que como sumidouros como locais de residência dos infectados.

Considerando este quadro conceitual, visando fornecer métodos que gerem informações úteis ao planejamento das ações de controle de malária, este estudo tem por objetivo a detecção de conglomerados espaciais (clusters) que representem fontes e sumidouros da doença.

II. ESTATÍSTICA SCAN

O método de varredura espacial de Kulldorff, ou Estatística Scan, foi inicialmente desenvolvido para uso em estudos epidemiológicos humanos. Para a aplicação da Estatística Scan são necessários dados contendo as coordenadas espaciais de um conjunto de localizações, sendo que, para cada localização são necessárias

ISSN 1809-3957

informações sobre o número de casos (KULLDORFF, 2010).

Desde sua criação no ano de 1995 por Kulldorff e Nagarwalla à Estatística Scan tem evoluído com a proposição de vários modelos de probabilidade. Atualmente, é possível detectar clusters supondo que a variável de interesse siga os modelos Bernoulli, Poisson, Ordinal, Permutação espaço-temporal, Exponencial e Normal.

A escolha do modelo depende da distribuição da variável de interesse. A teoria é descrita em detalhes por Kulldorff (1997) para o modelo de Bernoulli e Poisson, por Kulldorff et al. (2005) para Permutação espaço-temporal, por Jung et al. (2008) para Multinomial, por Jung et al. (2007) para Ordinal; por Huang et al. (2006) para Exponencial e, por Kulldorff et al. (2009) para o modelo Normal.

A Estatística Scan pode ser usada tanto para dados agregados de área quanto para dados pontuais. A estatística scan impõe uma janela circular de varredura sobre os dados espacializados. Tal janela é centrada em cada uma das localizações definidas para o estudo (pontos ou centróides). Para cada ponto ou centróide o raio da janela varia continuamente em tamanho, de zero a um limite superior especificado. Desta forma, a janela circular é flexível tanto na localização quanto no tamanho (KULLDORFF, 2010).

No final, é criado um número infinito de diferentes círculos geográficos abrangendo diferentes conjuntos de localizações, sendo que, cada círculo é um candidato a possivel cluster. Para testar a significância estatística destes círculos, e assim promover os círculos à clusters, utiliza-se as simulações de Monte Carlo como descrito em Dwass (1957).

III. ÁREA E DADOS DE ESTUDO

Este estudo foi aplicado ao Município de Manaus, (Capital do Estado do Amazonas). Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), Manaus possui uma população estimada de 2.094.391 habitantes, o que o coloca entre os municípios mais populosos da Região Amazônica.

Considerada uma região endêmica, foi notificado para o Município nos últimos 10 anos (2006 a 2015) 176.644 infecções por malária, o que corresponde a 6,02% de todas infecções registradas no Brasil para o mesmo período. Em 2011, ano dos dados epidemiológicos de análise deste estudo, foram notificadas 16.821 infecções por malária para Manaus.

Os dados epidemiológicos da malária foram disponibilizados pelo Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica para a Malária (SIVEP-malária). Na Amazônia os casos são registrados através do Formulário de Notificação de Casos de Malária - FNCM. A tabela 1 descreve os campos contidos no formulário e de interesse ao desenvolvimento deste estudo.

O "Local de provável infecção" é obtido por meio de inquérito (entrevista) ao paciente. Com base na data de surgimento dos primeiros sintomas e da espécie de plasmódio circulante (campos do formulário não descritos), é possível estimar o dia de ocorrência da infecção, o que auxilia no reconhecimento da possível "Localidade" onde o paciente contraiu a doença, por isso o emprego do termo "provável".

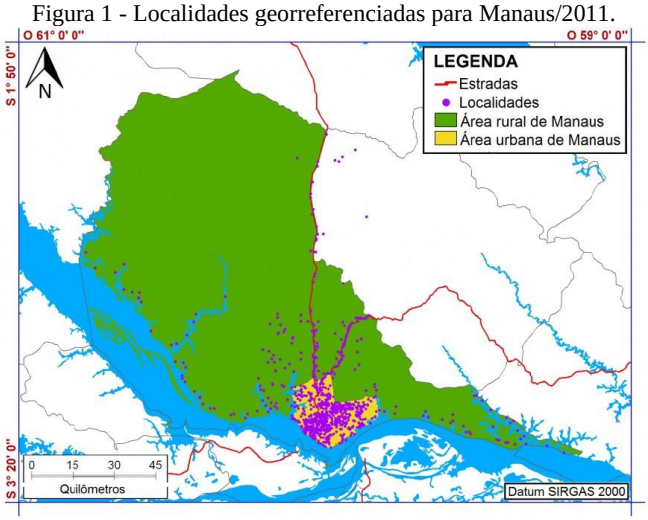
Já as Localidades, são, de acordo com o Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária - PNCM (BRASIL, 2003), as menores unidades espaciais de agregação de dados epidemiológicos da doença, podendo representar bairros, comunidades, vilas, garimpos, estradas, fazendas, etc. Na prática, as Localidades são lugares pré-definidos para o quais as informações de Local de provável infecção e Local de residência do FNCM são preenchidas. Caso as informações para os dois campos sejam idênticas, o caso é autóctone, se forem diferentes, o caso é alóctone.

Tabela 1 - Campos FNCM de interesse ao estudo.

Campo	Descrição
Data de notificação	Informa a data de notificação, a qual pode ser considerada como a data de consulta do paciente.
Resultado do exame	Informa o resultado do exame, se negativo ou positivo.
Lâmina de Verificação de Cura (LVC)	Informa se o caso é incidente ou prevalente.
Local de provável infecção	Informa a Localidade onde provavelmente o paciente foi infectado.
Local de residência	Informa a Localidade onde reside o paciente.

O SIVEP-malária possibilita o registro das coordenadas geográficas (ponto) das Localidades nele cadastradas. Em 2011, o Sistema possuía 866 Localidades cadastradas para Manaus, sendo destas 831 georreferenciadas (95,96%). A figura 1 apresenta a distribuição espacial destas Localidades.

Figura 1 - Localidades georreferenciadas para Manaus/2011.



Fonte: Autores, 2017.

IV. MÉTODO

O objetivo da detecção de clusters fontes e sumidouros não é delimitar áreas específicas, mas reconhecer conglomerados de Localidades com potencialidades em comum.

Para a detecção dos clusters, os dados epidemiológicos foram tabulados para cada Localidade conforme Local provável da infecção *(cli)*, Local de residência *(clr)*, importados *(ci)* e exportados (*ce)*. Foram utilizados pelo estudo somente os casos novos, ou seja, os registros de notificação positiva não Lâminas de Verificação de Cura (LVC), desta forma descartando os casos mal curados e considerados reincidentes.

Os casos (*cli)* e (*clr*) foram obtidos diretamente dos registros de notificação da doença, já os casos (*ci)* foram

ISSN 1809-3957

calculados pela diferença entre os números de casos (*clr)* e autóctones (*ca*), *ci=clr-ca*, à cada Localidade, enquanto que, os casos (*ce)* foram calculados pela diferença entre os números de casos (*cli)* e (*ca*), *ce=cli-ca.*

Os cálculos acima consideram os casos *ca* como sendo os casos naturais à Localidade de residência do paciente, ou seja, os casos nos quais os registros dos campos do FNCM referentes ao Local de provável infecção e Local de residência foram preenchidos para a mesma Localidade.

O processo de detecção dos clusters foi realizada por intermédio do programa computacional SatScan 9.1.1. e, por ser indicado para dados oriundos de contagens, o modelo de probabilidade utilizado foi o de *Poisson*.

4.1 - Modelo de Poisson

Considere um mapa dividido em *m* regiões onde cada região R_i, neste caso as Localidades, tem uma população N_i e uma contagem C_i, a qual representa o número de casos de um determinado tipo de ocorrência. Um cluster representa uma zona *z*, cuja a qual é definida como um subconjunto conexo de regiões R_i onde a ocorrência de casos é discrepante do restante do mapa, sendo, o conjunto de todas as zonas *z* denotado por *Z*.

O modelo de Poisson considera-se que o número de casos C_i é uma variável aleatória cujo parâmetro λ_i, que representa o número esperado de casos, é $\lambda_i=p_iN_i$, no qual, P_i representa a probabilidade de um indivíduo da região R_i ser um caso ou ocorrência. Portanto, o número de casos C_z em uma zona *z* será uma variável $\lambda_z=pN_z$, sendo, N_z a população da zona *z* e *p* a probabilidade de um indivíduo qualquer da zona *z* ser um caso.

A situação em que a probabilidade *p*, estimada por *C/N*, de um indivíduo ser um caso em qualquer parte do mapa, é uma hipótese que supõe a não existência de cluster no mapa, sendo esta hipótese denominada nula H_0. A hipótese alternativa H_1 supõe a existência de pelo menos uma zona $z_c \in Z$ onde a probabilidade *p* de um indivíduo ser um caso é maior ou menor do que a probabilidade *q* de um indivíduo, em uma região qualquer do mapa fora da zona z_c, ser um caso. Portanto, o problema de detecção de clusters pode ser visto como um teste de hipóteses onde H_0:$p=q$ e H_1:$p>q$ *ou* $p<q$.

Explicações matemáticas mais detalhadas sobre o processo de detecção de cluster pelo método Estatística Scan, modelo de poisson, poderem ser encontradas em Kulldorff (1997) e Becker (2013).

O método descrito, foi utilizado para a detecção clusters em duas situações distintas, o reconhecimento de conglomerados (1) fontes e (2) sumidouros da malária.

4.2 - Detecção de clusters fontes

Para reconhecimento dos clusters fontes foram utilizados dados epidemiológicos referentes aos casos *cli* e *ce*. De modo bastante simplificado, o que se forma é uma razão, considerada no cálculo da Estatística Scan como sendo a probabilidade *C/N*, na qual o numerador é o número de casos *ce* e o denominador o *cli*,

4.3 - Detecção de clusters sumidouros

Para reconhecimento dos clusters sumidouros foram utilizados dados epidemiológicos referentes aos casos *clr* e *ci*. De modo similar à detecção dos clusters fontes, o que se formou foi a probabilidade *C/N*, na qual o numerador é o número de casos *ci* e o denominador o *clr*, $p_s=ci/clr$.

V. RESULTADOS

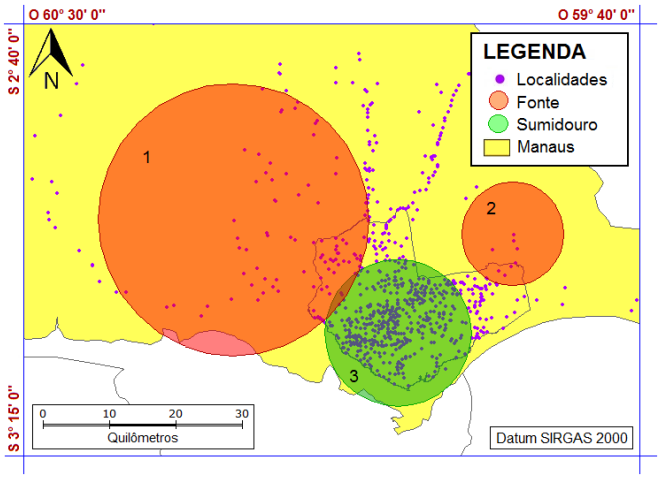
Das 14.282 infecções por malária notificadas para Manaus em 2011 e analisadas por este estudo, 6.367 (44,58%) eram alóctones, ou seja, eram casos importados e exportados entre as 831 Localidades analisadas.

A aplicação do método Estatística Scan, modelo de *Poisson*, gerou três clusters, dois do tipo fonte e um do tipo sumidouro, todos com significância acima de 99,99% segundo o teste de simulações de Monte Carlo (DWASS, 1957). A análise foi puramente espacial e o processo foi realizado por varredura circular limitada a 50% da população (KULLDORFF, 2010). A tabela e a figura 2, respectivamente, descrevem e espacializam os clusters detectados.

Tabela 2 - Clusters detectados.

Cluster	Localidade central (lat/long)	Raio (m)
1 - fonte	-2°55'51,24'' -60°13'00,59''	20.360
2 - fonte	-2°56'59,53'' -59°50'19,86''	7.700
3 - sumidouro	-3º05'01,25" -59º 50' 38,35"	11.020

Figura 2 – Clusters detectados.



Fonte: Autores, 2017.

Os clusters detectaram conglomerados de Localidades que apresentaram maior probabilidade conforme equações $p_f=ce/cli$ e $p_s=ci/clr$. A tabela 3 e 4 apresentam os dados referentes ao cálculo da probabilidade para os clusters detectados.

Tabela 3 - Dados da probabilidade para os clusters fontes.

Cluster	Número de Localidades	*ce*	*cli*	*p=ce/cli*
1	100	2.463	4.396	0,56
2	9	460	774	0,59

Tabela 4 - Dados da probabilidade para o cluster sumidouro.

Cluster	Número de Localidades	*ci*	*clr*	*p=ci/clr*
3	432	5.507	6.901	0,80

Basicamente, cada cluster detectado contém um conjunto de Localidades, onde, a probabilidade média destas Localidades é maior que a probabilidade média das demais Localidades externas ao cluster.

ISSN 1809-3957

Os clusters fontes possuem alto percentual de casos exportados, enquanto o cluster sumidouro de casos importados.

Umas das premissas deste estudo é que os clusters fontes e sumidouros possam ser utilizados como indicadores do movimento de hospedeiros da malária. Neste sentido, fluxos foram gerados segundo os casos alóctones abrangidos pelos clusters. Os fluxos tiveram origem nos clusters fontes (Local de provável infecção) e destino no cluster sumidouro (Local de residência). A tabela 5 mostra os dois fluxos de infectados gerados.

Tabela 5 - Fluxos de infectados entre os clusters detectados.

Fluxo	Cluster origem	Cluster destino	Casos atribuídos
1	1	3	2.185
2	2	3	332

A tabela 5 mostra que, dos 2.463 casos exportados pelo cluster 1, 2.185 (88,71%) são importados pelo cluster 3 e que, dos 460 casos exportados pelo cluster 2, 332 (72,17%) são igualmente importados pelo cluster 3. Portanto o cluster 3 é destino de 2.517 casos originados nos clusters 1 e 2, o que corresponde a 45,70% dos casos importados pelo cluster em questão (5.507).

Um fator importante, que deve ser considerado, são os casos de Localidades em regiões de intersecção, as quais, devido à metodologia adotada, podem ocorrer entre clusters fontes e sumidouros.

Os clusters 1 e 3 possuem duas Localidades em região de intersecção e, portanto, compartilham os dados epidemiológicos referentes a estas duas Localidades.

Sendo assim, é possível que as Localidades da região de não-intersecção do cluster 1 estejam exportando casos para as Localidades da região de intersecção e que as Localidades da região de não-intersecção do cluster 3 estejam importando casos das Localidades da região de intersecção.

No caso em estudo, observou-se que as Localidades da região de não-intersecção do cluster 1 exportam 14 casos para as Localidades da região de intersecção, os quais são à priori autóctones ao cluster 1, enquanto que, as Localidades da região de não-intersecção do cluster 3 importam 206 casos das Localidades da região de intersecção, os quais, semelhante ao caso anterior, são à priori autóctones ao cluster 3.

A presença da região de intersecção foi considerada no cálculo dos casos atribuídos ao fluxo 1, portanto, o valor apresentado na tabela 5 para o fluxo 1 (2.185) contabiliza somente os casos exportados pelas Localidades do cluster 1 que foram importados pelas Localidades da região de não-intersecção do cluster 3.

VI. CONSIDERAÇÕES

Considerando que a circulação de pessoas tem sido descrita como uma das principais barreiras ao efetivo controle da malária e que fontes e sumidouros da doença explicitam o movimento de hospedeiros entre Locais de provável infecção e Locais de residência, a detecção de clusters que representem fontes e sumidouros são informações potencialmente úteis ao planejamento das ações de controle da malária.

Os clusters fontes indicam um movimento de hospedeiros no sentido de exportar infectados. Já clusters sumidouros indicam um movimento de hospedeiros no sentido de importar infectados. A detecção dos dois tipos de clusters (fontes e sumidouros) proporciona, além do reconhecimento de padrões espaciais distintos, a possibilidade do estudo das relações de interdependência epidemiológica, contribuindo desta forma para a melhor compreensão do papel da circulação de pessoas na conformação dos padrões de transmissão da malária.

Novos estudos podem ser realizados modificando-se os critérios de detecção dos clusters. São vários os critérios que podem ser modificados: a forma de varredura (elíptica, formato irregular, etc.), o limite da janela de varredura (comprimento do raio ou limite de população), a significância estatística (menor rigor ou menor número de simulações), etc.

Outras análises foram realizadas modificando-se o formato e o limite da janela de varredura. Utilizou-se, além da janela circular apresentada neste estudo, a janela elíptica com raio limitado em 2, 5 e 10 km, sendo que, todas as análises, circulares e elípticas, apresentaram resultados semelhantes.

Uma particularidade deste estudo foi o emprego dos valores de malária por Local de provável infecção como população para detecção dos clusters fontes e os valores de malária por Local de residência como população para o cluster sumidouros.

Utilizaram-se estes valores para suprir uma deficiência de dados referentes às Localidades. A utilização dos valores por Local de provável infecção e por Local de residência, além de gerarem resultados congruentes, potencializaram as probabilidades $p=ce/cli$ e $p=ci/clr$, pois, os casos exportados e importados derivam diretamente deles.

Concluindo, são variadas as possibilidades de novas pesquisas proporcionadas pela abordagem de espacialização da doença empregada por este estudo, principalmente quanto à análise da paisagem.

A utilização dos clusters fontes e sumidouros como "amostras" espaciais torna possível a aplicação de métricas de paisagem, as quais, podem abordar questões não analisadas neste estudo, como por exemplo, processos ambientais (receptividade ao vetor) e sociais (exposição do homem ao vetor) que, juntamente com a circulação de pessoas, estabelecem a formação de fontes e sumidouros da malária e, que desta forma, moldam os padrões espaciais de transmissão da doença.

No mais, este estudo pode ser replicado à qualquer região endêmica que possua Localidades georreferenciadas.

VII. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, R. D. **O uso de geotecnologias para o mapeamento da malária no Município de Vitória/ES.** Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, n. 5, 2009.

BARBIERI, A. F. **Uso do solo e prevalência de malária em uma região da Amazônia brasileira**. Caderno de Geografia, n. 24, Belo Horizonte/MG, 2005.

BECKER, J. N. **Análise espacial dos padrões de disseminação da malária segundo a mobilidade humana.** Dissertação de mestrado do curso Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, UFPE, Recife, 2013.

ISSN 1809-3957

BRASIL. **Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária - PNCM.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília/DF, 2003.

DWASS, M. **Modified randomization tests for nonparametric hypotheses.** Annals of Mathematical Statistics, n. 28, 1957.

HUANG, L.; KULLDORFF, M.; GREGORIO, D. **A spatial scan statistic for survival data.** Biometrics, n. 26, 2006.

IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em mar 2017.

JUNG, I.; KULLDORFF, M.; KLASSEN, A. **A spatial scan statistic for ordinal data.** Statistics in Medicine, n. 26, 2007.

JUNG, I.; KULLDORFF, M.; RICHARD, O. J. **A spatial scan statistic for multinomial data**. Statistics in Medicine, 2008.

KULLDORFF, M. **A spatial scan statistic.** Communications in Statistics: Theory and Methods, n. 26, 1997.

KULLDORFF, M. **SaTScan user guide.** 2010.

KULLDORFF, M.; HEFFERNAN, R.; HARTMAN, J.; ASSUNÇÃO, R. M.; MOSTASHARI, F. **A space-time permutation scan statistic for the early detection of disease outbreaks.** PLoS Medicine, n. 2, 2005.

KULLDORFF, M.; HUANG, L.; KONTY, K. **A scan statistic for continuous data based on the normal probability model.** International Journal of Health Geographics, n. 8, 2009.

KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. **Spatial disease cluster: detection and inference.** Statistics in Medicine, n. 14, 1995.

PINDOLIA, D. K.; GARCIA, A. J.; WESOLOWSKI, A.; SMITH, D. L.; BUCKEE, C. O.; NOOR, A. M.; SNOW, R. W.; TATEM, A. J. **Human movement data for malaria control and elimination strategic planning.** Malaria Journal, 2012.

RANDOLPH, S. E.; ROGERS, D. J.**The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions.** Nature Reviews, 2010.

SIVEP-malária. Disponível em: <www.saude.gov.br/sivep_malaria>. Acesso em set 2012 e mar 2017.

SMITH, C.; WHITTAKER, M. **Beyond mobile populations: a critical review of the literature on malaria and population mobility and suggestions for future directions.** Malaria Journal, 2014.

WESOLOWSKI, A.; EAGLE, N.; TATEM, A. J.; SMITH, D. L.; NOOR, A. M.; SNOW, R. W.; BUCKEE, C. O. **Quantifying the Impact of Human Mobility on Malaria.** Science, 2012.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

VOLUME 12 - N° 141 - Setembro/ 2017
ISSN - 1809-3957

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-3	**MODEL-BASED ENVIRONMENT FOR LEARNING SIMULATIONS** Ciro De Barros Barbosa; Aldemon Lage Bonifácio
1-3	**QUESTÕES PARA INCENTIVAR A LEITURA DE UM TEXTO ACADÊMICO** **QUESTIONS TO ENCOURAGE THE READING OF AN ACADEMIC TEXT** Koichi Sanoki; Ítalo Santiago Vega
1-3	**SIMULADOR GERACIONAL PARA APLICAÇÃO EM SELEÇÃO GENÔMICA** **GENERATIONAL SIMULATOR TO APPLICATION IN GENOMICS SELECTION** Bruno Zonovelli; Carlos Cristiano Hasenclever Borges; Wagner Antonio Ar-Bex; Fabrizzio Condé De Oliveira; Igor Magalhães Ribeiro
1-3	**SWADE: UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO E AUTOMAÇÃO DE WORKFLOWS CIENTÍFICOS EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO** **SWADE: A MANAGEMENT AND AUTOMATION SYSTEM FOR SCIENTIFIC WORKFLOWS IN A DISTRIBUTED ENVIRONMENT** Aldemon Lage Bonifácio; Ciro De Barros Barbosa; Flávio De Souza Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage
1-6	**LEVANTAMENTO SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E OLEOSOS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES E BIODIESEL** **SURVEY ON THE OIL AND WOOD RESIDUES GENERATION WITH POTENCIAL FOR BRIQUETTE AND BIODIESEL PRODUCTION** Caroline Tourinho Rocha; Isadora Guilherme Branco; Oscar Andrés Goyeneche Polanía; Carmen Luisa Barbosa Guedes
1-6	**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO BIODIESEL E ÁLCOOL COMBUSTÍVEL** **BIOGAS PRODUCTION FROM BIODIESEL AND ALCOHOL FUEL COPRODUCTS** Guilherme Augusto Colusse; Raphael Iury Neves; Waldir Nagel Schirmer; Carmen Luisa Barbosa Guedes
3-1	**GERAÇÃO COMPUTACIONAL DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO** **COMPUTATIONAL GENERATION OF CYLINDRICAL CONCRETE SAMPLES** Aldemon Lage Bonifácio; Leonardo Goliatt Da Fonseca; Flávio De Souza Barbosa; Michèle Cristina Resende Farage; Ciro De Barros Barbosa
3-1	**RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO E À RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS** **RELATIONSHIP BETWEEN THE SCLEROMETRIC INDEX AND THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES** Guilherme Almeida Felix Da Silva; Isabella Trovato Botelho; Júlia Pavel Dias; Leonardo Goliatt Da Fonseca; Michèle Cristina Resende Farage; Thais Mayra De Oliveira; Aldemon Lage Bonifacio

3-1	**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO PARA O CÁLCULO DA VAZÃO ECOLÓGICA NO RIO GUAPI-AÇU** **USE OF THE WETED PERIMETER METHOD FOR THE CALCULATION OF THE ECOLOGICAL FLOW IN THE GUAPI-AÇU RIVER** Carlos Eduardo Veras Da Cunha Salgado; Amanda Carneiro Marques; Mônica De Aquino Galeano Massera Da Hora
3-1	**CAUSAS DE RUPTURAS DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASOS** **MAIN CAUSES OF DAM FAILURE: CASES STUDY** Geraldo Magela Pereira; Antonio Ferreira Da Hora
3-2	**PLANEJAMENTO ESTOCÁSTICO NA LAVRA DE MINAS - UMA ABORDAGEM INOVADORA** **STOCHASTIC MINE PLANNING –AN INNOVATIVE APPROACH** Vidal Félix Navarro Torres; Taís Renata Câmara; Beck Nader
3-3	**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE DE CALOR E DA VELOCIDADE DE SOLDAGEM NO PROCESSO HF-ERW: ESTUDO COMPARATIVO DO ENSAIO DE IMPACTO CHARPY** **ANALYSIS OF THE OF HEAT-IMPUT AND WELDING SPEED INFLUENCE AT THE HF-ERW PROCESS: COMPARATIVE STUDY OF THE CHARPY IMPACT TEST** Gustavo Henrique Dian; Valdir Alves Guimarães; Angelo Caporalli Filho
3-3	**ANÁLISE DE FALHA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO AUSTENÍTICO AISI 304 EM JUNTAS DE CABEÇOTE DE MOTORES DIESEL DOS REBOCADORES DE NAVIO** **FAILURE ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 304 AUSTENIC STEEL IN DIESEL ENGINES OF SHIP TUGS** José Alberto Lozer De Alpino; Leonardo Cabral Gontijo; Vladimir Da Rocha Cordeiro Júnior
3-3	**TOUGHNESS EVALUATION OF TWO STEELS USED FOR PIPELINE AND VESSEL INDUSTRY AFTER INTERCRITICAL HEAT TREATMENT** Xiaochen Song; Angelo Caporalli Filho; Valdir Alves Guimarães
3-4	**ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DA UTFPR – SEDE NEOVILLE** **MONITORING THE PERFORMANCE OF THE UTFPR'S GRID - CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM – CAMPUS NEOVILLE** Jair Urbanetz Junior; Gerson Máximo Tiepolo; Fabianna Stumpf Tonin; Juliana D'angela Mariano
3-4	**PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE II: MISTURADOR DE RF** **DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART II: MIXER** Humberto X. Araujo; Maxwell D. B. Melo; David N. Prata; Patrick L. Moreira;

ISSN 1809-3957

3-4	**PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE I: AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO** **DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART I: LOW NOISE AMPLIFIER** Humberto X. Araujo; Maxwell D. B. Melo; David N. Prata; Patrick L. Moreira;
3-4	**QUALIDADE DE ENERGIA EM PARQUES EÓLICOS E ORIENTAÇÃO PARA CAMPANHAS DE MEDIÇÃO CONFORME NORMAS INTERNACIONAIS E REQUISITOS DO NOS** **POWER QUALITY IN WIND FARMS AND GUIDANCE FOR MEASURING CAMPAIGNS IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL STANDARDS AND ONS REQUIREMENTS** Silveira, Camilo Assunção; Pereira, Clever
3-5	**ANÁLISE ESTRUTURAL EM UM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS** **STRUCTURAL ANALYSIS IN AN ACTIVATED CARBON FILTER USING THE FINITE ELEMENT METHOD** Jayann Ismar Lira Almeida; Juan Filipe Brito Figueira; Fernanda Figueredo Santos
3-5	**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VISCOSIDADE DINÂMICA DE ÓLEOS VEGETAIS** **EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DYNAMIC VISCOSITY OF VEGETABLE OILS** Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Carla Naiana Pires Da Silva; Victor Nogueira Cortez Gomes; Cleiton Rubens Formiga Barbosa
3-5	**CAPRON: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SIMULADOR NA APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO ON-LINE DO ROBÔ PEGASUS** **CAPRON: SIMULATOR-BASED LEARNING EFFECTIVENESS IN TRAINING PROCESS OF PEGASUS ROBOT ON-LINE PROGRAMMING** Felyppe Laborde M. Santos; Rafael R. Santos; Felipe A. A. Macedo; Leonardo C. O. Marques; Luiz Paulo G. Ribeiro
3-5	**THE TRENDS OF MAGNETIC LEVITATION WITH SUPERCONDUCTORS APPLIED TO VEHICLES** Carla Naiana Pires Da Silva; Cleiton Rubens Formiga Barbosa Junior; Cleiton Rubens Formiga Barbosa; Francisco De Assis Oliveira Fontes
3-5	**MODELAGEM E ANÁLISE NUMÉRICA ESTRUTURAL DE OLHAIS DE IÇAMENTO PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS** **MODELING AND NUMERICAL STRUCTURAL ANALYSIS OF LIFTING RINGS BY THE FINITE ELEMENT METHOD** Jayann Ismar Lira Almeida; Priscila Naiara Santos Andrade; Ilua Luzia Maltez Mendes; Janderson Vieira Guimarães
3-5	**OCOTS: SISTEMA DE TREINAMENTO DE OPERADORES DE GUINDASTE OFFSHORE – MODELAGEM 3D DE CENÁRIO** **OCOTS: OFFSHORE CRANE OPERATOR TRAINING SYSTEM - SCENARIO 3D MODELING** Bruno Henrique Miranda Galhardo; Luiz Paulo Gomes Ribeiro

ISSN 1809-3957

3-6	**A LITERATURE REVIEW OF THERMAL DEGRADATION KINETICS: CAROTENOIDS IN MACAUBA EDIBLE OIL** Pedro Prates Valério; Érika Cristina Cren
3-6	**KINETIC PREDICTIONS OF TOTAL CAROTENOIDS RETENTION IN MACAUBA OIL UNDER INTERESTERIFICATION CONDITIONS** Pedro Prates Valério; Érika Cristina Cren
3-8	**ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES DO COMÉRCIO AO RUÍDO NA CIDADE DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRASIL** **ANALYSIS OF THE TRADE EXPOSURE TO NOISE IN THE CITY OF SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRAZIL** Talita Maria Gomes De Morais; Anastácio Pinto Gonçalves Filho; Anderson Rogério De Albuquerque Pontes Pinto; Armando José De Vasconcellos Costa
3-8	**ANÁLISE DE CENÁRIO PROSPECTIVO DE APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NO ÂMBITO EDUCACIONAL BRASILEIRO** **ANALYSIS OF A PROSPECTIVE SCENARIO FOR THE APPLICATION OF THE INTERNET OF THINGS IN THE BRAZILIAN EDUCATIONAL AREA** Rimena Canuto Oliveira; Alan Kilson Ribeiro Araújo; Danilo Alves Do Nascimento; José Alberto Alencar Luz; Rodrigo Franco Gonçalves
3-8	**AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PELA CAPES NO BRASIL E O MODELO INTERNACIONAL DA THOMSON REUTERS** **EVALUATION OF POSTGRADUATE PROGRAMS BY CAPES IN BRAZIL AND THE INTERNATIONAL THOMSON REUTERS MODEL** Almir Ribeiro Santos Junior; Marcelo Embiruçu
3-8	**O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO COMO DIRECIONADOR PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA ENERGY** **PLANNING AS A DIRECTOR FOR THE IMPLEMENTATION OF AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM** Yamilet Gonzalez Cusa; Carol Correia Viana; Ednildo Andrade Torres
3-8	**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRÁTICA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADA NO PROCESSO DE LAVAGEM DA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO** **ECONOMIC ANALYSIS OF A CLEANER PRODUCTION PRACTICE APPLIED ON THE WASHING PROCESS OF A CLOTHING INDUSTRY** Rimena Canuto Oliveira; Feni Agostinho

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

MODEL-BASED ENVIRONMENT FOR LEARNING SIMULATIONS

CIRO DE BARROS BARBOSA[1]; ALDEMON LAGE BONIFÁCIO[1]
1 – FEDERAL UNIVERSITY OF JUIZ DE FORA
ciro.barbosa@ice.ufjf.br, aldemon.bonifacio@engenharia.ufjf.br

Abstract – The contribution here is to propose and evaluate a conceptual architecture for learning games, where the game behavior is modeled by the system user. We propose a few extensions to System Dynamics in order to be used as a modeling technique for the game behavior. A software tool for model-based multiuser and interactive simulations was built and used to carry out this investigation. These ideas are applied to the area of Business Management. The challenge is to manage models to allow users to easily build, reuse, and share models, while applying them consistently to possibly many concurrent simulations. Another issue is to manage simulation data and metadata in order to offer to different users the appropriate view and control of the simulation. We evaluate the applicability of the modeling technique in this context; the complexity of implementing this tool and; the new learning strategies not supported by other tools.

Keywords: Business Games. System Dynamics. Management Learning. Serious Games.

I. INTRODUCTION

The computing modeling is the broad area of research here. More specifically we investigate the applicability of a modeling technique as part of a learning environment that uses serious games, based on computer simulation. In this work we propose a conceptual architecture to support model-based, multiuser and interactive computer simulations. Although the modeling technique used is general purpose, the architecture is used here to build a leaning tool for management skills, also known as Business Games (RIEDEL & HAUGE, 2011).

The model-based characteristic means that the behavior being simulated is defined by the users, using a modeling language, rather than be statically coded. Managing a repository of models is one of the main issues to be treated. To be multiuser implies that the architecture has to propose solutions for concurrent use and handle access control and user profile identification.

Because of the fast growing of knowledge in the business area, to prepare skilled labor ready to the job market has become an increasingly difficult task. Business Games have been successfully applied for leaning (BRENNAN & VOS, 2013), helping students to have some practical experience, difficult to provide otherwise. Their main positive characteristics in the leaning process are: make it possible to easily explore different situations; the competition and the collaboration (RIEDEL & HAUGE, 2011). There are management games for entertainment (SIMCITY, 2014) (3RD WORD FARMER, 2006) and for education (ONLINE BUSINESS SIMULATION, 2014) (VIRTONOMICS, 2015). Recent studies on a broader class of games, called Serious Games, have identified some aspects to be considered in this context, in order to evaluate how useful these tools can be (RIEDEL & HAUGE, 2011) (BLAZIC et al., 2012). Games can be classified according to their comprehensiveness, which can be global, organizational, work group, etc. They can also be classified regarding the subject as, for example, logistics, finance, supply chain, sales, etc.

The skills improved by these games can be grouped in technical skills and social skills as, for example, systemic thinking, communication and leadership. In these games, real life management concepts are captured in models for computational simulation. The time scale is changed in order to better fit the training purpose.

Someone engaged in such games interacts by changing model properties, visible to a certain player role. Simulation results can be presented through different formats, for example, numerical reports, 2D graphics, aminations, etc. The architecture proposed here supports the modeling step, where researches build, test and share their models. During the match, multiple users can interact concurrently, cooperatively or competing with each other. User roles are defined in games and they are used for filtering user access to simulation data.

The general idea of using System Dynamics for education games in not new (GRAHAM et al., 1992). The novelty here is to provide support to a repository of game behavior building blocks, i.e., improve the modeling technique and propose solutions for handling metadata and system distribution.

Some related works are: the implementation in (BARROS et al., 2002), however, it does not support the features of simulation interaction or interaction filtering, as proposed here. System Dynamics tools, like Stella (EGNER & MARK, 2010) or Insight Maker (INSIGHT MAKER, 2010), do not offer the appropriate environment for games. Games like (ONLINE BUSINESS SIMULATION, 2014) and (JAHANGIRIAN et al., 2010) can always mismatch users' interests, since they address a static set of characteristics, i.e., models are statically defined. AnyLogic (AnyLogic, 2002) is a multimethod simulation tool. It is a mature tool for simulation supporting many features, but is a proprietary development and is not driven to games.

The main challenges to implement this architecture are:

- Dynamically define game's behavior, shielding users from unnecessary technical details;
- Give users an appropriate view and control of simulations;
- Provide models sharing and reuse;

ISSN 1809-3957

- Handle concurrent simulations.

This work is limited to Dynamic Systems, which can be modeled using Ordinary Differential Equations (ODEs) (WLADIMIR, 2006). Well known numerical methods, such as Euler and RK4, are used here to solve ODEs. System Dynamics (STERMAN, 2000) is the modeling technique used to model game's behavior.

This work is limited to Dynamic Systems, which can be modeled using Ordinary Differential Equations (ODEs) (WLADIMIR, 2006). Well known numerical methods, such as Euler and RK4, are used here to solve ODEs. System Dynamics (STERMAN, 2000) is the modeling technique used to model game's behavior.

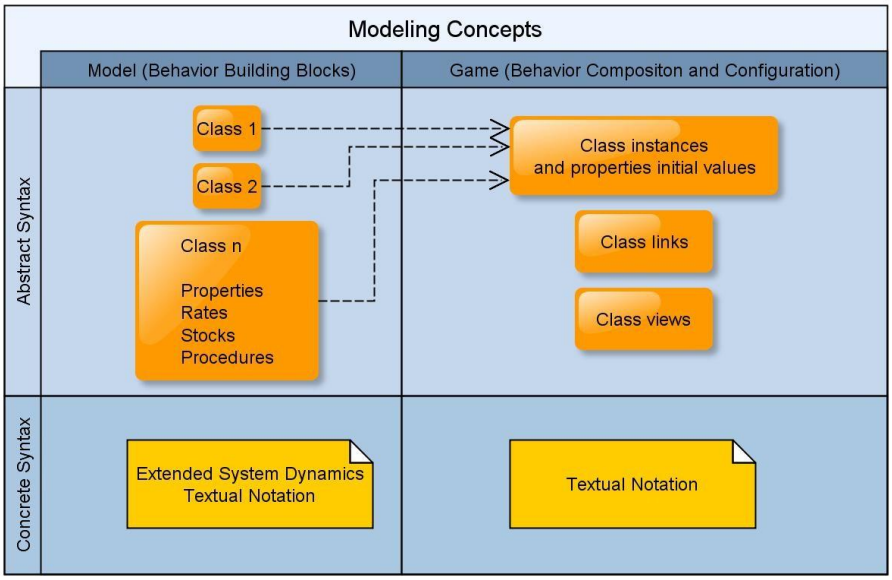
II. DEVELOPMENT

The architecture definition consists of identifying artefacts, components, roles and their relationship. Briefly, to build a model-based distributed simulation environment, for business games, requires an implementation of a method for ODEs solution, applied to user defined models that capture concepts in the chosen application area. It is also necessary to make the simulation artefacts accessible to users in a distributed environment, identifying users and their roles.

The proposed architecture defines four user roles: a) those users that build models for the game's behavior on business management, looking forward to address the appropriate comprehensiveness and skills; b) users that mediate the learning process by starting games, defining games composing behavior building blocks and identifying players' profiles and groups; c) the players; and d) someone responsible to manage users enrollment and, monitor server activities. They are named here *researcher*, *teacher*, *student* and *administrator*, respectively.

The main artefacts in this architecture are *model*, *game*, *match* and *simulation data*. A model defines one or many behavior building blocks. A game instantiates the building blocks; relates their instances and settle initial values. A match identifies an execution of a game and its simulation parameters. Simulation data is the history of a match. Models are defined here using System Dynamics constructs. Games are defined using appropriate constructs for *behavior instantiation*; *views* and *relationships*. This architecture uses an extension of System Dynamics (BARROS et al., 2002) for instantiation and relationship. The view concept is an extension proposed here. Figure 1 shows the relations of modeling concepts.

Figure 1: Models and Games.



Source: The authors.

Using this modeling technique, we can separate behavior in classes, as in Object Oriented Modeling[1]. *Classes* are instantiated as many times as necessary in a game as, for example, when many companies with the same behavior are required. *Relationships* are used to allow a behavior instance to have access to another behavior, to read or change information. Each relationship has an identification and relates one to one, or one to many instances. *Views* create an identification to a set of class instances and are related to players when starting a match. A *match* records the participating students, their relation to views and simulation's configuration. *Models* and *games* must also have an *informal description*, which explains the concepts captured in the game's behavior; their relations; how players score; etc. This helps playing and reusing models.

The first component on this architecture is the View Manager (VM). This component ensures that users will be able to identify themselves to the system and then have access to the appropriate artefacts. Researchers must have access to their models; build new models and run such models. Teachers must have access to models, build games and be able to start, stop and remove matches. To start a match consists of defining students that will participate and their views. Students should see the games in which they participate, together with their history, and be allowed to interact. The Artefacts Manager component (AM) is responsible for actions towards models, games and matches.

[1] A Software Engineering Technique

ISSN 1809-3957

Figure 2 shows the complete architecture for the learning tool.

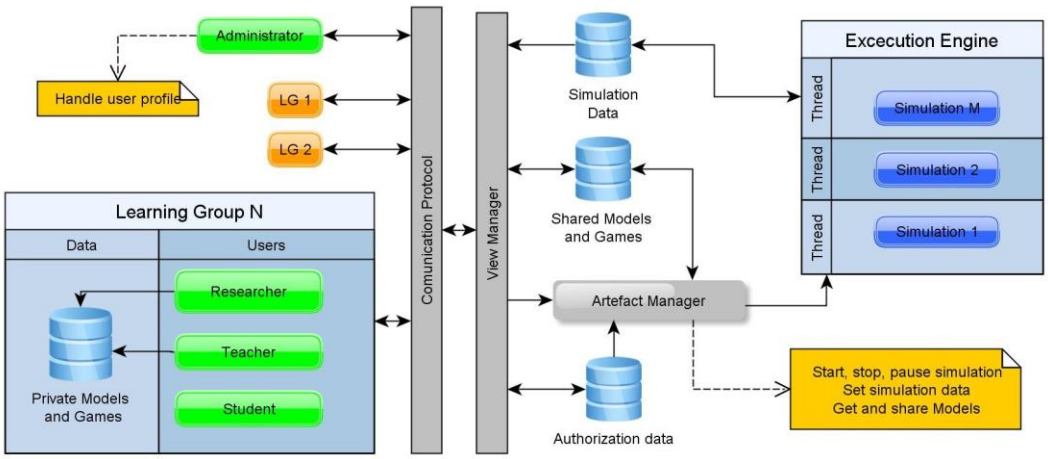
The related functionalities are:

- Manage a unique identification;
- Keep state consistency;
- Interact with a repository: store and recover data and meta-data.

Some state consistency rules are:

- Models and games have the states: *maintenance* or *ready*;
- Models get the *ready* status if they are correct, according to syntactic and semantic rules;
- Games only get the *ready* status if they are correct and their related models are ready;
- Matches can only be started when their games are ready.
- Matches have the states: *running*, *stopped* or *finished*;
- Models cannot be changed while related games have a match;
- If a model loses the *ready* status, related games must do so.

Figure 2. Conceptual Architecture.



Source: The authors.

Another component on this architecture is the Execution Engine (EE). This is where the simulation happens. It must be a centralized function, which will be accessed by all users in order to share simulation context. While matches are on running state, EE must record simulation data and support the following requests:

- VM asks for changes on matches' properties;
- VM asks for reports on simulation data;
- VM asks for match initialization, stop or removal;
- AM asks for model or game validation.

The starting of a match requires a game identification and some execution parameters, i.e., time unit, delay, discretization, resolution method and duration. The last component is the Communication Protocol (CP), which exchanges requests between components distributed over the Internet. Specifics on this are platform dependent.

III. IMPLEMENTATION

In order to put through some experiments with the concepts above, a game environment was implemented. This session presents some implementation decisions and user interfaces. Modeling technics must have a concrete syntax. The usual concrete syntax for System Dynamics is the Stock and Flow Diagram (STERMAN, 2000). However, the textual concrete syntax proposed in (BARROS et al., 2002) has been used here because it offers conciseness to the models. For lack of space the syntax definition for the definition of models and games, will not be explained here.

The semantics related to the syntactic structures are analogous to the counterpart in the Stock and Flow Diagram. The idea behind relations, classes and views have been presented before. Code example in the Case Study session helps to illustrate their semantics. A compiler to validate code for games and models has been built and generates the data-structure that will be used by the EE. A large set of operations and functions is supported and the compiler can be easily extended when new demands appear. Figure 3 shows the implementation architecture.

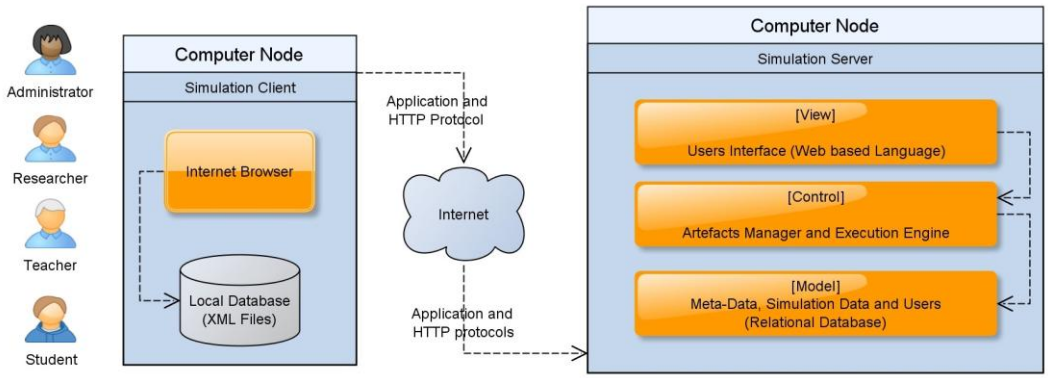
We have used the web-based Java technology[2] to build all modules. The VM is a web-based application and therefore uses HTTP to support part of the CP module. Since web applications are stateless, the EE module is a Java desktop multithread application, and communicates through TCP with VM. The EE component uses a request dispatcher approach to improve the system scalability. AM is a class library that is used by the other modules.

Figure 4 illustrates the system's user interface, more specifically, the interface where *students* follow the match events. The interface shows the EE status (green Online) and blocks those functions that require the match to have status running. Students have 2D graphics are generated based on stock values recorded by EE and updated on demand, using a reload button. Information is selected according to the user view and a checkbox based filtering configuration. A progress bar shows the game progress and a full bar indicates that the simulation is over.

[2] Java: Using Hibernate, JSPs and Servlets

ISSN 1809-3957

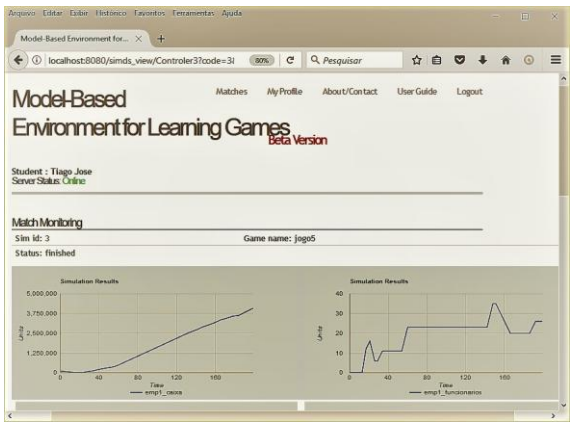
Figure 3. Implementation Architecture.



Source: The authors.

Similar interfaces are available for *researchers* to create and run models. *Teachers* can also see simulation data, available models, games and ongoing matches. There is also a *match* configuration interface, used by *researches* or *teachers*. There, a few parameters must be filled that are related to the numerical method for simulation, implemented by the EE component. *Teachers* can relate *students* and *views*, a delay for de simulation and the simulation total time. A multi-thread service dispatcher technic has been used in the EE component to support concurrent *matches* and *students*' requests for the *game* reports. A relational database has been used to implement all repositories. Database tables are programmatically generated by the AM to handle metadata, according to the user defined models' information.

Figure 4. User Interface Example.



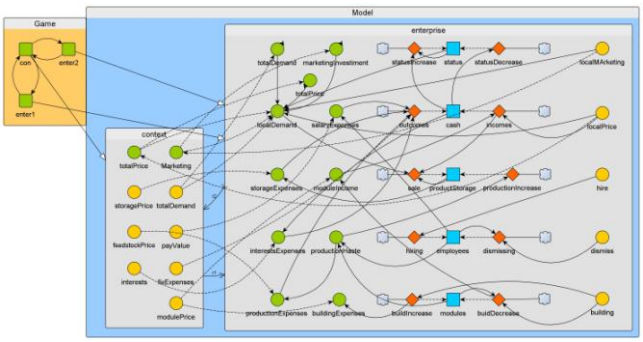
Source: The authors.

IV. CASE STUDY

This session shows a case study using this system for a game on business management area. This game behavior captures concepts like: product demand; branches (production units); bank loan; employees; salary; raw material and marketing investments. It has been adapted from (FERREIRA, 2000). Figure 5 shows a graphical representation of the model and games used in this case study.

This study exemplifies the use of the modeling syntax and shows some graphical results of a match with two players, each one managing his own company. The models' complexity is intentionally simple, to avoid effort explaining the model, instead of focusing on the tool functionalities. Figure 5 shows the model and game definition, as defined by the researcher and the teacher.

Figure 5. Model and Game Graphical Representation.



Source: The authors.

In this game, there are two companies (*enter1* and *enter2*). They produce a single and the same product. They compete for product demand according to their prices and marketing investment. A class called *context* has been used to define the game context values, i.e., costs with salaries, product storage, bank interest, etc. Companies pay interests if their cash is negative. The production rate is limited by the number of employees and production modules the company has. Companies can hire or dismiss employees any time. Companies can build new modules or sell them. Players must decide about how much they will invest on marketing. Two *views*, v1 and v2, are defined to be related to different players. Players must also decide about product's price, which is the main component affecting product's demand. Finally, a company will be out of the game if it lasts too long with negative cash. All these ideas are defined by algebraic equations, which are part of System Dynamics technic.

The tool implementation allows *researchers* and *teachers* to generate this graphical view of models and games. This view follows the Stock and Flow Diagram[3] notation and adds intuitive representations for classes, instances, and relations. This feature improves the documentation of game's behavior. Figure 5 shows the use of class instances and relations. View definition are not represented in this picture, allows selecting what can be seen

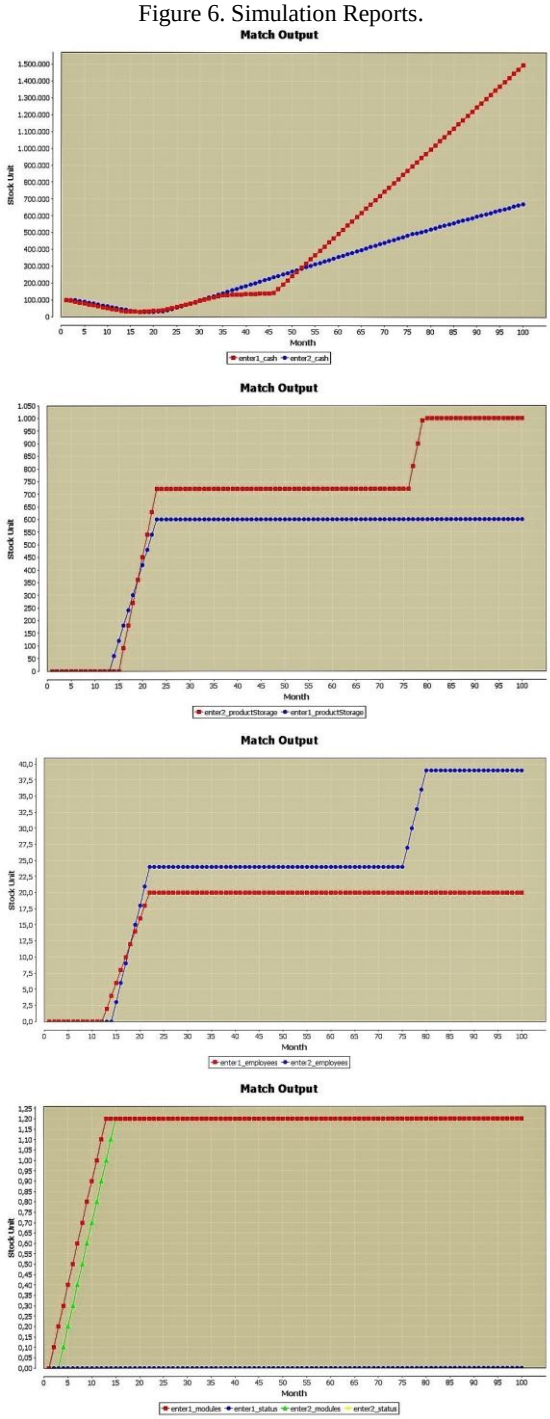
[3] A model that helps in studying and analyzing the system in a quantitative way.

ISSN 1809-3957

and changed by users, in this case, v1 and v2 give access to the properties of *enter1* and *enter2*, respectively.

Figure 6 shows some final reports of a match as seen by the *teacher*, *researcher* or *students*. The match simulates 100 months of companies operation, using 50 seconds for simulation delay, corresponding to approximately 80 minutes simulation. The simulation was configured to use the Euler simulation method and discretization of 1 time unit. These reports show the stocks of the two companies. In order to simplify the output, some stocks are filtered. The filtering is also useful to avoid the difficulty of having different magnitudes placed on the same scale. Table 1 and Table 2 exemplify the concrete syntax applied. We have omitted a few lines to save space.

Figure 6. Simulation Reports.



V. EVALUATION

Some of the most important flexibility provided by a user defined game behavior system are the tuning of the comprehensiveness and the trained skills; the possibility of varying the game difficulty level by providing more complex models and; exploring different team scenarios.

The modeling technique used here, to define games, is appealing to users familiar with System Dynamics. The difficulties are mostly those inherent to the modeling process. Although it has been adopted a textual syntax for modeling, a graphical output is available to help overcome complexity. We have successfully modeled all required situations, although discrete events are not always intuitively captured. A more in-depth analysis on modeling expressiveness is planned for future work.

Regarding the technical implementation effort, building a language compiler and a distributed and concurrent game environment is a complex task. There are many consistency issues that must be handled in order to get a robust system. These issues regard to the models' storage and semantic rules. Is has been implemented 25 rules for semantic validations and a programmatically based system for creating storage tables.

Simulation performance has not been an issue so far, since simulations are delayed to give users the time to interact. This solution scales easily up to 10 matches, with 10 users each. The only concern regards the number of user iterations, which may lead to heavy processing when generating reports to students' requests.

VI. CONCLUSIONS

This work has presented an architecture that identifies the requirements of a gaming environment where users, i.e., the researcher, can define the game behavior. The architecture is independent of the application area, but the study case was carried on the management area. In this scenario models repositories for business management can be shared, ready to be used, or to be adapted to the specific intended leaning process.

The experiments carried so far have pointed a number of possible improvements, as for example, automatic identification of match scores. Experiments using the implemented tool helped us to figure out some new learning possibilities. The model based architecture allows, for example, attaching a management strategy to the model and have students playing against a virtual player. It is also possible to have different programmed strategies playing against each other. We intend to explore those possibilities in future works.

Implementation code is available for testing on demand.

ISSN 1809-3957

Table 1. Model Definition.

```
1       model Business {
2           class enterprise {
3               property  building 1;
4               property  localPrice  80.0;
5               property  hire 5;
6               property  dismiss 1;
7               property localMarketing 100;
8               proc  localDemand     if(status>=5 : 0 ; if (totalPrice  == localPrice  : totalDemand ;
                      totalDemand * ((( totalPrice - localPrice  ) / totalPrice ) + ( localMarketing /
                      totalMarketingInvestiment  )) / 2 ));
9               proc  productionHaste if (employees * 30 > floor( modules ) * 1000: floor ( modules
                      ) * 1000; employees * 30);
10              proc  storageExpenses   read(r1 , storagePrice ) * productStorage ;
11              proc  InterestsExpenses   if ( cash < 0 : cash * read( r1 , interests  ) / 100;0 );
…       …
20              proc  totalPrice read( r1 , totalPrice ) ;
21              proc  totalDemand read( r1 , totalDemand ) ;
                proc  totalMarketingInvestiment  read( r1 , totalMarketingInvestiment  ) ;
22              proc  buildingExpenses  building * read( r1 , modulePrice  );
23              proc  productionExpenses     read( r1 , feedstockPrice  ) * productionHaste ;
24              proc  moduleIncome  - read( r1 , storagePrice ) * buildingDecrease ;
25              proc  salaryExpenses  employees * read( r1 , payValue  );
26              stock   productStorage 0;
27              rate (productStorage )  productionIncrease productionHaste     ;
28               rate (productStorage ) sale - ( if (localDemand  <= productStorage : localDemand ;
                     productStorage )) ;
29              stock status 0;
30              rate (status)  statusIncrease  if ( cash < 0 : 1 ; 0);
31              rate (status)  statusDecrease - if ( cash < 0 : 0 ; status);
32              stock employees 0;
33              rate (employees )   hiring hire ;
34              rate (employees )   dismissing  - if ( employees < dismiss: employees ; dismiss);
            };
35          class context {
36              property  totalDemand   1000;
37              proc  totalMarketingInvestiment  read( r2 , localMarketing );
38              property  storagePrice 1;
…       ..
43              property  payValue  800;
44              proc   totalPrice   read( r2 , localPrice );
45          };
46          relation r1 enterprise, context;
47          multirelation r2 context, enterprise;
48      };
```

Source: The authors.

Table 2. Game Definition.

```
01      define game1 Business {
02            enter1 = new enterprise
03              set localPrice = 50;
04              set building = 0;
05              set hire = 0;
06              link r1 con;
07            enter2 = new enterprise
08              set localPrice = 50;
09              set building = 0;
10              set hire = 0;
11              link r1 con;
12            con = new context
13              set totalDemand = 3000;
14              set storagePrice = 1;
15              link r2 enter1;
16              link r2 enter2;
17            view v1 = (enter1);
18            view v2 = (enter2);
19      };
```

Source: The authors.

ISSN 1809-3957

VII. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); UFJF (Federal University of Juiz de Fora); FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) and CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for financial support.

VIII. REFERENCE

3RD WORD FARMER. **A simulation to make you think**, 2006. http://3rdworldfarmer.com. Accessed: 2017-04-22.

ANYLOGIC. **Multimethod Simulation Software and Solutions**, 2002. http://www.anylogic.com. Accessed: 2017-04-28.

BARROS, M. O.; WERNER, C. M. L.; TRAVASSOS, G. H. **A system dynamics metamodel for software process modeling**. Software Process: Improvement and Practice, v. 7, n. 3- 4, p. 161-172, 2002.

BLAZIC, A. J.; RIBEIRO, C.; FERNANDES, J.; PEREIRA, J.; ARH, T. **Analysing the required properties of business simulation games to be used in e-learning and education**. Intelligent Information Management, v. 4, n. 6, p. 348, 2012.

BRENNAN, R.; VOS, L. **Effects of participation in a simulation game on marketing students' numeracy and financial skills**. Journal of Marketing Education, v. 35, n. 3, p. 259-270, 2013.

EGNER, J.; MARK H. **Getting Started with STELLA and iThink**. Proceedings of the 28th International Conference of the System Dynamics Society, v. 2, p. 883, 2010.

FERREIRA, J. A. **Business Games: A model for practical application on administration**. Master Thesis, UFSC. Florianópolis, Brazil, 2000.

GRAHAM, A. K.; MORECROFT, J. D.; SENGE, P. M.; STERMAN, J. D. **Model-supported case studies for management education**. European Journal of Operational Research, v. 59, n. 1, p. 151-166, 1992.

INSIGHT MAKER. **Free Simulation and Modeling in your Browser**, 2010. http://insightmaker.com. Accessed: 2017-04-25.

JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASEER, A.; STERGIOULAS, L. K.; YOUNG, T. **Simulation in manufacturing and business: A review**. European Journal of Operational Research, v. 203, n. 1, p. 1-13, 2010.

ONLINE BUSINESS SIMULATION. **A-Z Index of Simulations**, 2014. http://www.bizsims.edu.au/a-z-index-simulators. Accessed: 2017-04-20.

RIEDEL, J. C.; HAUGE, J. B. **State of the art of serious games for business and industry**. In: Concurrent Enterprising (ICE), 2011 17th International Conference on. IEEE. p. 1-8, 2011.

SIMCITY. **Homepage - Official Site**, 2014. http://www.simcity.com. Accessed: 2017-04-20.

STERMAN, J. D. **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. 2000.

VIRTONOMICS. **Best free business simulation. Serious strategy game. Tycoon online**, 2015. https://virtonomics.com. Accessed: 2017-04-20.

WLADIMIR, A. **Ordinary Differential Equations**. Springer. 2006.

IX. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

QUESTÕES PARA INCENTIVAR A LEITURA DE UM TEXTO ACADÊMICO

QUESTIONS TO ENCOURAGE THE READING OF AN ACADEMIC TEXT

KOICHI SANOKI[1]; ÍTALO SANTIAGO VEGA[1]
1 – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA - PUC-SP.
koichisanoki00091587@gmail.com; italo@pucsp.br

Resumo *- **Para conhecer o conteúdo de um texto acadêmico, pode-se ter como base os tópicos: título, resumo, palavras-chave e referências bibliográficas. É possível, a partir disto, gerar um questionário que ajudará em sua leitura. A estratégia para o desenvolvimento de tal questionário terá várias etapas, e a primeira delas será analisar se o texto se enquadra como acadêmico, ou seja, se possui os tópicos citados. A segunda será, a partir das referências bibliográficas, procurar as publicações referenciadas e correlatas em periódicos, e montar um Corpus Bibliográfico, dividido em subcorpus de língua inglesa e portuguesa. A etapa final da estratégia será achar as relações entre o título, palavras-chave, resumo, e o Corpus, levando em consideração as características relacionadas. Com o uso desta estratégia, o resultado será uma série de questões acerca da base, o que poderá despertar, ou não, o interesse pelo tema.***

Palavras-chave: Questões. Algoritmo. Texto Acadêmico.

Abstract *- **To know the content of an academic text, one can have as a base the topics: title, abstract, keywords and bibliographical references. It is possible, from this, to generate a questionnaire that will help in the reading. The strategy for the development of such a questionnaire will have several stages, and the first one will be to analyze if the text fits as academic, that is, if it has the topics mentioned. The second one will be, based on the bibliographical references, to search the referenced and related publications in periodicals, and to assemble a Bibliographic Corpus, divided into English and Portuguese sub corpus. The final step of the strategy will be to find the relationships between the title, keywords, abstract, and the Corpus, taking into account the related characteristics. With the use of this strategy, the result will be a series of questions about the base, which may, or may not, arouse interest in the theme.***

Keywords: Questions. Algorithm. Academic Text.

I. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo demonstrar como é possível gerar questões que incentivem a leitura de um texto acadêmico, tanto simples quanto rebuscado, partindo das seguintes premissas:

1.1 – Tipos das Questões de Compreensão

A montagem se baseia em um ou mais tipos de questões para identificação de relações que possam existir entre os termos. A utilização de um aplicativo computacional se torna necessária para classificar os tais tipos de questões que serão formulados, como (MARCUSCHI, 2001):

a. **Questões Óbvias**: são perguntas não muito frequentes e de perspicácia mínima, respondidas pela própria formulação. Assemelham-se às indagações do tipo: "Qual a cor do cavalo branco de Napoleão?";
b. **Questões Cópias**: são perguntas que sugerem atividades mecânicas de transcrição de frases ou palavras. Verbos frequentes aqui são: copie, retire, aponte, indique, transcreva, complete, assinale, identifique, etc.;
c. **Questões Objetivas**: são perguntas que indagam sobre conteúdos objetivamente inscritos no texto (o quê, quando, por quê, onde, como, quem e quanto) numa atividade de pura decodificação;
d. **Questões Inferenciais**: estas perguntas são as mais complexas. Exigem, entre outros, conhecimentos textuais, sejam eles pessoais, contextuais ou enciclopédicos, bem como exigem regras inferenciais e análise crítica para busca de respostas;
e. **Questões Globais**: são perguntas que levam em conta o texto como um todo e aspectos extratextuais, envolvendo processos inferenciais complexos;
f. **Questões Subjetivas**: esta pergunta, em geral, tem a ver com o texto de maneira apenas superficial, sendo que a resposta fica por conta do pesquisador e não há como testá-la em sua validade;
g. **Questões Vale-tudo**: são perguntas sobre questões que admitem qualquer resposta, não havendo possibilidade de equívoco. A ligação com o texto é apenas um pretexto sem base alguma para a resposta;
h. **Questões Impossíveis**: estas perguntas exigem conhecimentos externos ao texto e só podem ser respondidas com base em conhecimentos enciclopédicos. São questões antípodas às de cópia e às objetivas;
i. **Questões Metalinguísticas:** são perguntas sobre questões formais, geralmente da estrutura do texto ou do léxico, bem como de partes textuais.

1.2 – Tópicos Adequados para Classificação das Questões

As questões também levam em consideração a estrutura do processo cognitivo na taxonomia de Bloom (FERRAZ; BELHOT et al., 2010), da mais fácil a mais elaborada, como:

- ***Lembrar***: Relacionado ao reconhecimento e à reprodução de ideias e conteúdos;
- ***Entender***: Relacionado ao estabelecimento de uma conexão entre o novo conhecimento e o previamente adquirido;
- ***Aplicar***: Relacionado à execução (ou uso) de um procedimento numa situação específica;

ISSN 1809-3957

- ***Analisar***: Relacionado à divisão da informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes, e ao entendimento da inter-relação existente entre as partes;
- ***Avaliar***: Relacionado à realização de julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos, ou de eficiência e eficácia;
- ***Criar***: Significa juntar elementos com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo, utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos.

1.3 – Questões a Serem Geradas

As questões serão geradas a partir do título do texto acadêmico, das palavras-chave informadas, do resumo e das referências bibliográficas. Será criado um ***Corpus*** onde todas as palavras estarão identificadas, combinações serão geradas e tudo isso possibilitará a montagem de questões associadas às palavras-chave e ao resumo.

O texto, por si só, não é suficiente para gerar questões. Para isso o algoritmo deve contar com o apoio de um *Corpus Bibliográfico* que contenha as mesmas características do texto em questão. Uma vez que o algoritmo tenha acesso às características em comum entre o texto e o Corpus torna possível fazer uma relação possibilitando gerar questões sobre Referência Bibliográfica.

A aplicação deste algoritmo no mundo acadêmico pode trazer contribuições ao desenvolvimento de monografias, dissertações, ou teses, visto que o aplicativo fará buscas de textos de forma repetitiva, denominadas "robôs", facilitando o acesso aos mais variados tipos de informações disponíveis em redes de repositórios acadêmicos, antes impossíveis de ser acessados remotamente.

1.4 – Solução do Problema

O algoritmo utilizará um mecanismo de coleta de textos nos periódicos ou repositórios acadêmicos disponibilizados na forma digital, tendo como finalidade criar um ***Corpus Bibliográfico*** (SARDINHA, 2000) e no qual conterá todos os textos e correlatos citados nas referências bibliográficas do texto.

Esse "repositório particular" indicará que os textos acadêmicos encontrados, a partir das palavras-chave em outros periódicos ou repositórios são pertinentes à sua pesquisa segundo ***Tipos de Questões de Compreensão*** (DIONISIO; BEZERRA, 2003).

A formulação das questões, com a utilização de advérbios, segue a técnica 5W2H, pois esta é um "*processo*" que consiste em estruturar o pensamento de uma forma bem organizada e materializada.

O 5W do nome corresponde às palavras de origem inglesa *What, When, Why, Where e Who,* e o 2H, à palavra *How* e à expressão *How Much,* representando, respectivamente, *O que, Quando, Por quê, Onde, Como, Quem e Quanto.* (CANDELORO, 2008)

II. PROCEDIMENTOS

Para que se obtenha sucesso na montagem das questões deve-se contar com uso de um aplicativo computacional que processe cada uma dessas etapas (SANOKI, 2017, no prelo).

2.1 – Identificação dos Advérbios no Texto

O uso de software "Etiquetador" (por exemplo, The TreeTagger um programa desenvolvido por Helmut Schmid na University of Stuttgart (hoje University of München)), com a finalidade de identificar os tipos de palavras como: substantivo, verbo, adjetivo, advérbio, pronome, conjunção, etc. E uso de outro software (por exemplo: SAS Institute Inc.) para alcançar diferentes análises estatísticas sobre corpus textuais.

Após a "etiquetagem", as palavras destrinchadas de um texto serão armazenadas em um banco de dados de forma denominada "Relacional", onde tais palavras serão organizadas em uma tabela estruturada em linhas e colunas (CODD, 1970).

De acordo com Gonzaga (1997), os primeiros advérbios detectados no texto ocupam uma posição dependente do verbo que os seleciona, outros advérbios adjuntos respeitam algumas restrições, mas não ocupam um lugar na frase temática do verbo.

A segunda distinção que o autor apresenta é essencialmente sintática e consiste, dentro do grupo dos adjuntos, em separar os advérbios do verbo principal dos advérbios de frase. O fator da separação destas duas classes incide basicamente sobre o seu movimento e sua interpretação. Os advérbios de frase ocupam posições cujo alcance é toda a frase, condicionando também a interpretação da mesma; já os advérbios do verbo principal ocupam, tipicamente, posições no âmbito do verbo principal, o que, em termos de interpretação, pode condicionar apenas o verbo (enquanto cabeça da projeção), ou qualquer categoria ou elemento gerado dentro da oração (sujeito e complemento, nomeadamente).

A terceira classificação é essencialmente semântica. O autor considera a distinção entre advérbio de frase e de oração, e dentro de cada uma das duas classes encontra subclasses semânticas. Assim, subdivide os advérbios de frase em sete modais: advérbios orientados para o sujeito, advérbios de tempo, de lugar e advérbios especulais (que determinam a realidade); e os advérbios da oração são subdivididos em advérbios orientados para o verbo, orientados para o objeto, orientados para o sujeito e especulais/quantificadores (GONZAGA, 1997).

2.2 – Associações dos Advérbios e Pronomes no Corpus

O alcance da composição do ***Corpus*** tem três dimensões. A primeira é o número de palavras, uma medida da representatividade do ***Corpus***, no sentido de que quanto maior o número de palavras, maior será a chance do mesmo contê-las na baixa frequência que forma a maioria das palavras de um idioma.

A segunda dimensão é o número de textos a que se aplica a corpora específicos. Um número maior garante que este tipo textual, gênero, ou registro, esteja representado de forma mais adequada.

A terceira é o número de gêneros, registros ou tipos textuais criados para representar um idioma como um todo, e a esta dimensão se aplica a corpora variados. Aqui, um número maior de textos de vários tipos permite uma maior abrangência do espectro genérico do idioma (SARDINHA, 2000).

Inicialmente, a técnica será utilizada na construção de uma questão, segundo Avram Noam Chomsky, linguista, filósofo, ativista, autor e analista político estadunidense, que

ISSN 1809-3957

concluiu doutorado com uma tese sobre a análise transformacional (1955), elaborada a partir das teorias de Z. Harris, de quem foi discípulo (CHOMSKY, 2014).

O sistema de princípios constituído por vários módulos - a saber, teoria do governo, teoria da ligação, teoria dos papéis-temáticos, teoria do caso, teoria do controle e teoria dos nós fronteira - detém a função de restringir, regular e orientar os vários componentes do sistema de regras nomeado de Teoria X, e de movê-los, combinados com a informação lexical em dois níveis de análise e interpretação: Forma Fonética (PF - Phonetic Form) e Forma Lógica (LF - Logical Form) (GONZAGA, 1997).

2.3 – Identificação das palavras no Texto

Considerando que todos os textos acadêmicos possuem título e palavras-chave, depois de já "etiquetados", há como montar questões em consonância com "**Lembrar**", dos *"Tópicos adequados para classificação das questões",* e com *"Tipos das Questões de Compreensão",* descritos em 1.2 e 1.1, respectivamente.

As questões devem ser feitas logo após ter sido realizada a "etiquetagem", que é a atribuição do significado morfológico de cada palavra, e a escolha dos advérbios e pronomes demonstrativos que darão indícios de como formular questionários.

Já o **Resumo** do texto acadêmico tem outra conotação, pois envolve o "**Entender**", dos "*Tópicos adequados para classificação das questões",* e "*Tipos de Questões de Compreensão*".

O item **Referências Bibliográficas** do texto é a indicação de utilização de ideias de outros autores, ali apontados. Para poder criar relações com as ideias do autor referenciado no texto acadêmico, se fazem necessários os tópicos "***Entender****", "****Analisar****" e "****Avaliar****" dos "Tópicos adequados para classificação das questões",* para então gerar os *"Tipos das Questões de Compreensão".*

III. RESULTADOS

Os resultados são uma série de questões que seguem a descrição sintática da estrutura interna das expressões nominais no português do Brasil (DAVID, 2007).

3.1 – Resultados da Simulação

Os resultados esperados são a criação de questões a partir das relações entre todo o texto acadêmico e os "***Tópicos adequados para classificação das questões****"*.

Como exemplo será utilizado o título deste artigo "*QUESTÕES PARA INCENTIVAR A LEITURA DE UM TEXTO ACADÊMICO"*, e, conforme o processo descrito, será gerado este tipo de questionamento: "O que é um texto acadêmico?". O interessado pela leitura verá que se encaixa no tipo: "**Óbvias...**". Outro questionamento seria: "Por quê um texto acadêmico?", e a resposta pode ser do tipo: "**Objetivas...**".

Quando se trata da montagem de questionamento utilizando como exemplo o resumo deste artigo: "***Para conhecer o conteúdo de um texto acadêmico, pode-se ter como base os tópicos: título, resumo, palavras-chave e referências bibliográficas."*** é possível, a partir disto, gerar um questionário que ajudará em sua leitura. O processo irá montar um questionamento do tipo: "**Inferenciais...**".

Na montagem de questionamento pertinente às ***Referências Bibliográficas,*** quando este artigo utiliza a palavra ***Corpus***, sua definição está descrita no livro: "*Linguística de Corpus: histórico e problemática",* do autor Tony B. Sardinha, o questionário que o processo irá gerar será do tipo "**Questões Subjetivas**": "Por quê do Corpus Bibliográfico e O que fazer com o Corpus Bibliográfico?", e a resposta seria do tipo: "**Subjetivas...**"

Caso as questões não estejam adequadas, a sugestão é que se faça a revisão das mesmas. Segundo Farias (2000), na produção do resultado, o domínio dessas etapas de processamento da escrita se manifestaria, entre outros aspectos:

- Na fase de planejamento, pela seleção de ideias relevantes do texto-base, e por sua organização em uma superestrutura;
- Na fase de tradução, pelo uso de mecanismos formais de coesão, pela manutenção do tópico discursivo, pelo uso de estruturas sintáticas complexas, etc.;
- Na fase de revisão, pela reconsideração atenta do texto-resumo quanto aos já mencionados objetivos da revisão (adequação à audiência, clareza da superestrutura, e marcas formais adequadas) (FARIAS, 2000).

3.2 – Interpretações do Principal Resultado

A pesquisa de Souza (SOUZA et al., 2012) acrescenta ainda que o tipo de regras de redução semântica utilizado e a eficiência no domínio destas regras são determinados não só pela escolaridade do aluno, conforme sugerem Brown e Day, ou pelo grau de dependência em relação ao texto-base, como defendem Kleiman e Terzi, mas, principalmente, pela capacidade do leitor/resumidor de tomar decisões adequadas quanto a certas etapas características do processamento da escrita (solução de problemas de planejamento, tradução e revisão) (FARIAS, 2000).

IV. CONCLUSÃO

A aplicação das premissas descritas será a base para o que algoritmo monte as questões, geradas por um aplicativo computacional, a partir da adequação e compreensão morfológica e semântica do título do texto acadêmico, de suas palavras-chave, seu resumo e referências bibliográficas.

As informações apresentadas neste artigo representam apenas uma introdução ao modelo de compreensão de Kintsch e van Dijk e às formulações deste modelo acerca da natureza e dos processos envolvidos na tarefa de resumo de textos, servindo como sugestão de um ponto de partida para o aprofundamento dessas questões.

As considerações de natureza experimental deste artigo tentam, por sua vez e entre outros aspectos, destacar alguns dos fatores, presentes ou não nos estudos de Kintsch e van Dijk, que interferem na tarefa de resumo (a maturidade do leitor, as condições da tarefa de resumo, a habilidade no processamento da escrita) e que devem ser consideradas com mais atenção no meio escolar, onde a leitura e a produção de textos (resumos ou não) ainda têm sido propostas de forma um tanto aleatória (SANOKI, 2017, no prelo).

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANDELORO, R. **Não tenha dúvidas: método 5w2h**. 2008.

CHOMSKY, N. **Aspects of the Theory of Syntax**. [S.l.:s.n.], 2014. v. 11.

ISSN 1809-3957

CODD, E. F. **A relational model of data for large shared data banks**. Communications of the ACM, ACM, v. 13, n. 6, p. 377–387, 1970.

DAVID, K. A. **Sintaxe das expressões nominais no português do Brasil: uma abordagem computacional**. www.teses.ufc.br, 2007.

DIONISIO, A. P.; BEZERRA, M. A. **O livro didático de Português múltiplos olhares**. [S.l.]: Lucerna, 2003.

FARIAS, W. S. de. **Compreensão e resumo de textos: alguns aspectos teóricos e experimentais**. v. 1, n. 22, 2000.

FERRAZ, A.; BELHOT, R. V.; OTHERS. **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais**. SciELO Brasil, v. 17, n. 2, p. 421–431, 2010.

GONZAGA, M. **Aspectos da sintaxe dos advérbios em Português**. Tese (Doutorado) — MA dissertation, University of Lisbon, 1997.

MARCUSCHI, L. A. **Compreensão de texto: algumas reflexões.** *O livro didático de português: múltiplos olhares*, v. 2, p. 48–61, 2001.

SANOKI, K.; **Generating key questions from Academic Texts. –**12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), ISCTE-IUL – Lisboa, 2017. No prelo.

SARDINHA, T. B. **Linguística de corpus: histórico e problemática**. Delta, SciELO Brasil, v. 16, n. 2, p. 323–367, 2000.

SOUZA, M. C. P. de et al. **A tarefa de sumarização num contexto mais amplo de produção escrita.** Trabalhos em Linguística Aplicada, v. 12, n. 1, 2012.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

SIMULADOR GERACIONAL PARA APLICAÇÃO EM SELEÇÃO GENÔMICA

GENERATIONAL SIMULATOR TO APPLICATION IN GENOMICS SELECTION

BRUNO ZONOVELLI[1]; CARLOS CRISTIANO HASENCLEVER BORGES[1]; WAGNER ANTONIO ARBEX[1, 2]; FABRIZZIO CONDÉ DE OLIVEIRA[3]; IGOR MAGALHÃES RIBEIRO[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF; 2 – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA; 3 – UNIVERSIDADE SALGADO DE OLIVEIRA - UNIVERSO.

wagner.arbex@embrapa.br

Resumo – O sucesso na avaliação de novos métodos e modelos experimentais depende da fidelidade dos dados utilizados. Os simuladores permitem recriar determinadas característica presente em diferentes populações. Os mecanismos geradores de uma determinada arquitetura genética podem ser a aditividade, dominância ou epistasia. Outro ponto importante é o cruzamento, pois o melhoramento genético estuda uma determinada população visando melhorar a próxima fazendo-se necessário então à presença de pais e filhos. O objetivo desse artigo é apresentar uma ferramenta que simula dados existentes em chips de alta densidade que permita ao usuário o controle das ações gênicas envolvidas, do número de marcadores, indivíduos entre outros parâmetros. O simulador proposto se mostrou eficiente no processo de evoluir uma população inicial gerada pelo SCRIME.

Palavras-chave: seleção genômica; simulador; ferramenta melhoramento genético.

Abstract - TSuccess in evaluating new experimental methods and models depends on the fidelity of the data used. The simulators allow to recreate certain characteristic present in different populations. The mechanisms that generate a particular genetic architecture may be additivity, dominance, or epistasis. Another important point is the crossing, because the genetic improvement studies a certain population aiming to improve the next, making itself necessary to the presence of parents and children. The objective of this article is to present a tool that simulates existing data on high density chips that allows the user to control the genetic actions involved, the number of markers, individuals among other parameters. The proposed simulator was efficient in the process of evolving an initial population generated by SCRIME.

Keywords: Genomic selection; Simulator, genetic improvement tool.

I. INTRODUÇÃO

O melhoramento genético animal ou vegetal consiste, basicamente, em um conjunto de técnicas e métodos com a finalidade de melhorar o valor genético médio da população de interesse. O método utilizado consiste em selecionar e acasalar indivíduos superiores de forma que suas características sejam transmitidas às gerações futuras.

A seleção dos mais aptos consiste em definir quais indivíduos serão os progenitores da próxima geração, o que visa aumentar os genes desejáveis nas gerações futuras. Contudo, o processo de seleção pode ser lento e custoso, nesse ponto entra a seleção genômica, que consiste em construir um modelo para calcular o valor genômico previsto (do inglês, *genomic estimated breeding values* - GEBV) dos animais a serem avaliados.

A predição do valor genômico de um animal permite selecioná-lo no início da vida, ou antes, mesmo do seu nascimento (SCHAEFFER, 2006). O GEBV da próxima geração é calculado tendo como base uma população de referência, dessa forma é possível efetuar a seleção via dados genômicos (MEUWISSEN; HAYES; GODDARD, 2001; HAYES; GODDARD, 2010).

Os dados genômicos abordados nesse artigo são os marcadores genéticos. Os primeiros marcadores utilizados foram os genes, para serem úteis devem existir em pelo menos duas formas ou alelos, especificando fenótipos diferentes. Tal como acontece com os genes um marcador de DNA deve ter, pelo menos, dois alelos para ser útil. Existem três tipos de sequência que satisfazem este requisito: polimorfismos de comprimento de fragmentos de restrição (do inglês *restriction fragment length polymorphisms* - RFLPs), polimorfismos de comprimento de sequência simples (do inglês *simple sequence length polymorphisms* - SSLPs), e polimorfismos de base única (do inglês *single nucleotide polymorphisms* - SNPs) (BROWN, 2006).

Em geral, as "regras" que regem o estudo do genoma podem ser aplicadas a qualquer espécie viva, diferenciando-se apenas os organismos procariotos dos eucariotos. Uma das muitas variações e particularidades do genoma, humano ou de qualquer espécie, são os SNPs. Os SNPs são modificações de um único nucleotídeo, em uma dada sequência, quando comparada a outra. Ou seja, são pares de bases em uma única posição no DNA genômico, que se apresentam com diferentes alternativas nas sequências, em uma porção significativa da população, ou seja, $\geq 1\%$, e podem ser encontrados no genoma de indivíduos normais em algumas populações ou grupos (HAPMAP, 2003). São encontrados em vasto número e em qualquer genoma (BROWN, 2006).

Assim, tais diferenças são importantes no estudo da variabilidade das espécies, pois podem provocar alterações funcionais ou fenotípicas, que, por sua vez, podem implicar em consequências evolutivas ou bioquímicas nos indivíduos em que os SNPs se manifestam (ARBEX, 2009).

As células possuem pares de genes, sendo uma cópia da mãe e outra do pai. Cada gene possui uma sequência de

ISSN 1809-3957

DNA que é conhecida como alelos. A relação entre os genes é chamada de epistasia, que consiste na interação entre genes de diferentes locos. A interação entre alelos é conhecida como dominância ou recessividade.

O estudo com epistasia é definido por Hayes et al. (2009) como um dos desafios para a seleção genômica. Ele tem sido utilizado para justificar uma série de fenômenos, tais como, a interação funcional entre os genes, o resultado de mutações genéticas que atuam dentro da mesma via metabólica e o desvio estatístico da ação aditiva (PHILLIPS, 2008).

A seleção genômica utiliza a informação proveniente de chips de alta densidade que entregam a informação de milhares de marcadores SNPs para um modelo, que visa identificar os animais mais aptos com base em um conjunto de regras ou testes prévios (Bovine HapMap Consortium, 2009; Matukumalli et al., 2009). A redução do custo operacional para a obtenção dos marcadores aliada à precisão dos GEBV obtidos levou a rápida adoção da seleção genômica por parte das empresas e profissionais do meio (SCHAEFFER, 2006). Cada modelo, computacional ou estatístico, possuem suas particularidades e parâmetros podendo ser aplicado a uma população especifica ou a várias. A definição do melhor modelo para um dado conjunto de marcadores pode ser tão complexa quanto o entendimento de todas as ações gênicas envolvidas no fenótipo em estudo.

O objetivo desse artigo é apresentar uma ferramenta que simula dados existentes em chips de alta densidade, porém permitindo ao pesquisador o controle das ações gênicas envolvidas, do número de marcadores, indivíduos entre outros parâmetros. A seguir será explicado o processo de construção da versão atual do simulador.

II. SIMULADOR

O sucesso na avaliação de novos métodos e modelos experimentais depende da fidelidade dos dados utilizados. Os simuladores permitem recriar determinadas característica presente em diferentes populações. Os mecanismos geradores de uma determinada arquitetura genética podem ser a aditividade, dominância ou epistasia. Outro ponto importante é o cruzamento, pois o melhoramento genético estuda uma determinada população visando melhorar a próxima fazendo-se necessário então a presença de pais e filhos. O simulador QMSIM simula múltiplas característica presentes em cenários de melhoramento genético inclusive o cruzamento, porém somente a forma aditiva é utilizada na determinação da arquitetura genética da população (SARGOLZAEI; SCHENKEL, 2009). O SCRIME é um simulador não geracional que permite definir a forma como os marcadores interagem entre si, permitindo gerar as várias ações génica, porém não efetua o cruzamento entre os indivíduos com isso não possuindo pais e filhos (SCHWENDER, 2007). O LDSO é um simulador robusto que permite simular todas as ações gênicas e o cruzamento entre os pares, contudo o uso pode ser complexo devido ao número de parâmetros e dependência entre eles (YTOURNEL, 2012).

A proposta é desenvolver um simulador que permitam determinar diferentes ações gênicas, bem como o cruzamento entre pares produzindo assim pais e filhos, mas com facilidade de uso. A estrutura básica do simulador consiste em utilizar a saída do SCRIME como referência (SCHWENDER, 2007). A saída consiste em uma matriz *N x M*, onde *N* é o número de marcadores e *M* o de indivíduos, e o fenótipo. O objetivo é representar um cenário de melhoramento genético por meio da seleção dos mais aptos, incluindo o uso de inseminação artificial. A seguir é definido os passos seguido pelo simulador.

1. Os indivíduos gerados pelo SCRIME não possuem sexo definido, por esse motivo uma metade é considerada macho e a outra fêmea, de forma que o cruzamento ocorre entre os melhores pais.
2. Calcula-se o GEBV/Fenótipo utilizando a mesma função do SCRIME.
3. Os indivíduos são ordenados de acordo com o fenótipo.
4. O grupo de indivíduos gerados são organizados por gerações.
5. Os melhores indivíduos (quantidade definido por parâmetro), são cruzados gerando uma nova geração.
6. O processo é repetido até a quantidade de gerações desejadas pelo usuário seja atingida.

A população inicial do rebanho e do banco de sêmen é gerada pelo SCRIME, ela consiste no número de indivíduos mais os primeiros machos do banco de sêmen (os melhores da simulação) mais as fêmeas utilizadas pelo banco de sêmen que é o dobro da quantidade de machos. Apos o processo de simulação do SCRIME os melhores indivíduos são retirados da amostra e compõe o banco utilizado pela inseminação artificial, em seguida são retirados o dobro da quantidade de machos que serão as fêmeas utilizadas para "evoluir" os indivíduos do banco. O restante é a primeira geração do simulador.

O sexo dos indivíduos é definido aleatoriamente no momento da sua concepção. O GEBV é calculo utilizando a mesma função utilizada pelo SCRIME. Em seguida o simulador define os pares que irão acasalar, respeitando o sexo pré-definido. Após a definição dos pais, o genótipo de cada pai é dividido em duas colunas, seguindo a regra de *1 -> (1,1), 2 -> (1,2) ou (2,1) e 3 -> (2,2).* Como visto somente o heterozigoto possui uma variação de valor entre os lados direito e esquerdo do alelo. Os genótipos onde o valor é 1 permanecem inalterados, onde o valor é 2 recebem um valor aleatório sendo o 1 ou 2 os possíveis, e as colunas com valores igual a 3 recebem o valor 2, correspondendo a um lado aleatório do alelo do pai e da mãe.

A definição dos pares, ou pais, é o processo mais importante do simulador, por esse motivo foram implementadas 3 formas distintas, sendo elas: *Simples; Por Pareto; e, jusBank*. A Simples seleciona os *n* melhores machos (parâmetro *topMacho*) e as *topFemea* do rank e monta pares aleatórios. *Simples com pareto* seleciona os *topMacho* e *topFemea* do rank, contudo 80% é escolhida seguindo a ordem correta do rank, e os 20% restante é retirado aleatoriamente do restante da população de fêmeas, no caso dos machos 20% vem do banco de esperma. A *justBank* seleciona os machos do banco e as melhores fêmeas da população.

O banco utilizado pela inseminação artificial contêm somente uma quantidade pré-definida de indivíduos, a cada ``evolução'' os machos que compõe o banco são cruzados com as melhores fêmeas de um rebanho específico. O número de filhos gerados é 4x a quantidade do banco, aqueles com fenótipo maior que o pior indivíduo do banco de sêmen passam a compor novo banco, da amostra restante são retiradas as fêmeas que possuem o fenótipo maior que a 100ª fêmea do rebanho utilizado para evoluir os animais do banco.

ISSN 1809-3957

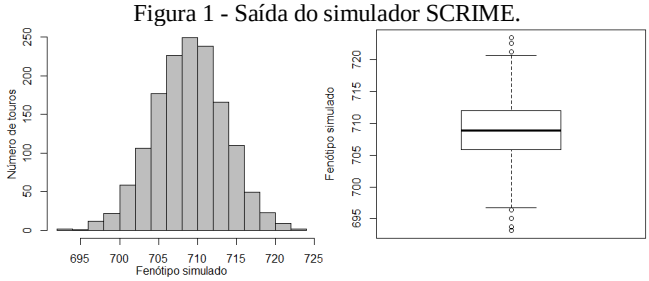
III. EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Para os experimentos foram montados 7 cenários distintos. O primeiro é o cenário sem seleção dos melhores indivíduos, ou seja não existe o processo de melhoramento e o acasalamento e todo ao acaso, esse cenário servirá como base de comparação para os próximo onde a seleção foi feita, sendo esse então o cenário base. Além da base, foram testados 6 cenários distintos. Com e Sem a seleção das melhores fêmeas, e com uma progressão no uso da inseminação artificial em: 1) sem o uso de inseminação artificial; 2) Uso combinado, inseminação e animais do rebanho; 3) uso exclusivo da inseminação Artificial. Dessa forma os cenários ficaram divididos em:

1. Base
2. SEM seleção das fêmeas
   - 2.1. Sem inseminação Artificial
   - 2.2. Uso Combinado
   - 2.3. Uso Exclusivo
3. COM seleção das fêmeas
   - 3.1. Sem inseminação Artificial
   - 3.2. Uso Combinado
   - 3.3. Uso Exclusivo

A figura 1 mostra a saída do SCRIME, essa simulação contêm 1450 indivíduos (1000 na População inicial, 150 para os machos do banco de sêmen e 300 fêmeas para a evolução do banco).

Figura 1 - Saída do simulador SCRIME.



Fonte:Autores, 2016.

Foram simulados 50 gerações, com 150 animais no banco de sêmen, e 1000 em cada geração, bem como os 50 melhores machos e as 250 melhores fêmeas (quando utilizado). O Banco utilizado pela inseminação artificial foi atualizado três vezes a cada geração.

IV. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados de cada um dos cenários definido no experimento computacional, comparando o GEBV de cada uma das 100 gerações testadas. O GEBV é individual, logo ele está sendo exibido agrupado por geração. A figura 2 mostra o resultado do cenário base. Como é possível ver devido a ausência de seleção não há melhora nas gerações futuras.

4.1 – Sem seleção das fêmeas

Nesta seção serão mostrados os experimentos onde somente os melhores machos foram selecionados. As fêmeas foram selecionadas aleatoriamente entre todas as disponíveis no rebanho.

A figura 3 mostra a saída após a execução do cenário 1.1 onde somente os melhores 50 machos da população são selecionados para o cruzamento, sem a seleção de fêmeas, e sem o uso da inseminação artificial. A seleção dos melhores machos no momento do cruzamento trouxe um aumento no valor médio do fenótipo da população, mostrando o benefício do processo de seleção.

A figura 4 exibe os gráficos do cenário 1.2 que utiliza inseminação artificial combinada com a seleção dos melhores machos do rebanho. O uso da inseminação artificial trouxe benefícios ao processo de melhoramento, como é possível verificar ao se comparar a figura 3 com a figura 4, sendo que essa evolução fica restrita a evolução do banco utilizado para a inseminação, quando ela é menos intensa (linha vermelha), o progresso do rebanho é menor.

A figura 5 demonstra os gráficos com o uso exclusivo da inseminação artificial, em todas as gerações somente filhas são geradas e os pais veem do banco de sêmen. A evolução da população foi mais lenta que nos cenários anteriores, contudo isso é justificado, pois essa progressão é totalmente dependente do banco de sêmen. Como é possível verificar o comportamento da população segue o mesmo obtido pelo banco de sêmen.

4.2 – Com seleção das fêmeas

Nesta seção serão mostrados os experimentos com a seleção dos melhores machos e fêmeas. A seguir será mostrado o resultado em cada um dos 3 cenários padrões.

A figura 6 mostra a população nas suas 50 gerações, onde foram selecionados os melhores machos e fêmeas. Como é possível ver a seleção das melhores fêmeas em conjunto com os machos tornou a população mais uniforme se comparada com a figura 3, o valor médio não se alterou muito se comparando as duas figuras.

A figura 7 mostra o cenário 2.2 com o uso combinado da inseminação artificial e os melhores machos e fêmeas do rebanho. O uso da inseminação trouxe benefícios nítidos na evolução da população, principalmente nas primeiras gerações. Com a seleção das fêmeas a população conseguiu evoluir mais que o próprio banco de sêmen, passando a não mais usá-lo, pois o quesito mínimo para a seleção de um macho no banco é que ele seja melhor que o melhor macho do rebanho.

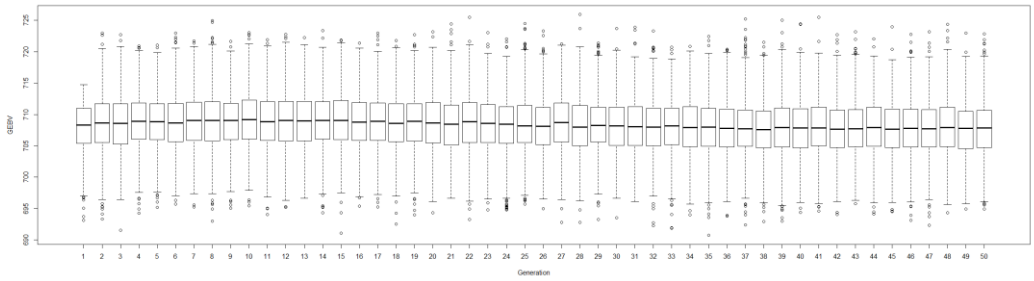
A figura 8 mostra o cenário com o uso exclusivo da inseminação artificial, assim como na figura 5, o comportamento da população fica restrita ao limite do banco utilizado para a geração das filhas.

V. CONCLUSÃO

O simulador proposto se mostrou eficiente no processo de evoluir uma população inicial gerada pelo SCRIME. A implementação do banco de sêmen se mostrou promissora, sendo que é necessário ainda definir de forma correta a frequência de evolução do mesmo.

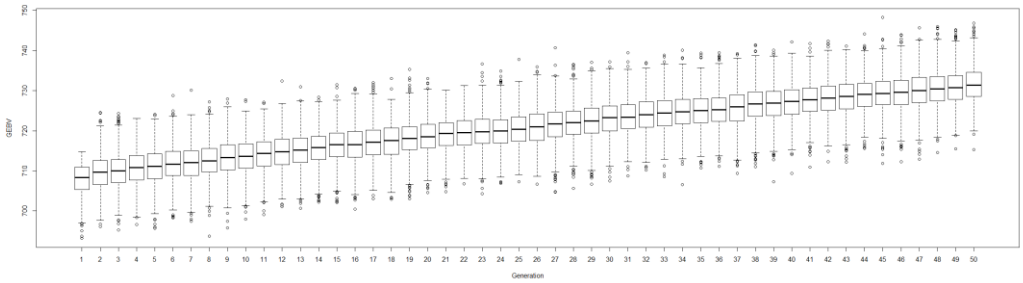
ISSN 1809-3957

Figura 2 - Cenário BASE, sem a seleção dos melhores indivíduos.



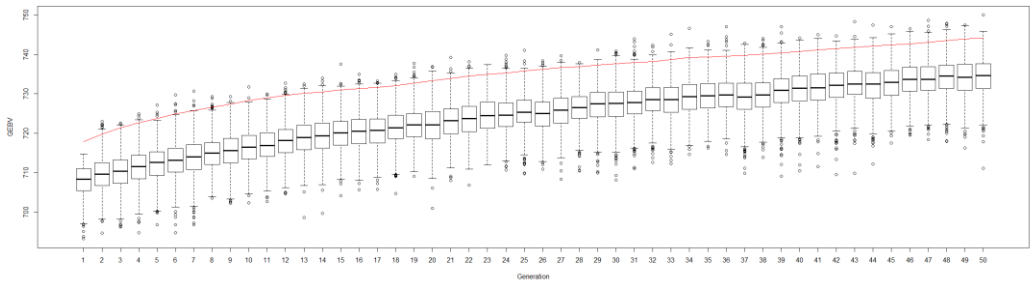
Fonte:Autores, 2016.

Figura 3 - Cenário 1.1 com a seleção dos melhores machos e sem o uso da inseminação artificial.



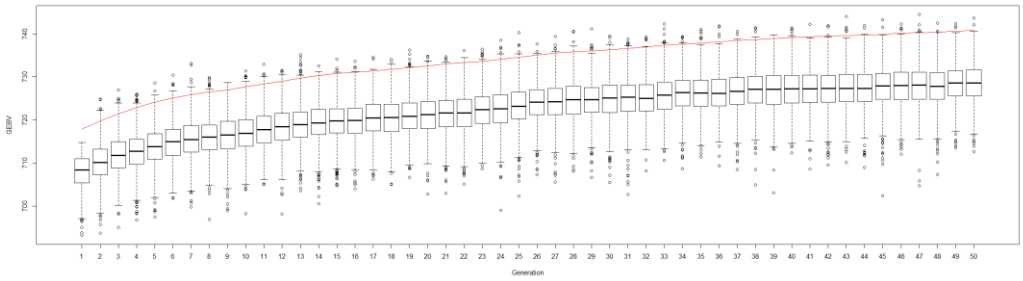
Fonte:Autores, 2016.

Figura 4 - Cenário 1.2 com o uso combinando da inseminação artificial e seleção dos melhores machos do rebanho.



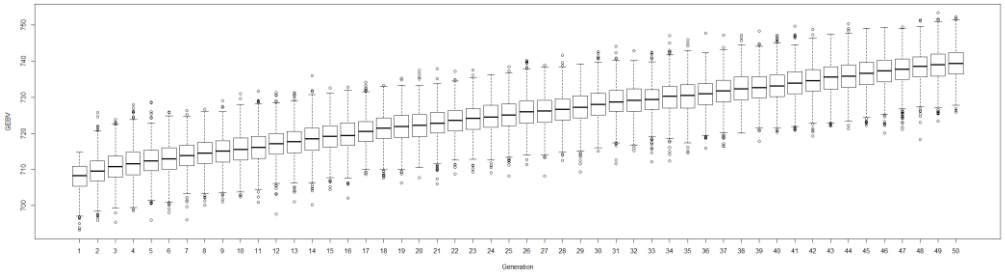
Fonte:Autores, 2016.

Figura 5 - Cenário 1.3 com o uso exclusivo da inseminação artificial e seleção.



Fonte:Autores, 2016.

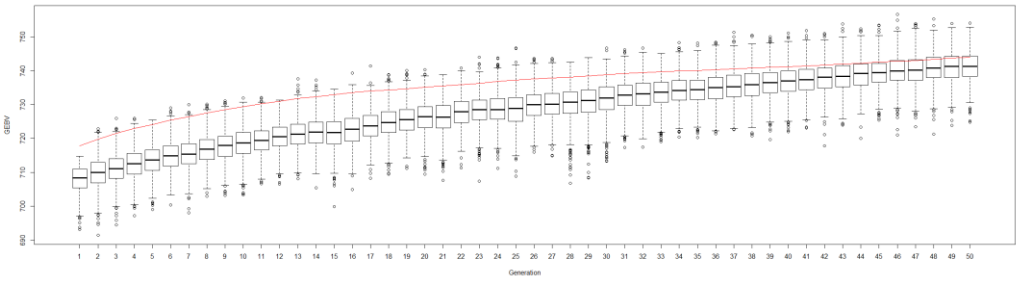
Figura 6 - Cenário 2.1 sem o uso da inseminação artificial.



Fonte:Autores, 2016.

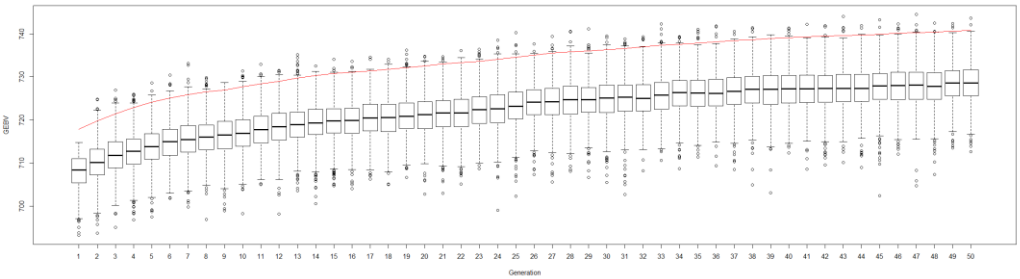
ISSN 1809-3957

Figura 7 - Cenário 2.2 uso combinado da inseminação artificial e dos melhores machos do rebanho.



Fonte:Autores, 2016.

Figura 8 – Cenário 2.3 com uso exclusivo da inseminação artificial.



Fonte:Autores, 2016.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, W. A. Modelos Computacionais para Identificação de Informação Genômica Associada à Resistência ao Carrapato Bovino. Tese (Doutorado) UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2009.

BOVINE HAPMAP CONSORTIUM A **Genome-wide survey of SNP variation uncovers the genetic structure of cattle breeds**. Science, v.324, n.5926, p.528-532, 2009.

BROWN, T. A. **Genomes. [S.l.]**: Garland science, 2006.

HAYES, B. et al. **Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. Journal of dairy science,** Elsevier, v. 92, n. 2, p. 433 - 443, 2009.

HAYES, B.; GODDARD, M. **Genome-wide association and genomic selection in animal breeding. Genome**, NRC Research Press, v. 53, n. 11, p. 876 - 883, 2010.

HAPMAP, C. I. The **international hapmap project. Nature,** v. 426, n. 6968, p. 789 - 96, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature02168>.

MATUKUMALLI, L.K.; LAWLEY, C.T.; SCHNABEL, R.D. et al. **Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle.** PLoS ONE, v.4, n.4, e5350, 2009.

MEUWISSEN, T. H. E.; HAYES, B. J.; GODDARD, M. E. **Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. Genetics,** v. 157, n. 4, p. 1819 - 1829, 2001. Disponível em: <http://www.genetics.org/content/157/4/1819.abstract>.

PHILLIPS, P. C. **Epistasis - the essential role of gene interactions in the structure and evolution of genetic systems.** Nature Reviews Genetics, Nature Publishing Group, v. 9, n. 11, p. 855 - 867, 2008.

SARGOLZAEI, Mehdi; SCHENKEL, Flavio S. **QMSim: a large-scale genome simulator for livestock**. Bioinformatics, v. 25, n. 5, p. 680-681, 2009.

SCHWENDER, H. **Statistical Analysis of Genotype and Gene Expression Data.** Tese (Doutorado) — the Department of Statistics of the University of Dortmund, 2 2007.

SCHAEFFER, L. **Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. Journal of Animal Breeding and Genetics,** Wiley Online Library, v. 123, n. 4, p. 218 - 223, 2006.

YTOURNEL, Florence et al. LDSO: **A program to simulate pedigrees and molecular information under various evolutionary forces**. Journal of Animal Breeding and Genetics, v. 129, n. 5, p. 417-421, 2012.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores que deram comentários úteis e desejamos expressar nossa gratidão ao Centro Nacional de Pesquisas de gado de leite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) por fornecer banco de dados e fornecer a infra-estrutura necessária para conduzir Este trabalho; Para o Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo apoio acadêmico; E à Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Agência de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

SWADE: UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO E AUTOMAÇÃO DE WORKFLOWS CIENTÍFICOS EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO

SWADE: A MANAGEMENT AND AUTOMATION SYSTEM FOR SCIENTIFIC WORKFLOWS IN A DISTRIBUTED ENVIRONMENT

ALDEMON LAGE BONIFÁCIO[1]; CIRO DE BARROS BARBOSA[1]; FLÁVIO DE SOUZA BARBOSA[1]; MICHÈLE CRISTINA RESENDE FARAGE[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

aldemon.bonifacio@engenharia.ufjf.br, ciro.barbosa@ice.ufjf.br, flavio.barbosa@engenharia.ufjf.br, michele.farage@ufjf.edu.br

Resumo – A realização de experimentos in silico de modelagem computacional é um processo razoavelmente complexo, pois demanda um perfil multidisciplinar do pesquisador, que deve expandir seu conhecimento para além de sua especialidade, no sentido da área de aplicação, ou das técnicas matemáticas e computacionais necessárias, dificultando o processo. Além disso, o número de simulações para alcançar resultados satisfatórios pode se tornar uma barreira para os pesquisadores, uma vez que as etapas necessárias para concluir todo o processo podem consumir muito tempo. Outro fator que contribui para dificultar a utilização de ferramentas computacionais com o propósito de automatizar um experimento científico é a falta de integração dessas ferramentas com programas externos. Assim, este artigo tem como objetivo apresentar o SWADE, que é um sistema de gerenciamento e automação de workflows científicos em ambiente distribuído que emprega conceitos do paradigma de computação de muitas tarefas e workflow científicos com a finalidade de melhorar a eficiência de experimentos científicos in silico e facilitar a integração de programas externos.

Palavras-chave: Workflow científico. Sistema distribuído. Many-task computing. Experimento in silico.

Abstract – The in silico experiments of computational modeling are a reasonably complex process, because it demands a multidisciplinary profile of the researcher, who must expand his knowledge beyond his specialty, in the sense of the area of application, or the necessary mathematical and computational techniques, hindering the process. In addition, the number of simulations to achieve satisfactory results can become a barrier for researchers, since the steps required to complete the entire process can be time consuming. Another factor that contributes to the difficulty of using computational tools for the purpose of automating a scientific experiment is the lack of integration of these tools with external programs. Thus, this article aims to present SWADE, which is a management and automation system of scientific workflows in a distributed environment that employs concepts of the many-task computation and scientific workflows in order to improve the efficiency of scientific in silico experiments and facilitate the integration of external programs.

Keywords: Scientific workflow. Distributed system. Many-task computing. Experiment in silico.

I. INTRODUÇÃO

A modelagem computacional vem se tornando cada vez mais importante como parte da metodologia para busca de conhecimento científico nas mais diversas áreas do conhecimento humano, tais como: engenharias e ciências biológicas. Em alguns casos sua contribuição está relacionada a aspectos econômicos ou éticos da realização de experimentos, ou à manipulação eficiente de dados (HEYMANN et al., 2010).

Entretanto, a aplicação de métodos computacionais para simulação é uma área do conhecimento de razoável complexidade, que demanda tempo e esforço. Tipicamente a experimentação *in silico* demanda um perfil multidisciplinar do pesquisador, que deve expandir seu conhecimento para além de sua especialidade, no sentido da área de aplicação, ou das técnicas matemáticas e computacionais necessárias, dificultando o processo.

Tais experimentos científicos seguem um ciclo de vida bem definido e são comumente compostos pelo encadeamento de várias tarefas, de acordo com a sua geração e o seu consumo de dados, formando um fluxo coerente. Neste cenário, sistemas de gerenciamento de *workflows* científicos podem ser empregados para automatizar os procedimentos dos experimentos científicos (DEELMAN et al., 2009).

Um *workflow* científico é uma descrição dos passos para executar um experimento específico, incluindo seus artefatos e processos. Um Sistema de Gerência de Workflow Científicos (SGWC) é uma ferramenta computacional para automatizar a execução de um *workflow*, permitindo que os pesquisadores modelem e executem experimentos computacionais, dado um conjunto de serviços e informações disponíveis em um ambiente computacional (PIGNOTTI et al., 2011). Outras definições podem ser encontradas em (SEFFINO et al., 1999; YU & BUYYA, 2005a; ALTINTAS et al., 2006).

Já um experimento científico é definido como um teste executado sob condições controladas, que é realizado para demonstrar uma verdade conhecida, examinar a validade de uma hipótese, ou determinar a eficácia de algo previamente não explorado (STEVENSON, 2010). Assim, um experimento científico está relacionado completamente a um

ISSN 1809-3957

conjunto de ações controladas, como um protocolo, e com objetivos bem definidos. Essas ações estão associadas a testes, e em conjunto com seus resultados, que são normalmente comparados entre si para aceitar ou refutar uma hipótese científica (MATTOSO et al., 2010). Apesar de existirem vários tipos de experimentos científicos - *in vivo*, *in vitro*, *in virtuo* e *in silico* (TRAVASSOS & BARROS, 2003) - neste artigo será abordado somente os experimentos *in silico*, aqueles que são realizados em computador ou via simulação computacional.

Em geral, esses experimentos científicos são compostos pelo encadeamento e pela execução de diferentes programas, que podem depender de diversas combinações de parâmetros, demandar processamento intenso ou grandes quantidades de dados. Portanto, experimentos científicos podem ser modelados como *workflows* científicos, pois os workflows são capazes de descrever e representar esse encadeamento por meio de artefatos executáveis, que reproduzem uma única forma do experimento, a partir das possíveis variações.

O uso de SGWCs tem como sua principal propriedade a flexibilidade, que pode ser definida como: a facilidade de se dar manutenção nos *workflows*; de usar dados heterogêneos; de fazer o acompanhamento do processamento; e de fazer a análise dos resultados. Essas características são de grande importância para aumentar a eficiência do trabalho do pesquisador.

Sem o uso de uma ferramenta, o número elevado de simulações e testes para alcançar resultados satisfatórios nos experimentos computacionais pode se tornar uma barreira para os pesquisadores, uma vez que as etapas necessárias para concluir todo o processo podem consumir muito tempo. Isso devido a gerência e avaliação de um experimento científico ir além da execução de um único conjunto de instruções de forma isolada.

Os experimentos científicos complexos e de larga escala são compostos por diversas análises, o que faz com que seja necessário especificar vários conjuntos de tarefas em um mesmo experimento. Além disso, a estrutura e organização dessas tarefas podem ser modificadas ao longo do experimento, e um mesmo experimento pode ser remodelado e reexecutado muitas vezes durante a fase de execução. Nessa perspectiva, anotações sobre o estado da execução dos experimentos também são imprescindíveis para melhorar a organização de todo o trabalho.

Assim, pesquisadores devem usar ferramentas computacionais para auxiliarem no gerenciamento e automação de experimentos científicos que demandam, principalmente, alto esforço computacional ou que manipulem um grande volume de dados - *big data*, em inglês (JAGADISH et al., 2014) - a fim de melhorar a eficiência de todo o processo de pesquisa.

Nesse sentido, para tratar a dificuldade de executar um processamento complexo em um ambiente operacional também complexo, foi desenvolvido um SGWC, construído pelos autores desse artigo, chamado Automação de Workflows Científicos em Ambiente Distribuído (SWADE, *Scientific Workflow Automation in Distributed Environment*, em inglês).

Um fator que contribui para dificultar a utilização de ferramentas computacionais com o propósito de automatizar um experimento é a falta de integração dessas ferramentas com programas externos. É muito comum encontrar pesquisas científicas onde os experimentos são realizados em ambientes e programas distintos.

Um grande número de ferramentas computacionais do tipo SGWC está disponível para uso (YU & BUYYA, 2005b). Essas ferramentas possuem funcionalidades semelhantes as do SWADE, entretanto, são usualmente voltadas para um ou outro aspecto do conjunto de fatores envolvidos nessa tarefa, sem atender no conjunto. A ferramenta Vistrails, por exemplo, é voltada para um eficiente mecanismo de rastreamento dos experimentos, área conhecida como proveniência (BAVOIL et al., 2005). A ferramenta Kepler apresenta resultados expressivos na interface para manipulação de blocos de construção de experimentos, assim como na composição de modelos computacionais (LUDÄSCHER et al., 2006). Já a ferramenta Taverna auxilia na criação de *workflows* com objetivo de reprodutividade dos experimentos científicos e reuso dos dados (WOLSTENCROFT et al., 2013). A característica que diferencia o SWADE é seu mecanismo para estender o conjunto de ações executáveis, com uma orquestração distribuída em ambiente computacional heterogêneo.

Portanto, o objetivo principal deste artigo é apresentar um SGWC, denominado SWADE, que emprega conceitos do paradigma de computação de muitas tarefas (RAICU, 2009) e de *workflow* científico (DEELMAN et al., 2009; GANNON et al., 2007) a fim de auxiliar na etapa de automação de experimentos científicos e facilitar a integração de programas externos ao sistema, que permite ao pesquisador focar a atenção na modelagem e execução dos experimentos científicos, minimizando a manipulação de conceitos técnicos do ambiente computacional distribuído e heterogêneo.

II. SWADE - AUTOMAÇÃO DE WORKFLOWS CIENTÍFICOS EM AMBIENTE DISTRIBUÍDO

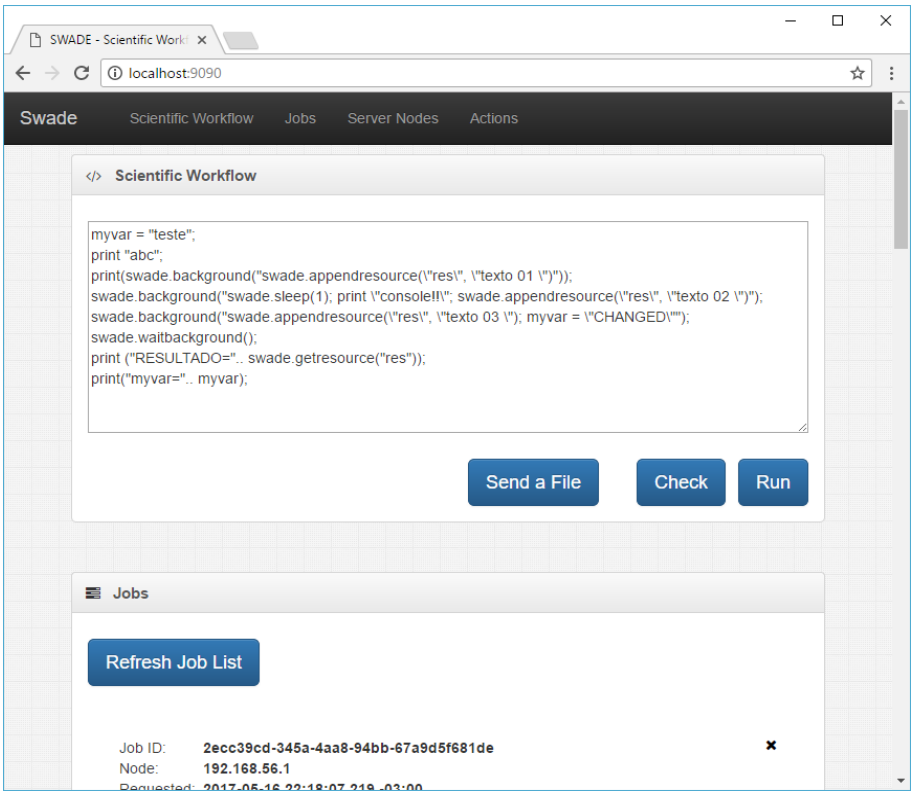
O SWADE foi desenvolvido com base em vários conceitos de computação de muitas tarefas (MTC), como o provisionamento de recursos de computação para realizar muitas tarefas, que podem ser de uso intensivo de processador ou de dados, tarefas pequenas ou grandes, estáticas ou dinâmicas, que façam uso de um ou vários processadores, entre outros. Além disso, o sistema SWADE emprega *workflow* científico para permitir que pesquisadores automatizem a execução de simulações, em modo sequencial e/ou paralelo, auxiliando assim na criação e execução de experimentos científicos computacionais.

A interface disponível para o usuário construir, ativar e acompanhar a execução de *workflows* científicos é mostrada na Figura 1, que também ilustra a sintaxe da linguagem SWADE.

O conjunto de recursos de processamento do SWADE, denominado *pool* de recursos de processamento, permite a fácil inserção de novos nós de processamento na rede do sistema, tornando a capacidade de recursos computacionais escalável. Para conseguir isso, basta o proprietário da máquina, conectado à rede local ou à Internet com IP real, instalar e executar o SWADE no sistema e adicionar o endereço IP do outro computador, com o SWADE já instalado e executando. A Figura 2 ilustra a estrutura da arquitetura de rede do sistema SWADE, que descreve a rede de comunicação entre os nós e entre o sistema e usuário.

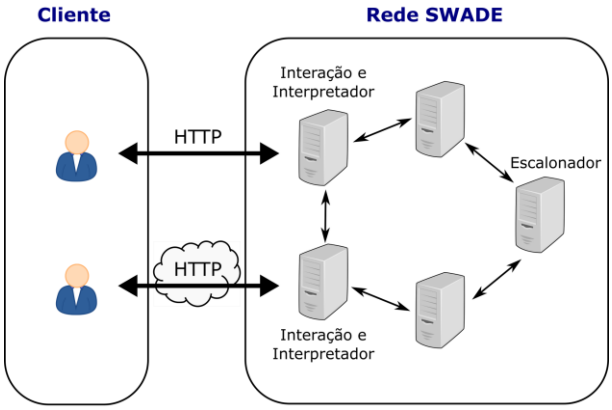
ISSN 1809-3957

Figura 1. Interface do usuário para iteração com o sistema SWADE que ilusta a área de edição do *workflow* e parte dos detalhes de um trabalho executado.



Fonte: Autores.

Figura 2. Arquitetura de rede do sistema SWADE, que ilustra a rede de comunicação dos nós de processamento e interação com o usuário. Os papeis que cada nó também são descritos: interação com o usuário, interpretador de *workflow* científico e escalador de tarefas.



Fonte: Autores.

Todos os nós de processamento são capazes de exercer a função de interpretar as descrições do workflow, bem como realizar agendamentos e executar tarefas. Esses procedimentos são realizados por meio de protocolo próprio, tanto para comunicação entre os nós quanto para integração com programas de terceiros. Esse protocolo é simétrico, uma vez que qualquer nó na rede é capaz de assumir todas as funções necessárias para o funcionamento do sistema SWADE. Os nós também fazem a interface e interpretam as atividades de cliente que permitem a interação do usuário com o sistema, para criar *workflows* científicos e acompanhar a execução dos experimentos; para fazer a inserção e remoção de novos nós de processamento no sistema; para capturar os resultados após finalizado o experimento e para adicionar novas ações.

A responsabilidade de agendamento dos trabalhos em cada nó tem a colaboração de todos os nós, mas seu escalonador principal é centralizado. Um dos nós assume a função de planejador principal, para centralizar as informações que permitem o balanceamento durante o processamento de vários workflows científicos.

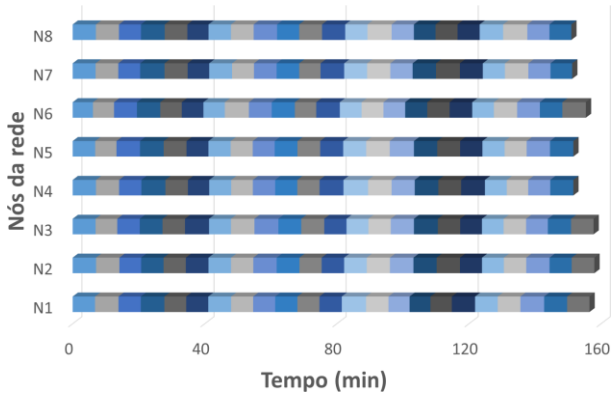
Atualmente, o SWADE tem implementado uma política de agendamento de execução de tarefas baseada no algoritmo de escalonamento por chaveamento circular, chamada de Round-Robin, que é responsável por definir em qual nó da rede determinada tarefa será executada considerando a disponibilidade das máquinas. Também armazena as tarefas a serem executadas em uma estrutura de dados do tipo fila, chamada de FIFO (*First In, First Out*), que possibilita ao sistema garantir o processamento das demandas na ordem de chegada. O algoritmo *Round-Robin* implementado pelo escalonador do SWADE mantém uma lista de endereços de todos os nós da rede, e a medida que as tarefas são criadas, elas são atribuídas para cada nó da lista, em sequência até o fim da lista, e ao chegar no final da lista, a atribuição das tarefas recomeça do início novamente. Entretanto, DA SILVA (2014) implementou e fez uma análise de novos escalonadores em uma versão anterior do sistema: *First Come First Serve* (FCFS) e *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP). A Figura 3 ilustra a ocupação de máquinas da rede do SWADE com as tarefas distribuídas pela sua política de escalonamento atual, em *Round-Robin*.

A linguagem utilizada atualmente para descrever os workflows no SWADE é a LUA (IERUSALIMSCHY et al., 1996), que permite escrever códigos com: sequenciamento de ações, iteração, execução condicional, passagem de parâmetros, uso de variáveis e definição de funções. Na versão anterior, o próprio SWADE tinha um analisador

ISSN 1809-3957

simples que era responsável por interpretar o workflow descrito em linguagem textual. A grande vantagem de utilizar a linguagem LUA como interpretador é que ela já tem toda a estrutura de linguagem pronta, além de diversas bibliotecas e funções, tais como, operações matemáticas, manipulação de textos, tratamento de erros, entre outras.

Figura 3. Gráfico de Gantt que ilustra a ocupação das máquinas com as tarefas distribuídas pela política de escalonamento do SWADE.



Fonte: Autores.

A Figura 4 apresenta um exemplo de código escrito na linguagem LUA que ilustra ações do SWADE inseridas como uma biblioteca externa. Essa biblioteca, nomeada como *swade*, é reconhecida pelo LUA que direciona a interpretação de seus respectivos métodos para o sistema SWADE. Por exemplo, ao descrever um código que contenha o método *swade.getdate()*, o LUA direciona a interpretação desse método para o sistema SWADE, que retorna uma data e hora. Outro exemplo é o método *swade.background(...)*, que é direcionado para o SWADE executar seu conteúdo (um código LUA) em segundo plano, em paralelo.

O SWADE também permite disponibilizar novas ações para compor os *workflows*, estendendo as funcionalidades a partir de arquivos XML e programas externos ou bibliotecas Java. Essas ações podem variar de natureza, como por exemplo: um comando do sistema operacional - Windows ou Linux; um programa executável - Java ou C; ferramentas consagradas de terceiros que podem ser executadas a partir da linha de comando - Matlab® ou Cast3M (LE FICHOUX, 2011); serviços web; entre outros, adicionados sem necessidade de recompilar o sistema. Essas novas ações implementadas no SWADE recebem um nome mnemônico para serem usadas dentro da linguagem LUA e são reconhecidas pelo SWADE em tempo de execução juntamente com os parâmetros associados. Os detalhes técnicos da ativação da ação são encapsulados em arquivos de configuração baseados em XML e carregados apenas uma vez, no momento da implantação, tornando a ação disponível para o usuário na forma de uma chamada de função, como por exemplo: *swade.castem ("script.dgibi")*.

Figura 4. Exemplo de código escrito em LUA que ilustra ações do SWADE inseridas como uma biblioteca externa.

```
print( swade.getdate() );
swade.setresource("text",  "my resource at: ");
swade.appendresource("text", swade.getdate());
print( swade.appenddata("abc\n", "xaz\n", "etq\n") );
swade.push("my", 1);
swade.push("my", 2);
swade.push("my", 3);
swade.push("your", 4);
swade.push("your", 5);
swade.push("your", 6);
print("- - - - - \nscript:\n");
aa = swade.background(" \
  swade.appendresource(\"new\", swade.getdate(), \"\\n\"); \
  swade.appendresource(\"new\", swade.getschedulerserver(), \"\\n\"); \
  swade.appendresource(\"new\", swade.getresource(\"text\"), \"\\n\"); \
  swade.appendresource(\"new\", \"  my stack = \" .. swade.getstack(\"my\"), \"\\n\"); \
  swade.appendresource(\"new\", \"your stack = \" .. swade.getstack(\"your\"), \"\\n\"); \
");
swade.waitbackground();
print("background id = ".. aa);
print( swade.getresource("new") );
print(" \n");
print( swade.getdate() );
```

Fonte: Autores.

As ações paralelas são executadas enviando-as para "processamento em segundo plano", pela ação denominada *background*, onde o SWADE planeja e distribui todas as tarefas simultaneamente e automaticamente para todos os nós da sua rede, de acordo com a fila de execução e disponibilidade das máquinas gerenciado pelo escalonador, de maneira transparente para o usuário do sistema.

O código fonte leve do SWADE permite que os pesquisadores explorem diferentes aspectos de interesse relacionados a seus experimentos científicos com pouco esforço. As anotações simples em um arquivo XML, que definem como executar um programa externo, são suficientes para disponibilizar novos blocos de construção para usuários SWADE, como programas C, serviços web e biblioteca Java. Entretanto, para integrações mais complexas, basta criar uma biblioteca Java que faça a interface entre o sistema e o programa externo.

III. CONCLUSÃO

Nesse artigo foi apresentado o sistema SWADE, um sistema de informação cujo objetivo é auxiliar na gerência e automação de projetos científicos e seus *workflows* científicos, desde a criação de tarefas, modelagem do workflow, até o acompanhamento de resultados.

ISSN 1809-3957

A tarefa de gerenciar um projeto científico é um processo nada trivial, pois um este pode englobar vários experimentos científicos, e cada experimento pode necessitar de várias execuções de *workflows* científicos diferentes. Entretanto, a gerência de um projeto científico possui peculiaridades e características únicas, dessa forma, ferramentas específicas para a gerência do projeto científico se fazem necessárias.

Além disso, experimentos científicos, mesmo se executados em paralelo, podem ter uma longa duração e necessitam de monitoramento. Várias tentativas de configurações e ajustes na modelagem dos *workflows* científicos são necessárias para se chegar a uma conclusão final.

A principal contribuição do SWADE explorada até o presente momento foi a automação de várias tarefas, executadas simultaneamente, com objetivo de simular um experimento científico in silico completo. Essa funcionalidade de automação em paralelo foi usada para auxiliar na análise de dois estudos distintos: ajustar parâmetros do modelo de Dano de Mazars (BONIFÁCIO et al., 2017) e simulações numéricas para predição das propriedades mecânicas do concreto de agregado leve (BONIFÁCIO et al., 2016).

Nesse sentido, o SWADE pode contribuir para os seguintes aspectos do ciclo de vida da experimentação in silico:

- a automação do controle da execução do experimento evita a intervenção humana, que é demorada e sujeita a erros.
- a execução paralela de tarefas melhora significativamente a eficiência de execução, pois diminuiu o tempo total para realização de um experimento completo;
- a facilidade de integrar programas de terceiros no sistema, como foi feito no caso do Cast3M. Essa tarefa pode levar um enorme esforço em outras ferramentas como descrito em Bonifácio (2008).

Vale ressaltar ainda que o uso da linguagem LUA embutida no SWADE torna a curva de aprendizado para criação de workflow científico mais rápida, pois existem diversos tutoriais e documentação disponíveis para estudo dessa linguagem (IERUSALIMSCHY et al., 1996; IERUSALIMSCHY, 2009). E a funcionalidade transparente da execução em paralelo disponibilizada no LUA pelo SWADE evita alguns detalhes técnicos complexos inerentes a sistemas distribuídos e heterogêneos.

Estes fatos encorajam mais estudos para melhorias do sistema SWADE que podem auxiliar pesquisadores para fins científicos e práticos.

IV. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora); FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTINTAS, I.; BARNEY, O. and JAEGER-FRANK, E. **Provenance collection support in the kepler scientific workflow system**. Springer Berlin Heidelberg, pp. 118-132, 2006. http://dx.doi.org/10.1007/11890850_14

BAVOIL, L.; CALLAHAN, S. P.; CROSSNO, P. J.; FREIRE, J.; SCHEIDEGGER, C. E.; SILVA, C. T. and VO, H. T. **Vistrails: Enabling interactive multiple-view visualizations. In: Visualization, 2005**. VIS 05. IEEE. IEEE, 2005. p. 135-142.

BONIFÁCIO, A. L.; MENDES, J. C.; FARAGE, M. C.; BARBOSA, F. S.; BARBOSA, C. B. **Comparative Analysis of the Prediction of the Mechanical Properties of Lightweight Aggregate Concrete via Artificial Neural Network and Finite Elements Method**, Mecánica Computacional, v. 34, n. 34, pp. 2315-2327, Novembro 2016.

BONIFÁCIO, A. L.; AMARAL, R. D. O.; FARAGE, M. C. R.; BARBOSA, C. D. B.; BARBOSA, F. D. S. **Thermo-Hydro-Mechanical Model Parameters Adjustment via a Distributed Scientific Workflow System**, DYNA, 2017.

DA SILVA, F. R. **Otimização do método de escalonamento de tarefas de uma ferramenta computadorizada para workflow científico distribuído no contexto da modelagem computacional**. 2014, Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais.

DEELMAN, E.; GANNON, D.; SHIELDS, M. and TAYLOR, I. **Workflows and e-science: An overview of workflow system features and capabilities. Future Generation Computer Systems**, vol. 25, n. 5, pp. 528-540, 2009.

GANNON, D.; TAYLOR, I.J.; DEELMAN, E. and SHIELDS, M. **Workflows for e-Science**. Springer - Verlag London Limited, 2007.

HEYMANN, M. Understanding and misunderstanding computer simulation: The case of atmospheric and climate science - An introduction. **Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics**, vol. 41, n. 3, pp. 193-200, 2010.

IERUSALIMSCHY, R.; DE FIGUEIREDO, L. H.; CELES FILHO, W. **Lua-an extensible extension language. Softw., Pract. Exper.**, v. 26, n. 6, p. 635-652, 1996.

IERUSALIMSCHY, R. **Uma Introdução à Programação em Lua**. Livro da Jornada de Atualização em Informática (JAI), Capítulo 3. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, pp. 1-39, 2009.

JAGADISH, H. V.; GEHRKE, J.; LABRINIDIS, A.; PAPAKONSTANTINOU, Y.; PATEL, J. M.; RAMAKRISHNAN, R. and SHAHABI, C. **Big data and its technical challenges**. Communications of the ACM, v. 57, n. 7, p. 86-94, 2014.

LE FICHOUX E. **Présentation et utilisation de CASTEM**. CEA, 2011.

ISSN 1809-3957

LUDÄSCHER, B.; ALTINTAS, I.; BERKLEY, C.; HIGGINS, D.; JAEGER, E.; JONES, M.; LEE, E. A.; TAO, J. and ZHAO, Y. **Scientific workflow management and the kepler system**. Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol. 18, n. 10, pp. 1039–1065, 2006.

MATTOSO, M. et al. **Towards supporting the life cycle of large scale scientific experiments**. International Journal of Business Process Integration and Management, v. 5, n. 1, p. 79-92, 2010.

PIGNOTTI, E.; EDWARDS, P.; GOTTS, N. and POLHILL, G. **Enhancing workflow with a semantic description of scientific intent. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**, vol. 9, n. 2, 2011.

RAICU, I. **Many-task computing: bridging the gap between high-throughput computing and high-performance computing**. ProQuest, 2009.

SEFFINO, L.; MEDEIROS, C.; ROCHA, J. and YI, B. **Woodss — a spatial decision support system based on workflows**. Decision Support Systems, vol. 27, n. 1-2, pp. 105-123, 1999.

STEVENSON, A. (Ed.). **Oxford dictionary of English**. Oxford University Press, USA, 2010.

TRAVASSOS, G. H.; BARROS, M. O. **Contributions of in virtuo and in silico experiments for the future of empirical studies in software engineering**. In: 2nd Workshop on Empirical Software Engineering the Future of Empirical Studies in Software Engineering, pp. 117-130, 2003.

WOLSTENCROFT, K. et al. **The Taverna workflow suite: designing and executing workflows of Web Services on the desktop, web or in the cloud**. Nucleic acids research, 41(W1): W557-W561, 2013.

YU, J. and BUYYA, R. **A taxonomy of scientific workflow systems for grid computing**. SIGMOD Rec., vol. 34, n. 3, pp. 44-49, 2005a.

YU, J. and BUYYA, R. **A taxonomy of workflow management systems for grid computing**. Journal of Grid Computing, v. 3, n. 3-4, p. 171-200, 2005b.

VI. COPYRIGHT

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

LEVANTAMENTO SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E OLEOSOS COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES E BIODIESEL

SURVEY ON THE OIL AND WOOD RESIDUES GENERATION WITH POTENCIAL FOR BRIQUETTE AND BIODIESEL PRODUCTION

CAROLINE TOURINHO ROCHA[1]; ISADORA GUILHERME BRANCO[1]; OSCAR ANDRÉS GOYENECHE POLANÍA[1]; CARMEN LUISA BARBOSA GUEDES[1]

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

caroline05rocha@gmail.com; branco.isadora@hotmail.com; andresgpetroleo@gmail.com; carmen@uel.br

Resumo** – Atividades agroindustriais geram diferentes resíduos que podem ser utilizados como matéria prima no mesmo ou outros processos industriais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da produção de briquetes e biodiesel utilizando resíduos de madeira e resíduos oleosos gerados na região de Londrina-PR, Brasil. A partir da consulta dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Licenças Ambientais junto aos órgãos ambientais SEMA e IAP foi evidenciada a quantidade mensal dos resíduos gerados. Os resultados indicaram que são produzidos 49,7 toneladas de resíduos da poda de árvore urbana, 6,9 mil toneladas do resíduo proveniente das indústrias moveleiras, 860 toneladas de borra oleosa oriunda da indústria do biodiesel a partir de 1,12 milhões de litros de óleo vegetal que entram no processo produtivo de duas indústrias localizadas no estado do Paraná e 14 mil litros de óleo de fritura oriundos de 28 mil litros de óleo vegetal que são utilizados para a cocção de alimentos em 49 unidades comercias e industriais pesquisadas.

Palavras-chave: Resíduo oleoso. Resíduo de madeira. Biomassa energética.

Abstract** – Agro-industrial activities generate different residues that can be used as raw material for itself or in others industrial processes. The objective of this work was to evaluate the potential production of briquettes and biodiesel using oil and wood residues generated in the Londrina/PR, Brazil. From the consult of the Solid Residues Management Program data and the Environmental Licenses with the environmental agencies SEMA and IAP, it was evidenced the quantity of residues generated per month. The results showed that it is produced and amount of 49,7 tons of urban tree pruning residues, 6.9 thousand tons of residues from furniture segments, 860 tons of soapstock, biodiesel industry, from 1.12 million liters of vegetal oil that enter in the production process of two facilities localizes in the state of Paraná and 14 thousand liters of frying oil from 28 thousand liters of vegetal oil that are used for cooking food in 49 commercial and industrial units investigated.

Keywords: Oil residue. Wood residue. Energetic biomass.

I. INTRODUÇÃO

A utilização de diversos óleos vegetais na cocção de alimentos é uma prática comum em diversas culturas. Óleos vegetais são produtos de origem natural, constituídos por uma mistura de éster derivados do glicerol, onde os ácidos graxos contêm cadeias de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de instauração, ou seja, duplas ligações na cadeia de carbono. Em função das características físico-químicas da matéria prima utilizada para a produção do óleo vegetal variações são detectadas na composição química do produto final (RAMOS *et al*, 2011).

Estudos anteriores nos mostram que, cada pessoa utiliza para fritura de alimentos por imersão, em média, 20 litros de óleo por ano (ECÓLEO, 2012). Após serem aquecidos, os óleos vegetais sofrem reações físico-químicas tornando-os inutilizáveis para cocções alimentícias posteriores, gerando resíduos que, se descartados de maneira inadequada podem causar grandes impactos ambientais (SANIBAL e FILHO, 2009).

Do volume total de óleo residual de fritura que é descartado, mais de 200 milhões de litros têm, mensalmente, como destino rios e lagos, gerando grandes impactos ambientais que comprometem o ambiente de hoje e do futuro (ECÓLEO, 2012). Além dos impactos ambientais causados pela destinação inadequada do óleo de fritura, a produção do óleo de vegetal também gera outros resíduos em seu processo produtivo, como por exemplo, a borra oleosa.

A borra oleosa é um resíduo produzido nas indústrias alimentícias durante o beneficiamento do óleo de soja bruto, formado na etapa de neutralização dos ácidos graxos livres com a presença de hidróxido de sódio (PARK *et al*, 2008).

É considerada uma emulsão oleosa alcalina, composta por água, ácidos graxos saponificados, pigmentos, fosfatídeos, triglicerídeos e outros elementos em menores quantidades, conforme o Quadro 1 (FRÉ, RECH e MARCÍLIO, 2013).

Além do coproduto ser produzido na indústria alimentícia, as empresas produtoras de biodiesel são outra fonte geradora deste resíduo, já que há a necessidade de remoção dos ácidos graxos livres presentes no óleo vegetal bruto para conversão em biodiesel (PARENTE, 2003).

ISSN 1809-3957

Quadro 1 – Caracterização físico-química da borra oleosa da neutralização do óleo de soja.

Análises	Resultado
Ácidos graxos totais (%)	27,6
Cinzas (%)	4,8
Óleo neutro (%)	1,5
Umidade e voláteis (%)	69,0
Matéria insaponificada (%)	1,0
Ácidos graxos livres em ácido oleico (%)	15,5
Ácidos graxos oxidados (%)	0,5
Insolúveis em álcool (%)	1,8
Solúveis em álcool (%)	28,9
pH a 25°C	7,4

Fonte: Fré, Rech e Marcílio, 2013.

Estima-se que, do volume total de óleo vegetal bruto a ser beneficiado, aproximadamente 6% é convertido em borra oleosa. Esse coproduto é produzido em grande volume durante o processo neutralização, o que o torna um grande problema ambiental se descartado de maneira inadequada; porém, valioso se eficientemente recuperado (HASS, 2005).

Outro resíduo orgânico com grande valor energético agregado é a biomassa originária da madeira, proveniente das podas de árvores urbanas, das indústrias do processamento da madeira e da construção civil. No Brasil, estima-se que são gerados, anualmente, 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira, dentre os quais, a principal fonte geradora é a indústria de madeira (91%), meio urbano (8%) e construção civil (3%) onde 70% dos resíduos de poda de árvore urbana grados no país tem como destino os aterros, lixões e/ou lugares indefinidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

A falta de destinação adequada ou do reaproveitamento dos resíduos de madeira tem gerado problemas econômicos e ambientais para os municípios tais como o elevado custo de destinação desses resíduos, saturação das áreas de descarte, poluição do ar, da água e do solo, maiores riscos de incêndio em aterros e terrenos baldios e degradação da paisagem, além do desperdício de matéria prima com elevado potencial energético (MANI, TABIL e SOKHANSANJ, 2003).

Diversos processos físicos, químicos e/ou biológicos podem ser utilizados visando o reaproveitamento dos resíduos como fonte energética, apresentando diversas vantagens no processo, em especial, a redução de custos, diversificação da matriz energética, desenvolvimento sustentável e a redução do volume de resíduos destinados para os aterros sanitários (GRIMONI; GALVÃO e UDAETA, 2004).

Um desses processos é a compactação ou densificação da biomassa para produção de briquetes e peletes que utiliza pressão mecânica para reduzir o volume de matéria orgânica, tornando-a mais simples de manusear e armazenar, além de aumentar o seu conteúdo de energia volumétrica, reduzir custos com transporte e torna-lo disponível para várias finalidades, como por exemplo, sua combustão em caldeiras (MANI, TABIL e SOKHANSANJ, 2003).

Os resíduos oleosos também podem ser reaproveitados se inseridos na cadeia produtiva de biocombustíveis, que é uma fonte de energia renovável, ou seja, um combustível líquido para transportes provenientes da biomassa, cujas fontes podem ser óleos vegetais, gorduras animais e óleos residuais, que devem passar pelos processos de pirólise ou transesterificação, dando origem ao bio-óleo e biodiesel, respectivamente (TEIXEIRA e TAOUIL, 2010).

Atualmente, as tecnologias para a conversão dos resíduos em biocombustíveis apresentam dificuldades, como por exemplo, a deficiência da cadeia produtiva e defasagem da quantificação de biomassa disponível para o processo produtivo, tornando-se necessário estudos relacionados ao levantamento do volume de resíduos potenciais a serem implementados em diversos processos produtivos (CORTEZ, LORA e GÓMEZ, 2008).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise quantitativa do óleo de fritura, borra oleosa proveniente da indústria do biodiesel e resíduo de madeira urbana e industrial disponíveis na região do norte do Paraná e verificar se, em função do volume disponível, existe a possibilidade de utilizar esses resíduos na cadeia produtiva combustíveis alternativos.

II. PROCEDIMENTOS

2.1. Caracterização da área de estudo

Para o presente trabalho utilizou-se como área de estudo municípios localizados na região norte do estado do Paraná, sendo eles a cidade de Londrina, Arapongas e Rolândia.

2.2. Instrumento de coleta de dados

Foram consultados, fisicamente, cento e vinte e oito Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) cadastrados e aprovados na sede da Secretaria do Meio Ambiente da Cidade de Londrina (SEMA/Londrina), onde foi realizado um levantamento de dados do volume de óleo de fritura descartado semanalmente e o ramo de atividade executada pelos empreendimentos da cidade de Londrina.

O levantamento do volume de borra oleosa da indústria de biodiesel foi realizado a partir do acesso ao banco de dados online do Portal Transparência disponibilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), onde foram verificadas as licenças ambientais vigentes das indústrias produtoras de biodiesel da região norte do Paraná e o volume do coproduto gerado por elas.

Para a coleta de informações sobre os resíduos de madeira, dois órgãos ambientais distintos foram consultados, sendo eles a Secretaria do Meio Ambiente do Município de Londrina (SEMA) e o Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

A quantificação dos resíduos de poda de árvore urbana foi realizada através de consulta ao relatório de serviços executados pela Secretaria do Meio Ambiente do município de Londrina durante o ano de 2016. Também foi solicitado à Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo de Londrina (CMTU/Londrina), setor responsável pela destinação dos resíduos municipais, a quantidade (em massa) de poda de árvore urbana encaminhada para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) do município durante o mesmo período.

Por fim, o levantamento a respeito da quantidade de resíduos da indústria moveleira foi realizado através da Consulta de Processo de Licenciamento, disponível no portal online da Transparência Pública no site do Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Para o estudo, contou-se com o auxílio da Central do Instituto Ambiental do Paraná, cuja cede localiza-se em Curitiba/Paraná, que disponibilizou um anexo contemplando duzentas e oitenta e oito licenças

ISSN 1809-3957

ambientais vigentes das indústrias de atividades madeireiras registradas no Escritório Regional de Londrina (ERLON).

Os dados obtidos a partir dos levantamentos foram tabulados, organizados e analisados a partir de planilhas do Microsoft Excel e os respectivos gráficos foram plotados.

III. RESULTADOS

3.1. Resíduos Oleosos

Dos cento e vinte e oito Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) analisados, quarenta e nove deles apresentaram o óleo de fritura como um dos resíduos gerados pelo empreendimento totalizando, mensalmente, 13,9 mil litros do resíduo a serem descartado a partir dos 27,8 mil litros de óleo vegetal usados para a cocção de alimentos pelas empresas cadastradas na Secretaria do Meio Ambiente da cidade de Londrina/Paraná (SEMA/Londrina).

Estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009) confirmam que, durante o processo de fritura por imersão dos alimentos, 50% do volume inicial de óleo vegetal que entra no processo de fritura é convertido em óleo residual.

A partir da análise dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) de cada empresa, foi possível identificar o ramo de atividade de cada unidade geradora cadastrada no órgão ambiental e identificar qual ramo de atividade mais produz o óleo de fritura como resíduo, bem como uma perspectiva do volume mensal a ser coletado do resíduo na cidade de Londrina/Paraná (Quadro 2).

Quadro 2 – Unidades geradoras de óleo vegetal residual de fritura.

Ramo de atividade	Unidades	Volume semanal (litros)	Volume mensal (litros)
Ensino	5	20	81
Saúde	3	46	182
Unidades industriais	4	67	267
Comércio de alimentos	31	1.680	6.721
Lazer	6	1.662	6.648
Volume total produzido		3.475	13.900

Fonte: Autores, 2017.

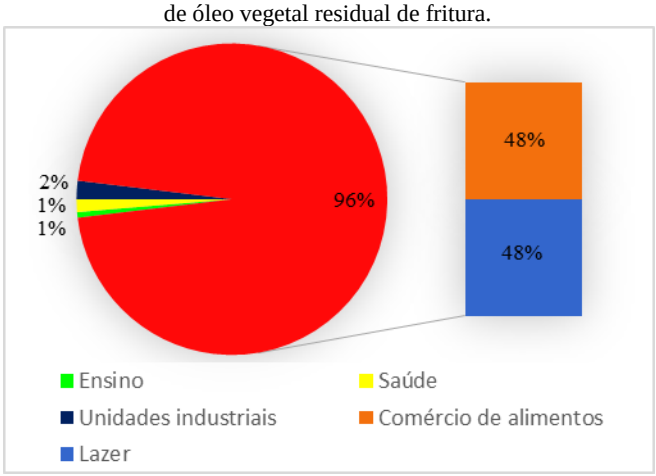
A partir do Quadro 2 foi plotado o Gráfico 1, que pôde-se verificar as principais atividades geradoras do resíduo no município onde, do total gerado, 48% do volume é proveniente de atividades de lazer (shoppings, clubes e salões de eventos) e outros 48% pelos comércios de alimentos (restaurantes, padarias, casas de carnes e supermercados).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004, óleos vegetais ou minerais *in natura* são classificados como resíduos perigosos (Classe I), que são materiais que possuam características físico-químicas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Porém, ao utilizar o óleo vegetal para a atividade de fritura de alimentos, as características físico-químicas do óleo residual são alteradas, apresentando um aumento significativo do teor de umidade no resíduo alterando, portanto, sua classificação segundo a NBR 10.004.

Após ser reclassificado o óleo de fritura enquadra-se como Classe II-A que são os resíduos não-inertes, que necessitam de um controle do volume gerado do resíduo e destinação adequada para o material.

Figura 1 – Ramo de atividade dos estabelecimentos geradores de óleo vegetal residual de fritura.



Fonte: Autores, 2017.

Apesar da Legislação 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente dispor sobre os padrões de qualidade para o lançamento de efluente e nela constar os volumes máximos permitidos de óleos e graxas a serem dissolvidos nos efluentes proveniente de qualquer fonte poluidora (óleos minerais: até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L), práticas inadequadas de descarte dos resíduos oleosos ainda são realizadas.

Estima-se que, no Brasil, dos quatro bilhões de litros de óleo vegetal utilizados no país, dois bilhões de litros tem como destino aterros sanitários e/ou esgotos domésticos (SILVEIRA e VIEIRA, 2015).

Entretanto, se o óleo de fritura for coletado e devidamente processado, pode dar origem a um outro produto: o biodiesel.

O biodiesel é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida a partir do processo de transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta. A borra oleosa, é um dos coprodutos provenientes da neutralização do óleo bruto para produção do biocombustivel (TEIXEIRA e TAOUIL, 2010).

Atualmente, a borra oleosa proveniente da indústria do biodiesel é comercializado em fábricas de produtos de limpeza (FRÉ, RECH e MARCÍLIO, 2013).

Assim como o óleo de fritura, a borra oleosa da indústria do biodiesel possui em sua composição final uma quantidade representativa de água, também sendo classificada segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004 como resíduo Classe II-A, não-inerte.

Trabalhos que envolvem seu reuso, reciclagem ou emprego alternativo podem contribuir para agregar maior valor e aproveitamento a este coproduto da cadeia produtiva do biodiesel.

Diante desse contexto, foi realizado um levantamento para identificar o volume de borra oleosa da indústria do biodiesel disponível no estado do Paraná, visando propor uma aplicação alternativa para o coproduto.

Através da consulta online ao Portal Transparência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), foram identificadas três unidades produtoras de biodiesel na região com licenças ambientais vigentes. Porém, apenas duas delas estão em funcionamento, produzindo diáriamente um total de 1090 m³ de biodiesel e 28 toneladas de borra oleosa da indústria do biodiesel, a partir dos 1,12 mil m^3 de óleo vegetal que entram, diáriamente, no processo produtivo (Quadro 3).

ISSN 1809-3957

Quadro 3 – Produção diária de biodiesel e borra oleosa em Usinas no estado do Paraná.

Unidade industrial	Produção de biodiesel (m^3)	Produção de borra oleosa (toneladas)
A	580	16
B	510	12
Total de biodiesel: 1090		Total de borra oleosa: 28

Fonte: Autores, 2017.

Diante dos resultados apresentados anteriormente, foi possível verificar que um volume elevado de resíduos oleosos são produzidos na região norte do estado do Paraná. Esse material, quando descartado de maneira inadequada, corresponde a grandes impactos ambientais e desperdício de resíduos energéticos que, se processados, podem ser transformados em fontes de energia e suprir, parcialmente, a matriz energética municipal.

3.2. Resíduos de Madeira

A partir do relatório de serviços disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente da Cidade de Londrina foi possível verificar a quantidade de árvores podadas e erradicadas no município no período de junho a dezembro de 2016 (Quadro 4).

Quadro 4 – Dados relacionados ao corte das árvores na cidade de Londrina, no período de junho a dezembro de 2016.

Corte de árvores	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Árvores podadas	152	74	191	67	71	38	46
Árvores erradicadas	1032	349	287	260	234	325	457

Fonte: Autores, 2017.

Com o levantamento de dados na Companhia Municipal de Trânsito e Urbanismo de Londrina (CMTU/Londrina), verificou-se que foi destinado à Central de Tratamento de Resíduos do município (CTR/Londrina), durante o mesmo período de tempo, 347.890 kg de resíduos de corte de árvores urbanas.

O último relatório de diagnóstico de saneamento na cidade de Londrina, disponibilizado pela Prefeitura do Município de Londrina (2009), identificou que, com parte do resíduo de madeira destinado a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) foi realizado o tratamento biológico de compostagem, um processo natural de transformação de resíduos orgânicos que, quando compostados, dão origem aos adubos orgânicos (COOPER *et al*, 2010).

Estudo realizado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2016) identifcou que, no ano de 2014, foram recebidas, pelas unidades de manejo de galhada e poda de árvore, 28 mil toneladas dos resíduos de poda urbana em municípios da região sul do Brasil que aderiram a pesquisa.

Tendo como base o estudo apresentado anteriormente, percebe-se que, mesmo não contabilizando os resíduos de madeira proveniente do corte de árvores urbanas em todos os municípios sul brasileiros, a quantidade apresentada foi expressiva, principalmente quando se trata da disposição inadequada desses resíduos.

Para a quantificação dos resíduos de madeira proveniente do polo moveleiro da região norte do Paraná, foram realizadas consultas online através do Portal da Transparência do Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Dos duzentos e oitenta e oito processos com licenças ambientais vigentes, apenas setenta e sete unidades industriais apresentaram descrição dos resíduos gerados pela empresa, conforme identificados no Quadro 5.

Quadro 5 - Quantificação e destinação de resíduos gerados no polo moveleiro norte paranaense.

Atividade Industrial	Resíduo de madeira ($ton.dia^{-1}$)	Resíduo de madeira ($ton.mês^{-1}$)	Destinação
Fabricação de estruturas e móveis.	188,5	5.654,2	Reutilização; utilização em forno industrial; aterro industrial.
Beneficiamento.	3,3	99,1	Reutilização; incorporação no solo agrícola; queima em caldeira.
Indústria, comércio e transporte; reciclagem.	0,01	0,2	Reutilização.
Produção de artefato.	0,05	1,5	Reutilização.
Produção de chapas, placas aglomerada, prensada e compensada.	14,0	420,0	Reutilização.
Serraria.	0,5	1,5	Reutilização.
Produção de cavaco.	22,5	675,0	Incorporação no solo agrícola.
Total	**228,9**	**6.861,5**	

Fonte: Autores, 2017.

Identificou-se que, a geração diária de resíduos de madeira nas indústrias moveleiras é de, aproximadamente, 229 toneladas, chegando a quantidades próximas de 7 mil toneladas de resíduo produzido a cada mês.

Informações presentes no último Inventário de Resíduos Sólidos Industriais disponibilizados pelo Instituto Ambiental do Paraná (2009) mostrou que a quantidade de resíduos de madeira contendo substâncias não tóxicas gerados entre os ano de 2004 e 2009 foi de, aproximadamente, 1 milhão de toneladas (13,17% do total de resíduos gerados pelos empreendimentos).

Em função do expressivo volume de resíduo de madeira produzido pelas indústrias moveleiras localizadas na região norte do Paraná, observa-se que o material necessita de um tratamento adequado pois, se descartado de maneira irregular, pode acarretar graves problemas ambientais e sociais, além de desperdiçar um resíduo energético (BRITO e CUNHA, 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10.004 de 31 de novembro de 2004 os resíduos de madeira (independente se o mesmo é provenientes da poda urbana ou indústria moveleira) são classificados como

ISSN 1809-3957

Classe II-A, que são os resíduos não-inertes. Assim como os resíduos oleosos, os resíduos de madeira necessitam de um controle do volume gerado pelo municípios e indústrias e uma destinação adequada para o material.

Porém, ainda existe a falta de uma metodologia adequada para gerir os resíduos de madeira, portanto a maior parte deles tem como destino os lixões ou aterros sanitários o que inviabiliza o retorno da matéria orgânica ao processamento sustentável (ROCHA et al., 2015).

A utilização de resíduos de madeira de origem urbana, industrial, agrícola e florestal é complexa em função das suas características físico-químicas desiguais (em especial a baixa densidade aparente) e problemas de armazenamento, manuseio e transporte. Essas dificuldades podem ser superadas através do processo mecânico de compactação dos resíduos em formas regulares com alta densidade, denominado de briquetes ou peletes (BHATTACHARYA, SETT e SHRESTHA, 1989).

Atualmente, estudos tem trabalhado com a utilização de misturas de materiais nos processos de compactação com o objetivo de controlar as características físicas e químicas dos briquetes a serem produzidos e sua posterior utilização.

Em seu estudo, Raslavicius (2012) produziu briquetes a partir da mistura de resíduos de corte de madeira e glicerol bruto, buscando aumentar o poder calorífico do produto e encontrar uma forma alternativa para a destinação do glicerol.

Buscando a não dependência de um único material e melhoramento das características energéticas do produto final, a briquetagem a partir da mistura entre a borra oleosa da indústria do biodiesel e os resíduos de madeira torna-se uma alternativa para posterior aproveitamento desses resíduos.

IV. CONCLUSÃO

Com o estudo desenvolvido foram identificados diversos tipos de resíduos agroindustriais gerados em quantidades expressivas pela sociedade e indústrias da região norte do estado do Paraná que, se destinados e processados adequadamente, podem ser revertidos em outros produtos.

Mensalmente, são gerados 14 mil litros de óleo de fritura a partir dos 28 mil litros utilizados na cocção de alimentos em 49 unidades comerciais e industriais pesquisadas na cidade de Londrina, região norte do Paraná.

A geração mensal de borra oleosa nas indústrias de biodiesel é de 860 toneladas a partir da neutralização de 1,12 milhões de litros de óleo vegetal que entram no processo produtivo em duas indústrias de biodiesel localizadas no estado.

Foram destinados, por mês, nos últimos anos para o aterro da cidade de Londrina, Paraná, 49,7 toneladas de resíduos de poda de árvore urbana. Os resíduos gerados pelas indústrias moveleiras do norte do Paraná totalizaram 6,9 mil toneladas, mensais.

A partir da quantificação dos resíduos estudados ao longo do trabalho, verificou-se a necessidade do desenvolvimento de produções científicas voltados à caracterização e formas de processamento desses resíduos, visando aproveitá-los de uma forma ambientalmente adequada e economicamente rentável pela população londrinense.

V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pelas bolsas de estudo concedidas e suporte financeiro.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**, Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, nov. 2004.

BHATTACHARYA, Sasanka Chandra.; SETT, Sivasakthy.; SHRESTHA, Ram. State of the art for biomass densification. **Energy Sources**, v. 11, n. 3, p. 161-183, 1989.

BRITO, Leandro de Souza; CUNHA, Magda Elisa Turini. Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Moveleira. **Unopar Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 8, n. 1, novembro, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CORTEZ, Luiz Augusto Barbosa.; LORA, Electro Eduardo Silva.; GÓMEZ, Edgardo Olivares. **Biomassa para energia**. Editora Unicamp: Campina, p. 25-28, 2008.

COOPER, Miguel.; ZANON, André Ricardo.; REIA, Marina Yasbek.; MORATO, Ramom Weinz. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais**. Piracicaba: Editora USP/ESALQ, 2010, p. 7-9.

ECÓLEO. Associação Brasileira para sensibilização, coleta e reciclagem de resíduos de óleos comestíveis. Disponível em < http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>. Acesso em 15 de maio de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Biodiesel: inovação para a sustentabilidade, 2009.

FRÉ, Nicéia Chiea; RECH, Rosane e MARCÍLIO, Nilson Romeu. Otimização do processo de obtenção de ácidos graxos a partir da borra do refinamento do óleo de soja, subproduto das indústrias de refino de óleo e biodiesel. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 113-238, jul./dez. 2013.

GRIMONI, José Aquiles Baesse; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro e UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo**. Virtual Ebook. São Paulo: Edusp, 2004. p. 138.

HASS, Michael. J. Improving the economics of biodiesel production through the use of low value lipids as feedstocks: vegetable oil soapstock. **Fuel Processing Technology**, v. 86, n. 10, p. 1087–1096, junho 2005.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Inventários Estadual de Resíduos Sólidos Industriais do Estado do Paraná**. Curitiba, 2009.

ISSN 1809-3957

MANI, Sudhagar.; TABIL, Lope.; SOKHANSANJ, Shahab. An overview of compaction of biomass grinds. **Powder Handling and Processing**, v. 15, n.3, p. 160-168, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Curitiba, 2009.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: Tecbio, 2003. p. 10-12.

PARK, Ji-Yeon.; KIM, Deog-Keun; WANG, Zhong-Ming; LEE, Joon-Pyo; PAARK, Soon-Chul; Lee, Jin-Suk. Production of biodiesel from soapstock using na ion-exchange resin catalyst. **Korean Jounal Chemintry Engineering**. v. 25, n.6, p. 1350 – 1354, nov. 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. Plano Municipal de Saneamento Básico - **Relatório de Diagnóstico da situação do saneamento e de seus impactos nas condições de vida da população conforme contrato nº. DGLC-0145/2008**. Londrina, 2009.

RAMOS, Luiz Pereira; SILVA, Fabiano Rosa; MANGRICH, Antônio Salvio; CORDEIRO, Claudiney Soares. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385 – 405, 2011.

RASLAVICIUS, Laurencas. Characterization of woody cutting waste briquetes containing absorbed glycerol. **Biomass and Bioenergy**, v. 45, p. 144-151, 2012.

ROCHA, Ana Júlia Ferreira; SOUZA, Renata Leon Paul; REDA, André Luiz de Lima; DA SILVA, Gilberto Teixeira. Destinação Sustentável do Resíduo de Poda de Árvores Urbanas. XV Safety, Health and Environment World Congress. p. 137 -141. Porto, PORTUGAL, jul. 2015.

SANIBAL, Elaine Abraão Assef.; FILHO, Jorge Mancini Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. C**aderno de Tecnologia de Alimentos & Bebidas**, p. 48-54, 2009.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014**. Brasília: CIDADES, 2016.

SILVEIRA, Dyego Amaral.; VIEIRA, Glaucia Eliza Gama. **Emprego do óleo residual de fritura na produção de biodiesel.** XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUIMICA, 2014, Florianópolis. Anais de congresso. Florianópolis: Blucher Chemical Engineering Proceedings, 2014.

TEIXEIRA, Milena Carvalho; TAOUIL, Desiely Silva Gusmão. Biodiesel: uma energia alternativa e verde. **Vértices**, Campo dos Goytacazes, v. 12, n. 3, p. 17-40, dez. 2010.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO BIODIESEL E ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

BIOGAS PRODUCTION FROM BIODIESEL AND ALCOHOL FUEL COPRODUCTS

GUILHERME AUGUSTO COLUSSE[1]; RAPHAEL IURY NEVES[1]; WALDIR NAGEL SCHIRMER[2]; CARMEN LUISA BARBOSA GUEDES[1]

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA (UEL); 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE (UNICENTRO)

guilherme_sp_92@hotmail.com; raphael.in@hotmail.com; wanasch@hotmail.com; carmen@uel.br

***Resumo** – O Brasil é considerado um dos principais produtores e consumidores de biodiesel e álcool combustível no mundo, gerando resíduos e efluentes no processo. O trabalho teve como objetivo a produção de biogás utilizando glicerina e vinhaça como fontes de carbono e nutrientes; e ainda, efluente de fecularia como fonte principal de microrganismos para a digestão anaeróbica. Foi realizado um delineamento de misturas utilizando o software Statistica® 7.0 contemplando diferentes percentuais das matérias primas na digestão anaeróbica que foi conduzida durante 15 dias em temperatura controlada de 35 °C. O maior rendimento de biogás foi de 283 mL, produzido a partir da biomassa cuja composição inicial foi de 93,33% do efluente de fecularia; 3,33% de glicerina e 3,33% de vinhaça, onde foi detectado 74% de metano em mistura com outros gases no biogás.*

***Palavras-chave:** Metano. Biocombustível. Digestão anaeróbica.*

***Abstract** – Brazil is considerate one of the main producers and consumers of biodiesel and alcohol fuel in the world, generating residues and effluents in the process. The aim of this study was to produce biogas using glycerin and sugarcane vinasse as carbon and nutrient sources, and cassava wastewater as mainly source of microorganisms to anaerobic digestion. It was used a mixture design from Statistica® 7.0 software contemplating different percentages of raw material in the anaerobic digestion that was carried out for 15 days at controlled temperature of 35 °C. The greater biogas yield was 283 mL, it was performed from the biomass which the initial composition was 93.33% cassava wastewater; 3.33% of glycerin and 3.33% of sugarcane vinasse, where it is detected 74% of methane in the mix with the other gases in the biogas.*

***Keywords:** Methane. Biofuel. Anaerobic digestion.*

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a produção de biocombustíveis é responsável pelo decréscimo no uso de combustíveis a partir de fontes não renováveis atuando diretamente na redução das emissões de gases responsáveis pelo aquecimento global. Porém, apesar de benéfico, o processo produtivo dos biocombustíveis gera subprodutos e resíduos que ainda não possuem destino certo de reaproveitamento e descarte. Devido a esses fatores, tais resíduos podem ser utilizados em processos de biodigestão anaeróbica a fim de se produzir biogás.

O biogás é composto por gases originados a partir da biodigestão anaeróbica de matéria orgânica. Segundo Cassini *et al* (2003), ele é considerado uma mistura de gases produzidos pela conversão microbiológica anaeróbica de resíduos, tendo como principais constituintes o metano (CH_4), o dióxido de carbono (CO_2) e o ácido sulfídrico (H_2S). A variação existente entre os percentuais desses gases no biogás deve-se à composição do resíduo utilizado como matéria prima, atuando diretamente no poder calorífico do biogás devido à concentração de metano.

O Brasil possui uma vasta área territorial para produção de insumos, gerando resíduos que podem ser usados como matéria prima para biodigestão anaeróbica e geração de biogás. Indústrias produtoras de biodiesel e etanol geram biocombustíveis e, consequentemente, subprodutos e seus respectivos resíduos. A glicerina bruta e a vinhaça são exemplos de coprodutos gerados, ambos em grandes quantidades, não possuindo destino definitivo para o total gerado nas unidades industriais.

A partir da produção de etanol se obtém a vinhaça. Estima-se que, para cada litro de etanol produzido, dez a quinze litros de vinhaça são deixados como resíduo (CRUZ *et al*, 2008). No Brasil sua principal utilização está na fertirrigação como matéria prima da própria cultura da cana-de-açúcar. Tanto a glicerina quanto a vinhaça são originadas a partir da produção de biocombustíveis, possuindo características desejáveis quanto ao uso para produção de biogás (VIANA, 2012).

A glicerina, nome comercial do glicerol (1,2,3-propanotriol) é gerada na cadeia produtiva do biodiesel. É um álcool com característica inodora, incolor, viscosa e não tóxica que se liquefaz a 17,8 °C (PACHAURI e HE, 2006).

O Brasil possui um cenário altamente importante para a produção de biogás devido ao setor agrícola e seus resíduos ricos em matéria orgânica para biodigestão disponíveis para tal aplicação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar de forma quantitativa e qualitativa a produção de biogás a partir da biodigestão anaeróbica da glicerina, coproduto da indústria do biodiesel, utilizando a vinhaça como fonte principal de

ISSN 1809-3957

nutrientes e o efluente de fecularia como principal agente inoculante para biodigestão anaeróbica.

II. PROCEDIMENTOS

As matérias primas para produção de biogás por biodigestão anaeróbica e os respectivos métodos para análise e caracterização do processo e dos produtos se encontram descritos a seguir.

2.1 – Obtenção e caracterização das matérias primas

A glicerina foi fornecida pela BSBIOS® – Energia Renovável, localizada na cidade de Marialva, Paraná, Brasil. Alguns parâmetros de caracterização da glicerina são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios e variações no pH e principais componentes da glicerina produzida em 16 usinas de biodiesel no Brasil.

Parâmetros	Média	Mínimo	Máximo
Glicerol (%)	74,4	30,4	90,1
Umidade (%)	9,7	0,8	26,6
Lipídio total (%)	7,8	0	37,7
Cinzas (%)	5,3	2,3	12,1
Sódio (g Kg^{-1})	20,8	6,1	28,2
Fósforo (mg Kg^{-1})	541	17	2.111
Cálcio (mg Kg^{-1})	36,2	0	153
pH	7,2	2,3	12,7

Fonte: Oliveira *et al*, 2013.

A vinhaça foi fornecida pela USIBAN – Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes S.A., localizada na cidade de Bandeirantes, Paraná, Brasil. De acordo com a literatura, a composição química é representada na Tabela 2.

Tabela 2 – Características da vinhaça resultante do caldo da cana de açúcar.

Parâmetros	Concentração
pH	3,7 - 4,6
DBO* (mg O_2 L^{-1})	6.000 – 16.500
DQO** (mg O_2 L^{-1})	15.000 - 33.000
Sólidos totais (mg L^{-1})	23.700
Sólidos voláteis (mg L^{-1})	20.000
Sólidos fixos (mg L^{-1})	3.700
Nitrogênio (mg L N)	150 - 700
Fósforo (mg L P_2O_5)	10 - 210
Potássio (mg L K_2O)	1.200 - 2.100
Cálcio (mg L^{-1} CaO)	130 – 1.540
Magnésio (mg L MgO)	200 - 490
Sulfato (mg L SO_4^{2-})	600 - 760
Carbono (mg L^{-1} C)	5.700 – 13.400
Relação C/N	19,7 - 21,07
Matéria orgânica (mg L^{-1})	19.500
Subst. Redutoras (mg L^{-1})	7.900

*Demanda bioquímica de oxigênio; **Demanda química de oxigênio.
Fonte: Adaptado de Prada, Guekezian e Suárez-iha, 1998.

Foi adquirido o efluente do biodigestor anaeróbico de processamento da fécula de mandioca junto a Usina Lotus Comércio e Indústria de Produtos de Mandioca Ltda., localizada no município de Cândido Mota, São Paulo, Brasil. A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas do efluente de fecularia de acordo com Barana e Cereda, 2000.

Tabela 3 – Composição química do efluente de fecularia.

Parâmetros	Concentração
Umidade (%)	97,28
Sólidos totais (%)	2,72
Sólidos voláteis (%)	0,98
DQO (g O_2 L^{-1})	20,93
Carbono (%)	2,10
Nitrogênio (%)	0,67
Relação C/N	3,13
pH	6,92

Fonte: Adaptado de Barana e Cereda, 2000.

A vinhaça e o efluente de fecularia foram submetidos às seguintes análises físico-químicas: teor de água, sólidos totais, sólidos totais voláteis, sólidos totais fixos, demanda química de oxigênio e medidas do pH (MEIER, 2016; CROVADOR, 2014) como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Normas técnicas utilizadas para caracterização da vinhaça e do efluente de fecularia.

Parâmetros	Método
Teor de água	2540-B
Sólidos totais	2540-B
Sólidos totais voláteis	2540-E
Sólidos totais fixos	2540-E
DQO	5220-D
pH	5400-H

Fonte: APHA, 1995.

2.2 – Construção e funcionamento dos biorreatores

Foram confeccionados 10 frascos de borossilicato de 250 mL, contendo tampa de nylon com rosca equipada com uma válvula de saída de gás e uma válvula com manômetro.

Utilizaram-se volumes de 100 mL em cada biorreator. Os frascos foram tampados e uma corrente de gás nitrogênio foi circulada em cada, por cerca de 2 minutos, com a finalidade de garantir a anaerobiose do meio.

A temperatura do meio reacional foi controlada, usando uma estufa incubadora BOD, modelo 315 d, à 35ºC sob condições mesofílicas, a fim de otimizar a biodigestão anaeróbica (NOGUEIRA, 1986). Para a medida dos gases foi utilizado manômetros nas válvulas de saída, realizando o registro de cada produção de biogás até cessar das mesmas.

2.3 – Delineamento de misturas

Foi realizado o delineamento de misturas com aplicação da modelagem simplex-centroid com 3 repetições no ponto central (*software Statistica® 7.0*) como representado na Tabela 5.

Tabela 5 – Porcentagem em volume da mistura de matérias primas para biodigestão anaeróbica.

Biorreator	Glicerina [biodiesel]	Vinhaça [etanol]	Efluente [fecularia]
A	zero	zero	100,00
B	10,00	zero	90,00
C	zero	10,00	90,00
D	5,00	zero	95,00
E	zero	5,00	95,00
F	5,00	5,00	90,00
G	3,33	3,33	93,33

Fonte: Autores, 2017.

ISSN 1809-3957

O valor do pH em cada mistura de biomassa contida nos biorreatores foi corrigido para atingir a neutralidade (pH 7,0) utilizando solução de NaOH 0,1M (VIANA, 2012).

2.4 – Produção de biogás e análise dos gases constituintes

A determinação do volume diário de biogás produzido foi realizada pelo método manométrico, através de temperatura constante de 35ºC na incubadora e da variável de pressão interna nos biorreatores em kgf cm^{-2} de acordo com as equações a seguir (ABE DEPARTMENT, 2007):

$$\text{Volume de biogás} = \left[\frac{PF(mbar).VUF(L).22,41}{83,14.TF(K)}\right].1000 \quad (1)$$

Onde:

PF (mbar): pressão do frasco em milibar;

VUF (L): volume útil do frasco em litros;

TF (K): temperatura do frasco em graus Kelvin.

Volume de biogás acumulado (mL) = [Volume de biogás + VGA (mL)] (2)

Onde:

VGA (ml): volume de biogás acumulado do dia anterior em mililitros.

Os valores obtidos de volume foram convertidos às condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

As análises para caracterização do biogás referentes aos gases CH_4, CO_2 e H_2S foram realizadas utilizando o Kit Biogás, desenvolvido pela EMBRAPA em parceria com a Alfakit Ltda., seguindo as normas:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22º Ed. 2012. 4500 D. 4-175. Método do Azul de Metileno;

Environmental Protection Agency. Emissions Measurement Center, Método 3B CO_2, O_2 *Orsat.*

Ao longo do período de incubação foram monitorados os seguintes gases: metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) pelo método da diferença de volume; e o gás sulfídrico (H_2S) que foi monitorado pelo teste colorimétrico com o corante azul de metileno e padrão de cartela de cores para comparação visual.

III. RESULTADOS

3.1 – Caracterização das matérias primas para produção de biogás

A Tabela 6 e a Tabela 7 apresentam os valores obtidos da caracterização da vinhaça e efluente de fecularia e da glicerina, respectivamente, empregado no experimento.

Os valores apresentados do teor de água para a vinhaça e para o efluente de fecularia foram de 97,80 e 99,39%, respectivamente. Enquanto que a glicerina apresentou um percentual de 10,2 de umidade. A vinhaça apresentou um percentual de 2,2% de sólidos totais corroborando com estudos realizados por Marques (2006), onde encontrou valores de 2,3% para vinhaça. O efluente de fecularia resultou em um percentual de 0,61% de sólidos totais.

A análise de sólidos totais voláteis também demonstrou diferença entre a vinhaça e o efluente de fecularia. Foi encontrado valores de 1,51 e 0,55% de sólidos totais voláteis, respectivamente.

Segundo Decottignies *et al*., (2005), um resíduo é considerado estabilizado quando atinge um elevado grau de temperatura e decomposição, entre a faixa de 10 a 20% de sólidos totais voláteis e podem assim ser descartados no ambiente. Os parâmetros para sólidos totais fixos foram de 0,69% para vinhaça e 0,06% para efluente de fecularia.

Tabela 6 – Caracterização físico-química da vinhaça e efluente de fecularia.

Parâmetro	Vinhaça	Efluente de fecularia
Teor de água (%)	97,80±0,04	99,39±0,01
Sólidos totais (%)	2,20±0,04	0,61±0,01
Sólidos totais voláteis (%)	1,51±0,05	0,55±0,01
Sólidos totais fixos (%)	0,69±0,01	0,06±0,01
DQO (gO_2/L)	28,20±0,25	15,02±0,30
pH	4,15±0,01	6,26±0,04

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 7 – Composição química da glicerina.

Parâmetros	Concentração
Teor de água (%)	10,2
Glicerol (%)	82,7
Cinzas (%)	5,8
Cloretos (%)	5,1
DQO (g O_2 L^{-1})*	121,4
Metanol (%)	0,1
pH	6,3
MONG – Matéria orgânica não glicerol (%)	1,3

*As análises presentes na tabela foram realizadas pela BSBIOS®, exceto a análise de DQO que foi realizada pelo próprio autor utilizando o método 5220-B/APHA 1995.

Em relação ao pH, as análises apresentaram valores de 4,15 para a vinhaça, 6,26 para o efluente de fecularia e 6,28 para a glicerina. A variação de pH encontrado antes e depois da biodigestão anaeróbica é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Variação do pH nos biorreatores.

Biorreator	pH inicial	pH final	ΔpH
A	7,0±0,05	7,25±0,02	0,25
B	7,0±0,03	7,30±0,03	0,30
C	7,0±0,01	7,35±0,02	0,35
D	7,0±0,02	7,50±0,03	0,50
E	7,0±0,02	7,30±0,02	0,30
F	7,0±0,04	7,35±0,01	0,35
G	7,0±0,03	7,40±0,01	0,40

Fonte: Autores, 2017.

Na fase final do processo é esperado um aumento do pH, para um intervalo entre 6,8 e 8,0 (O'LEARY e TCHOBANOGLOUS, 2002).

3.2 – Determinação do volume de biogás produzido

O experimento foi conduzido durante 15 dias. Todavia, a soma de todos os componentes da mistura foi igual a 1, ou 100%, com o percentual de glicerina e vinhaça variando entre 0 e 10% e o percentual de efluente de fecularia variando entre 90 e 100%. O uso de 90-100% de efluente como fonte principal de microrganismos é utilizado devido à presença de espécies de bactérias necessárias para a biodigestão anaeróbica (HUTNAN *et al*., 2009; LUO *et al*., 2011; SILES LÓPEZ *et al*., 2009; VIANA, 2011).

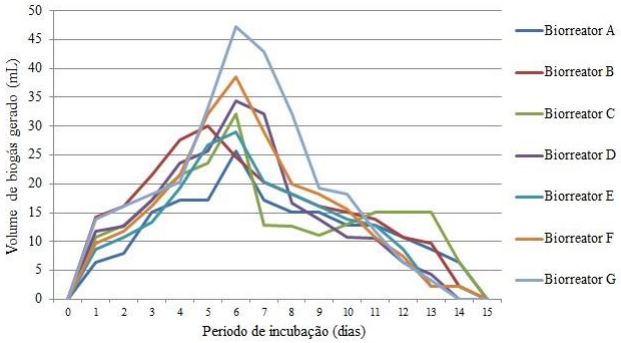
A maior eficiência de produção ocorreu ao 6º dia de incubação em todos os biorreatores analisados de acordo

ISSN 1809-3957

com a Figura 2. O biorreator G, contendo 93,3% de efluente de fecularia, 3,3% de glicerina e 3,3% de vinhaça atingiu o maior pico de produção de biogás ao 6º dia com aproximadamente 50 mL de produção diária.

Todos os biorreatores apresentaram produção superior de biogás quando comparado ao biorreator A, contendo somente efluente de fecularia, indicando que a adição de glicerina, principal fonte de carbono, e vinhaça, considerada fonte nutritiva para os microrganismos, contribuem para o aumento da produção de biogás. Viana *et al*., (2012), concluíram que um vasto número de microrganismos podem se desenvolver em meios de cultivo que contem glicerina que a utilizam como fonte de carbono e energia para o metabolismo celular, participando de reações bioquímicas fundamentais para a célula e produção de metabólitos essenciais à manutenção celular.

Figura 2. Produção de biogás (mL).

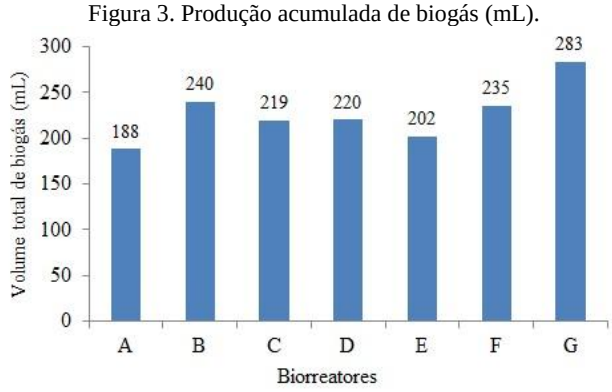


Fonte: Autores, 2017.

Observa-se que todos os biorreatores demonstraram comportamento semelhante na geração de biogás, apresentando picos de produção no 6º dia e, após esse tempo uma fase de declínio foi observada, provavelmente devido ao consumo de nutrientes presentes nas misturas.

A Figura 3 apresenta a produção de biogás total (mL) para cada biorreator analisado. Após o término da biodigestão anaeróbica, é observado que o biorreator A apresentou um total de produção de 188 ml de biogás. Esse valor corresponde a capacidade total de geração de biogás sem nenhum acréscimo de matéria prima, sendo que este biorreator possuía apenas o efluente de fecularia na sua constituição.

Figura 3. Produção acumulada de biogás (mL).



Fonte: Autores, 2017.

Considerando que cada biorreator foi atribuído um percentual distinto de matéria prima, o biorreator B (90% de efluente de fecularia e 10% de glicerina) apresentou produção total de biogás na faixa de 240 mL, enquanto que o biorreator C (90% de efluente de fecularia e 10% de vinhaça) demonstrou uma produção de 219 mL de biogás durante todo o experimento. A glicerina quando adicionada ao experimento em baixa proporção ocasiona um aumento na produção de biogás, sendo utilizada como fonte de nutrientes para as células microbianas (VIANA *et al*., 2012).

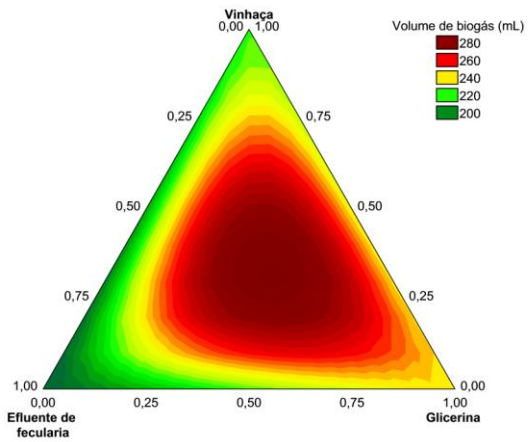
Fountoulakis e Manios (2009) encontraram um aumento de 152% de CH_4 na biodigestão anaeróbica de resíduos sólidos urbanos adicionando 1% (v/v) de glicerina ao processo. Amon *et al*., (2006) aumentaram a biodegradabilidade anaeróbica de dejetos bovinos em 17 e 22% quando adicionado glicerina na faixa de 3 e 6% (v/v), respectivamente.

É visto que os biorreatores D (95% de efluente de fecularia e 5% de glicerina) e E (95% de efluente de fecularia e 5% de vinhaça), obtiveram uma faixa de produção de biogás inferior quando comparados aos biorreatores B e C, sendo que nestes a adição de glicerina e vinhaça foi de 10%. Isso demonstra que a fonte de nutrientes disponibilizada pela vinhaça e a fonte de carbono proveniente da glicerina são proporcionais à geração de biogás e, segundo Ma *et al*., (2008), esses valores não causam toxicidade ao processo.

O biorreator G contendo 93,3% de efluente de fecularia; 3,3% de vinhaça e 3,3% de glicerina demonstrou produção total de 283 mL de biogás, ou seja, um aumento de 34% quando comparado ao biorreator A que continha apenas o efluente de fecularia. Segundo Viana *et al*., (2012), o aumento da produção de biogás pela adição de glicerina é devido a sua biodegradação, e não pela participação do aumento das bactérias responsáveis pelo processo.

Os valores da legenda da Figura 4 dizem respeito ao volume de biogás produzido mediante a interação entre a glicerina, a vinhaça e o efluente de fecularia nas misturas.

Figura 4. Curvas de nível para o volume total de biogás gerado (mL).



Fonte: Autores, 2017.

A análise do gráfico de curva de nível apresenta o maior volume de biogás gerado próximo ao ponto central do experimento. Mediante as análises estatísticas, foi gerada a equação preditiva ajustada aos dados experimentais para o volume de biogás produzido: $V_{biogás(mL)}=188{,}075x_1 + 240{,}186x_2 + 219{,}170x_3 + 23{,}590x_1x_2 - 6{,}434x_1x_3 + 21{,}445x_2x_3 + 1843{,}699x_1x_2x_3$; onde x_1=efluente de fecularia; x_2=glicerina e x_3=vinhaça. O modelo cúbico especial se mostrou significativo (p=0,002) de acordo com a análise de variância, apresentando um coeficiente de determinação experimental (R^2) de 99,38% e ajuste de 98,14%; sendo

ISSN 1809-3957

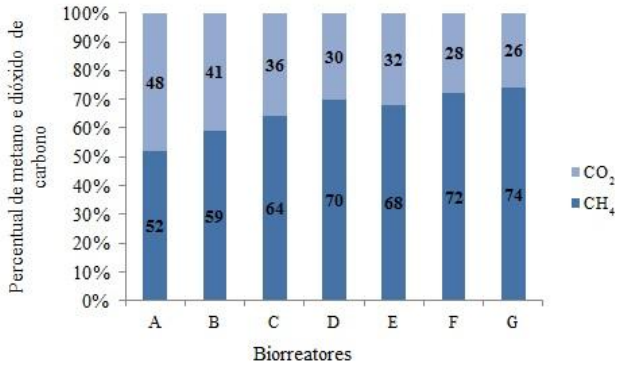
assim os resultados apresentados validam a equação para fins preditivos. Nos ensaios de Meier (2016), foram obtidos incrementos de 130% no volume de biogás, utilizando 92,5% de água residuária de suinocultura como material inoculante, 4,28% de glicerina bruta e 3,22% de vinhaça.

3.3 – Caracterização do biogás

Através do uso do Kit Biogás para análise de gases foi possível determinar o percentual de gás metano, dióxido de carbono e ácido sulfídrico no biogás gerado. A Figura 5 mostra os percentuais de metano e dióxido de carbono encontrado no biogás analisado.

É visto que o biorreator G, que continha 93,3% de efluente de fecularia, 3,3% de glicerina e 3,3% de vinhaça, apresentou a maior produção de metano (74%) dentre todos os biorreatores no experimento.

Figura 5. Percentual de metano e dióxido de carbono encontrado nos biorreatores.



Fonte: Autores, 2017.

A Figura 6 e Figura 7 demonstram os níveis de metano e ácido sulfídrico, respectivamente, encontrados de acordo com as misturas utilizadas no experimento.

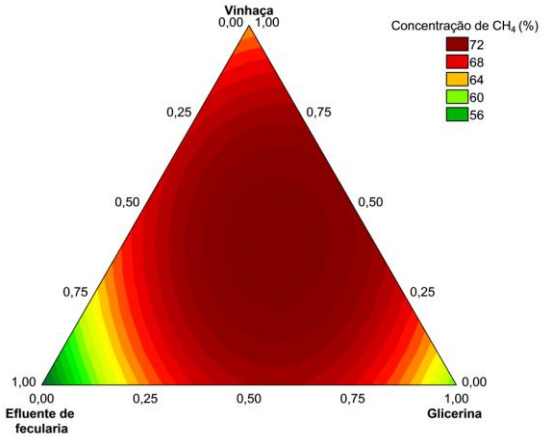
Através do software Statistica® 7.0, foi possível gerar uma equação preditiva ajustada aos dados experimentais para a produção de metano: $CH_{4(\%)} = 52_{x1} + 59_{x2} + 64_{x3} + 58_{x1x2} + 40_{x1x3} + 42_{x2x3} - 10{,}500_{x1x2x3}$; onde x_1=efluente de fecularia; x_2=glicerina e x_3=vinhaça. O modelo cúbico especial se mostrou significativo (p=0,004) de acordo com a análise de variância, apresentando um coeficiente de determinação experimental (R^2) de 99% e ajuste de 96,99%.

Meier (2016) concluiu que a adição de 5% de glicerina bruta em efluente de suinocultura proporciona um acréscimo de 11% de CH_4 no biogás. Esse aumento deve-se a utilização da glicerina como a principal fonte de carbono no processo de biodigestão anaeróbica.

A legenda referente à Figura 6 diz respeito a concentração de ácido sulfídrico (H_2S) em ppmV presente no biogás analisado. Foi gerado também a equação referente à produção de H_2S (ppmV), sendo $H_2S_{(ppmV)} = 40_{x1} + 100_{x2} + 85_{x3} + 100_{x1x2} - 50_{x1x3} + 30_{x2x3} + 232{,}500_{x1x2x3}$; onde x_1=efluente de fecularia; x_2=glicerina e x_3=vinhaça. O modelo cúbico especial se mostrou significativo (p=0,004). O coeficiente de determinação experimental (R^2) foi de 99,38% e ajuste de 98,14%.

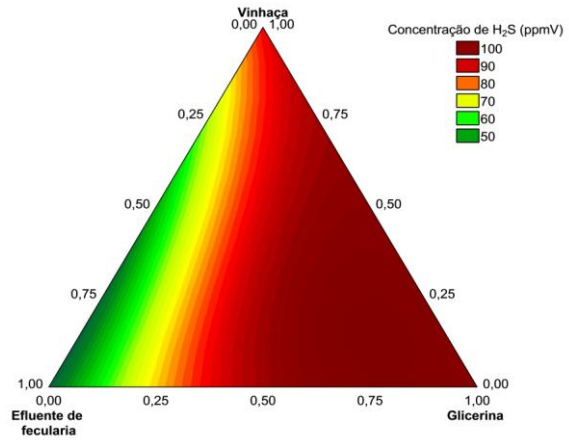
A necessidade de remoção de H_2S do biogás se torna de extrema importância uma vez que o ácido sulfídrico, em alta concentração, causa corrosão em tubulações e emissão de compostos sulfurosos resultantes do processo de combustão, desta forma são necessários cuidados especiais nos equipamentos utilizados, como microturbinas, caldeiras e motores a combustão (FRARE, GIMENEZ e PEREIRA, 2006).

Figura 6. Curvas de nível para o percentual de metano.



Fonte: Autores, 2017.

Figura 7. Curvas de nível para a concentração de H_2S (ppmV).



Fonte: Autores, 2017.

IV. CONCLUSÃO

A produção de biogás atingiu o maior volume e o maior percentual de metano, equivalente a 283 mL e 74% respectivamente, quando a mistura foi correspondente a 3,3% de glicerina como fonte de carbono para o processo; 3,3% de vinhaça como fonte de nutrientes e 93,3% de efluente da fecularia como fonte principal de microrganismos para biodigestão anaeróbica. Foi verificado que houve baixa concentração de H_2S no biogás onde havia pouco ou nenhum percentual de glicerina e vinhaça nas misturas. Com isso conclui-se que a produção de biogás a partir de coprodutos industriais apresentou resultados satisfatórios além de ser uma alternativa eficiente, possuindo retorno econômico na utilização da vinhaça e da glicerina.

V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudo concedidas e a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná pelo suporte financeiro possibilitando a mobilidade docente e discente entre UEL e Instituto Fraunhofer IGB, Stuttgart, Alemanha.

ISSN 1809-3957

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE DEPARTMENT. **Department of Agricultural and Biological Engineering**. University of Florida, 2007.

AMON, Thomas.; AMON, Barbara.; KRYVORUCHKO, Vitaliy.; BODIROZA, Vitomir.; POTSCH, Enrich; ZOLLITSCH, Werner. **Optimizing methane yield from anaerobic digestion of manure: Effects of dairy systems and of glycerin supplementation**. Int. Congr. Ser. 1293, p. 217-220, 2006.

APHA. **Standard methods. 19th Edition.American Public Health Association**, Washington, DC. 1995.

BARANA, Ana Cláudia; CEREDA, Marney Pascoli. Cassava wastewater (manipueira) treatment using a two-phase anaerobic biodigestor. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. Vol.20, n.2, pp.183-186. 2000.

CASSINI, Sérvio Túlio; CHERNICHARO, César Augusto Lemos; ANDRIOLI, Cleverson Vitório; FRANÇA, Milene; BORGES, Eduardo Sales Machado; GONÇALVES, Ricardo. **Hidrólise e atividade anaeróbia em lodos**. In: CASSINI, S.T. (Cord.). Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás. Rio de Janeiro: ABES. 210 p. 2003.

CROVADOR, Maria Isabel Coltro. **Potencial de geração de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Centro Oeste. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Guarapuava/PR, 2014.

CRUZ, Juliana Igarashi; PORTUGAL, Rodrigo Souza; LUCENDO, M. Carmen Hernandez.; ELIS, Vagner Roberto; FACHIN, Sérgio Júnior Silva; USTRA, Andrea T.; BORGES, Welitom Rodrigues. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.26, p.481-492, 2008.

DECOTTIGNIES, Virginie; GALTIER, L.; LEFEBVRE, X; VILLERIO, T. **Comparison of analytical methods to determine the stability of municipal solid waste and related wastes**. In: Proceedings Sardinia, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, 2005.

FOUNTOULAKIS, Michalis; MANIOS, Thrassyvoulos. Enhanched methane and hydrogen production from municipal solid waste and agroindustrial by-products co-digested with crude glycerol. **Biorsour. Technol**. 100, p. 3043-3047, 2009.

FRARE, Laercio Mantovani; GIMENES, Marcelino Luiz; PEREIRA, Nehemias Curvelo. Correlação para estimativas de custos na remoção de ácido sulfídrico de biogás. **Acta Sci. Technol. Maringá**, v. 28, n. 1, p. 29-37, Jan./June, 2006.

PRADA, Sílvio Miranda; GUEKEZIAN, Márcia; SUÁREZ-IHA, Maria Encarnación V. Metodologia analítica para determinação de sulfeto em vinhoto. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n.3, p. 249-252. 1998.

HUTNAN, Miroslav; KOLESÁROVÁ, Nina; BODIK, Igor; SPALKOVÁ, Viera; LAZOR, Michal. **Possibilities of anaerobic treatment of crude glycerol from biodiesel production**. 36th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Tatranské Matliare, Slovakia, 2009.

LUO, Gang; XIE, Li; ZHOU, Qi; ANGELIDAKI, Irini. Enhancement of bioenergy production from organic wastes by two-stage anaerobic hydrogen and methane production process. **Bioresource Technology** 102. 8700-8706. 2011.

MA, Jingxing; WAMBEKE, Mariane Van; CARBALA, Marta; VERSTRAETE, Willy. Improvement of potato processing wastewater in a UASB reactor by co-digestion with glycerol. **Biotechnology Letters**, v. 30, p. 861-867, 2008.

MARQUES, Marco O. **Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça**. In: Segato, S. V.; Pinto, A. S.; Jendiroba, E.; Nóbrega, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Editorial. p.369-375. Piracicaba, SP. 2006.

MEIER, Thompson Ricardo Weiser. **Otimização do processo de biodigestão anaeróbica a partir da mistura de água residual de suinocultura, vinhaça e glicerol bruto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná (Palotina). Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. 2016.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 93 p. 1986.

PACHAURI, Naresh; HE, Brian. **Value-added utilization of crude glycerol from biodiesel production: A survey of current research activities**. Proceeding of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), Portland, Oregon, 2006.

SILES LÓPES, José Angel; MARTÍN SANTOS, Maria de los Angeles; CHICA PÉREZ, Arturo Francisco; MARTÍN Antonio. Anaerobic digestion of glycerol derived from biodiesel manufacturing. **Bioresour. Technol**. 100, pg 5609-5615. 2009.

O'LEARY, P.R.; TCHOBANOGLOUS, G.; Landfilling. In: TCHOBANOGLOUS, G.; KREITH, F. **Handbook of solid waste management**. 2ed. New York: McGraw-Hill. Cap. 14, p. 141-149. 2002.

OLIVEIRA, Jackson Silva e et al . Composição química da glicerina produzida por usinas de biodiesel no Brasil e potencial de uso na alimentação animal. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 509-512, 2013.

VIANA, Michael Barbosa. **Produção de biogás a partir de glicerina oriunda do biodiesel**. M.Sc. diss., Universidade de São Paulo, 2011.

VIANA, Michael Barbosa; FREITAS, Alexssandro Viana; LEITÃO, Renato Carrhá; PINTO, Gustavo; SANTAELLA, Sandra. Anaerobic digestion of crude glycerol: a review. **Environmental Technology Reviews**, 1:1, 81-92, DOI: 10.1080/09593330. 2012.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

GERAÇÃO COMPUTACIONAL DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO

COMPUTATIONAL GENERATION OF CYLINDRICAL CONCRETE SAMPLES

ALDEMON LAGE BONIFÁCIO[1]; LEONARDO GOLIATT DA FONSECA[1]; FLÁVIO DE SOUZA BARBOSA[1]; MICHÈLE CRISTINA RESENDE FARAGE[1]; CIRO DE BARROS BARBOSA[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

aldemon.bonifacio@engenharia.ufjf.br, leonardo.goliatt@ufjf.edu.br, flavio.barbosa@engenharia.ufjf.br, michele.farage@ufjf.edu.br, ciro.barbosa@ice.ufjf.br

Resumo – O concreto é um material heterogêneo e poroso amplamente utilizado na indústria da construção civil, sobretudo no Brasil. Esse fato pode ser justificado por determinadas características específicas do material, como o baixo custo, a rapidez na execução, a não exigência de mão-de-obra com alto nível de especialização e a versatilidade de formas que o material pode assumir. Apesar de ser um material relativamente simples, a previsão do comportamento do concreto é bastante complicada, o que se justifica, em parte, por sua heterogeneidade. Assim, as ferramentas de modelagem computacional destacam-se como uma alternativa para agregar conhecimento sobre este material, através da simulação de cenários variados de solicitação. Considerando particularmente a caracterização mecânica, que comumente é feita através de ensaios em corpo de provas cilíndricos, a reprodução computacional de testes de carga pode ser realizada considerando-se diferentes cenários, permitindo a precisão do comportamento mecânico do material. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um método para geração computacional de corpo de prova cilíndricos de concreto, simulando a distribuição aleatória de agregados na argamassa, de acordo com curvas granulométricas pré-definidas.

Palavras-chave: Concreto. Corpo de prova sintético. Packing problem.

Abstract – Concrete is a heterogeneous and porous material widely used in the construction industry, especially in Brazil. This fact may be justified by certain specific characteristics of the material, such as low cost, speed of execution, non-requirement of highly specialized workers and the geometrical versatility. Although it is a relatively simple material, the prediction of the behavior of the concrete is quite complicated, which is justified, in part, by its heterogeneity. Thus, computational modeling tools appears as an alternative to aggregating knowledge about this material through the simulation of varied scenarios. Considering in particular the mechanical characterization, which is commonly obtained from cylindrical samples, the computational reproduction of load tests can be performed considering different scenarios, allowing the accuracy of the mechanical behavior of the material. In this sense, the present work aims to present a method for computational generation of concrete cylindrical sample, simulating the random distribution of aggregates in the mortar, according to pre-defined grain size curves.

Keywords: Concrete. Synthetic sample. Packing problem.

I. INTRODUÇÃO

Embora o concreto seja amplamente empregado na indústria da construção civil, sobretudo no Brasil, a complexidade intrínseca ao material – multifásico, heterogêneo e vulnerável a condições ambientais – torna difícil a previsão do seu comportamento em estruturas. A modelagem computacional é uma forma de agregar conhecimento sobre este material, através da simulação de cenários variados de solicitação sem a necessidade de repetidos testes laboratoriais. Considerando particularmente a caracterização mecânica, que comumente é feita através de ensaios em corpo de provas cilíndricos, a reprodução computacional de testes de carga pode ser realizada considerando-se diferentes cenários, permitindo a precisão do comportamento mecânico do material. Nesse sentido, faz-se necessário representar os corpos de prova de modo realista, simulando a distribuição aleatória de agregados na argamassa, de acordo com curvas granulométricas pré-definidas.

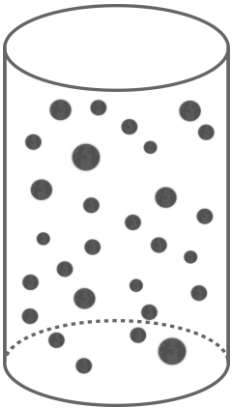
Existem na literatura alguns métodos que propõem para fazer a distribuição dos agregados na argamassa - tais como DE LARRARD, 1999; DE LARRARD et al., 2002 e TEHRANI et al., 2013 - porém os autores não disponibilizam o código fonte para adequação destes às particularidades envolvidas no presente estudo. Por exemplo, a biblioteca LMGC90 (DUBOIS et al., 2011) foi capaz de criar modelos com a proporção de agregados limitada a um valor máximo de 25%, em relação ao volume total do corpo de prova. Recentemente, os autores deste trabalho desenvolveram um algoritmo (BONIFÁCIO et al., 2015) capaz de gerar apenas modelos com as proporções menores que 25% de agregados; essa restrição deve-se à estratégia de posicionar as esferas aleatoriamente no cilindro, isso porque a dificuldade para posicionar uma nova esfera dentro do cilindro crescia de acordo com o aumento no número de esferas já posicionadas. Ressalta-se que na confecção de concretos, em geral tem-se composições com proporções maiores que 25%, o que compromete o uso de tais ferramentas computacionais.

Com o propósito de melhor representar computacionalmente os corpos de prova cilíndricos empregados em testes laboratoriais e com volumes maiores

ISSN 1809-3957

que 25% de agregados em relação ao volume total, foi desenvolvido um método para fazer a distribuição aleatória dos agregados imersos na argamassa de acordo com os volumes e as curvas granulométricas adotados. A Figura 1 ilustra um corpo de prova cilíndrico com agregados esféricos imersos na argamassa.

Figura 1. Ilustração de um corpo de prova cilíndrico com agregados esféricos imersos na argamassa.



Fonte: Autores.

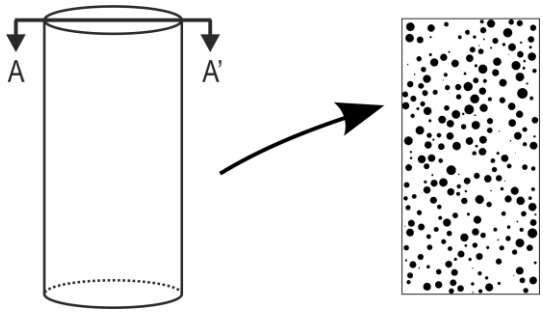
Este artigo tem como objetivo descrever o método para geração computacional de corpo de prova cilíndricos de concreto e avaliar alguns resultados preliminares.

II. MÉTODO COMPUTACIONAL

No modelo computacional desenvolvido, foi criado um algoritmo em *python* para seguir as etapas necessárias do método para geração de corpos de prova cilíndrico de concreto. Nesse algoritmo, foi considerado as dimensões do cilindro de 160mm de diâmetro e 320mm de altura, o agregado como elemento esférico (ilustrado na Figura 3), distribuídos aleatoriamente e imersos na argamassa, aqui assumida como um material homogêneo. O diâmetro dos agregados foi definido de acordo com as distribuições granulométrica apresentadas na Figura 4 (KE, 2008), além de respeitar o volume de 12,5%, 25%, 37,5% e 45% de agregados em relação ao volume total do corpo de prova, de modo a reproduzir diversos cenários de testes. A geometria do modelo bidimensional descritos nesta seção idealiza um corte longitudinal central de um corpo de prova padrão cilíndrico, como ilustrado na Figura 2. Com poucas adaptações, este método é capaz de usar outras curvas granulométricas, além das curvas usadas para exemplificar o algoritmo neste trabalho.

O algoritmo foi desenvolvido com base no conceito de *Packing problems* (DOWSLAND & DOWSLAND, 1992) e utilizou os métodos de *Maximum Mortar Thickness* (MMT) (DE LARRARD, 1999) e de *KDTree* (ARYA et al., 1998) para fazer a movimentação dos agregados no corpo de prova. O conceito de *Packing problems* contribuiu com o processo de distribuir os círculos em um retângulo ou as esferas em um cilindro; já o método MMT foi usado para calcular a distância máxima entre dois círculos ou duas esferas para que coubessem dentro do retângulo ou do cilindro, respectivamente; e o método *KDTree* foi utilizado para verificar se ocorreu sobreposição dos círculos ou das esferas.

Figura 2. Agregado leve do tipo argila expandida.

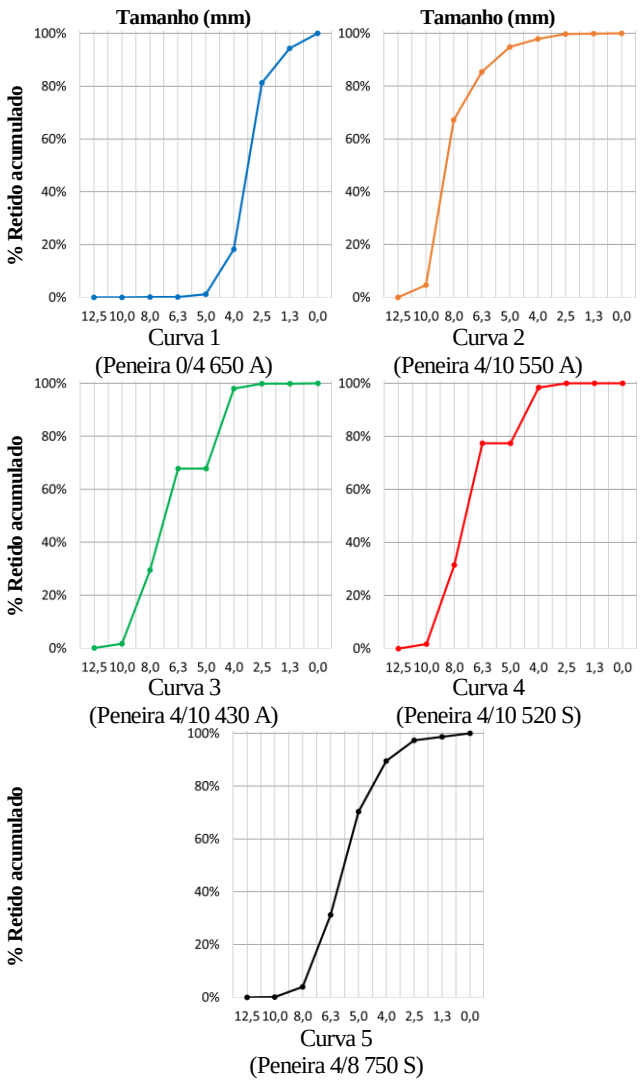


Fonte: Autores.

Figura 3. Agregado leve do tipo argila expandida.

Fonte: domínio público, 2015.

Figura 4. Gráficos das porcentagens de retido acumulado para 5 curvas granulómetricas utilizadas nas avaliações do algoritmo.



Fonte: KE, 2008 (adaptado).

Em forma de procedimentos, o método executa os seguintes passos para a definição de uma geometria da

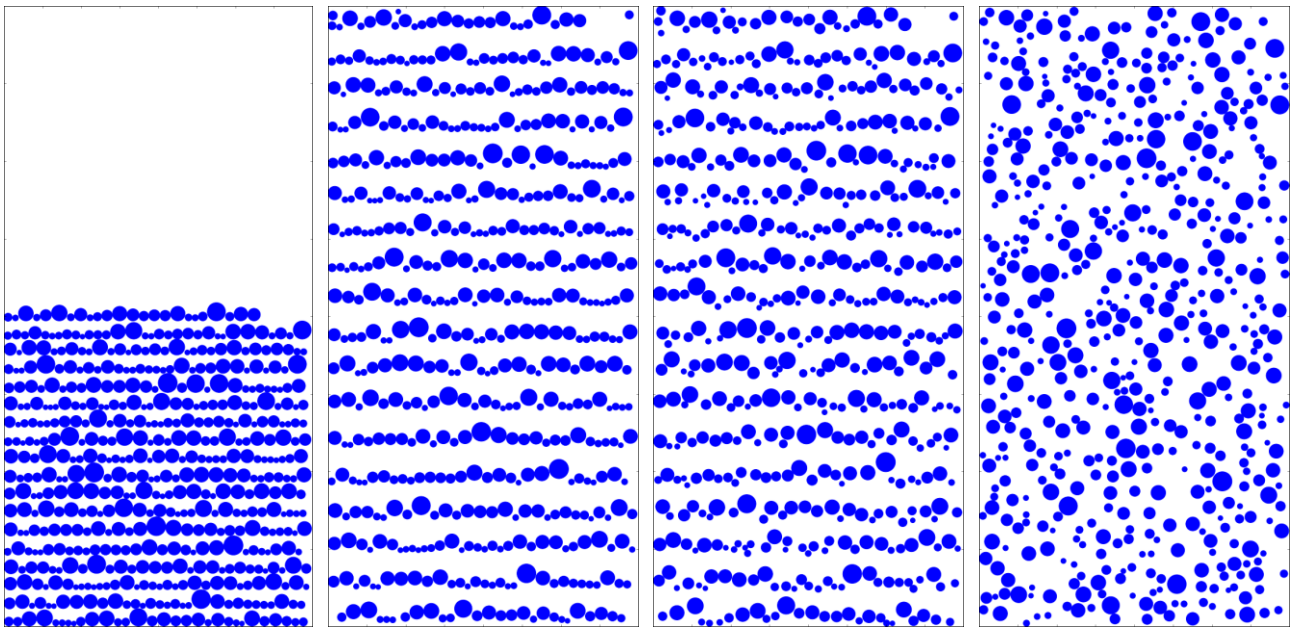
ISSN 1809-3957

malha bidimensional, com ilustrações apresentadas na Figura 5:

1. calcula-se aleatoriamente o número de círculos para cada diâmetro de acordo com a faixa granulométrica e o volume relativo de agregados da amostra;
2. posiciona-se os círculos dentro do retângulo. Esse posicionamento é feito iniciando-se da base e segue até o topo do retângulo (Figura 5a);

2.1. descartam-se os círculos que porventura foram inseridos fora dos limites do retângulo, pois a distância entre o centro do agregado e as extremidades do corpo de prova deve ser maior que o raio do agregado (Figura 6a);

Figura 5. Ilustração do resultado de alguns passos na geração da geometria bidimensional; contendo 25% de agregado do tipo 0/4 650A e distribuição granulométrica apresentada na Figura 4.



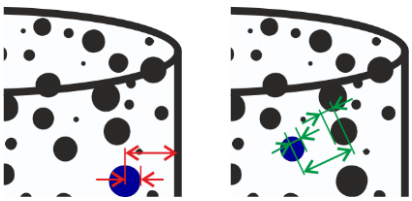
(a) Passo 2 (b) Passo 3 (c) Passo 4 (d) Passo 5

Fonte: Autores.

2.2. descartam-se os círculos que eventualmente foram posicionados sobrepostos com outros, porque a distância em linha reta de um agregado para outro deve ser maior que o raio de ambos somados (Figura 6b);

- apesar da remoção desses possíveis círculos, as geometrias geradas em vários testes ficaram com pelo menos 99% dos círculos;

Figura 6. Ilustra a verificação do posicionamento dos agregados.



(a) Validação para agregado dentro dos limites do cilindro. (b) Validação para sobreposição de agregados.

Fonte: Autores.

3. redistribui-se proporcionalmente o espaço livre que compreende o último círculo posicionado e a parte superior do retângulo, de forma que o espaço entre os círculos irá aumentar no sentido da altura e os círculos mais próximos do topo o tangenciem (Figura 5b);

4. calcula-se a distância máxima entre os círculos para garantir que todos estejam contidos no retângulo e faz-se uma movimentação aleatória de cada círculo (Figura 5c):

4.1. adiciona-se um valor percentual aleatório da distância máxima ao centro do círculo no referencial X e Y;

4.2. verifica-se a ocorrência de colisão da nova posição do círculo com outros já posicionados:

- em caso afirmativo, mantém-se o círculo na posição original,
- senão, faz-se a movimentação para a nova posição;

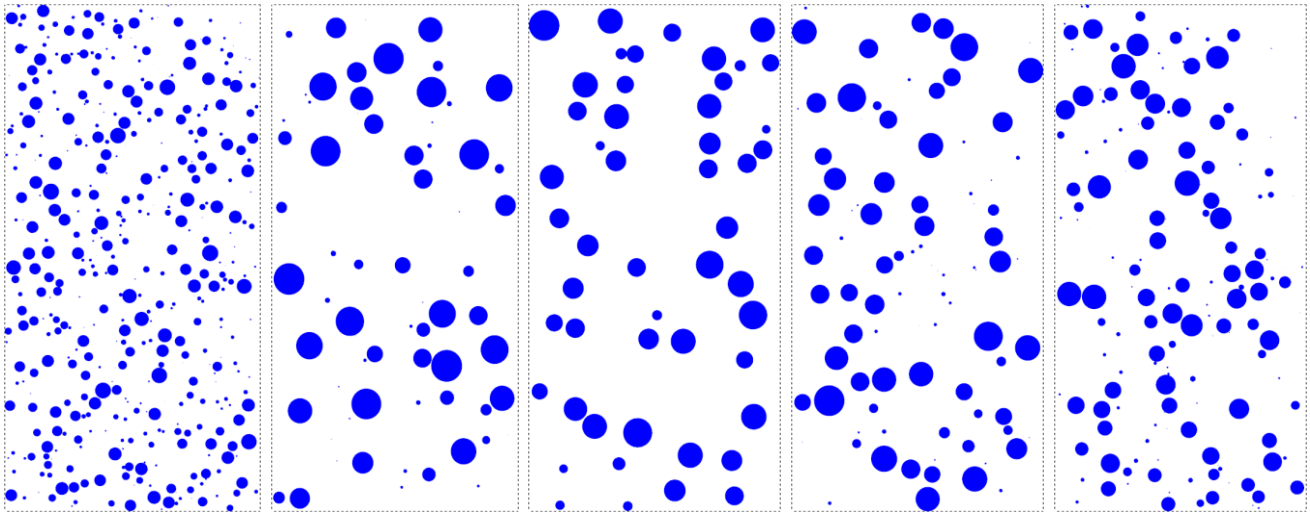
5. repete-se o passo anterior *n* vezes com o propósito de posicionar aleatoriamente os círculos no retângulo. Em trabalhos que fizeram uso desse algoritmo, foi utilizado $n = 300$ e $n = 500$ (GARCIA et al., 2016; BONIFÁCIO et al., 2017; GARCIA et al., 2017; GARCIA, 2017 e BONIFÁCIO, 2017), com resultados satisfatórios na geração da geometria (Figura 5d).

A Figura 7 ilustra modelos geométricos de corpo de prova bidimensional contendo 12,5% de agregados para as curvas granulométricas apresentadas na Figura 4. Esses modelos representam a seção longitudinal de um corpo de prova cilíndrico de 160mm x 320mm.

ISSN 1809-3957

A Figura 8 destaca a parte superior de um corpo de prova de concreto de agregado leve e a Figura 9 ilustra uma seção longitudinal de um corpo de prova. Pode-se observar que, em ambos corpos de prova, o agregado destacado na cor mais escura, em formatos circulares. Ao avaliar a distribuição dos agregados na argamassa desses corpos de prova e dos resultados apresentados na Figura 7, observa-se uma boa aproximação entre um corpo de prova produzido em laboratório e os resultados apresentados neste estudo, produzidos pelo método de geração de corpo de prova sintético.

Figura 7. Exemplo da seção longitudinal de corpos de provas bidimensionais para cinco diferentes curvas granulométricas (Figura 4) contendo 12,5% de agregados.

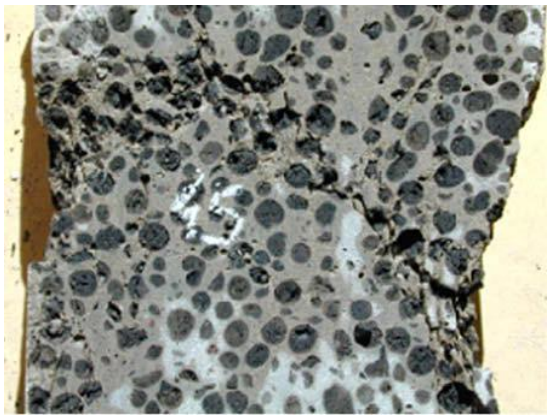


Fonte: Autores.

Figura 8. Corpo de prova de concreto de agregado leve, com destaque para o agregado em cor mais escura, em formato circular.

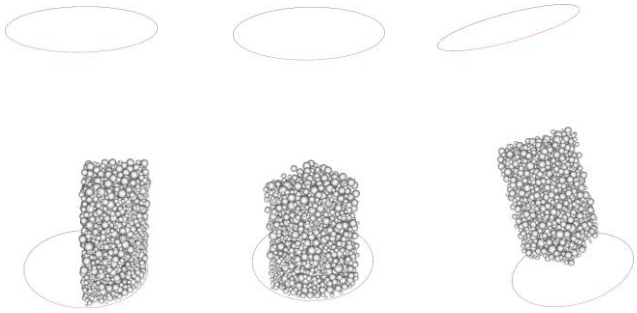
Fonte: DILLI, 2015 (adaptado).

Figura 9. Seção longitudinal de um corpo de prova de concreto de agregado leve, com destaque para o agregado em cor mais escura.



Fonte: KE, 2014.

Figura 10. Exemplo de 1/8 da geometria de um corpo de prova tridimensional contendo 45,0% de agregados do tipo 4/10 550A. Cada figura apresenta um ângulo diferente da mesma geometria criada.



Fonte: Autores.

O algoritmo para o modelo tridimensional segue o mesmo procedimento e, com poucas alterações, é adaptado para gerar geometrias tridimensionais. Para isso, basta substituir as partes que tratam dos círculos pelas esferas, da área pelo volume e do retângulo pelo cilindro. A Figura 10 ilustra a geometria de um corpo de prova tridimensional contendo 45,0% de agregados do tipo 4/10 550 (KE et al., 2014).

Vale ressaltar que este método já foi usado para o desenvolvimento de artigos em revistas, trabalhos em congressos, além de dissertação e tese.

ISSN 1809-3957

III. CONCLUSÃO

Nesse artigo foi apresentado um método para geração computacional de corpos de prova cilíndricos de concreto, simulando a distribuição aleatória de agregados na argamassa, de acordo com curvas granulométricas pré-definidas. Assim, as análises realizadas neste estudo preliminar têm por objetivo verificar a eficácia da geração desses corpos de provas com os agregados.

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, observa-se que o algoritmo descrito foi capaz de gerar corpos de prova cilíndricos contendo proporções maiores que 25% de agregados. Deste modo, esses resultados evidenciam a contribuição do método computacional para geração de corpos de prova cilíndricos de concreto, principalmente, ao se comparar aos algoritmos encontrados na literatura.

A partir dos resultados de corpos de provas gerados pelo método - apresentados na Figura 7 - e dos corpos de prova criados em laboratório (Figura 8 e Figura 9), observa-se uma boa aproximação da distribuição de agregados na argamassa.

Em continuidade deste estudo, pretende-se adaptar e avaliar o método apresentado aqui para trabalhar com modelos de corpo de prova tridimensionais.

IV. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer: CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico); UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora); FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S.; MOUNT, D. M.; NETANYAHU, N. S.; SILVERMAN, R.; WU, A. Y. **An optimal algorithm for approximate nearest neighbor searching fixed dimensions**. Journal of the ACM (JACM), v. 45, n. 6, pp. 891-923, 1998.

BONIFÁCIO, A.; MENDES, J.; BARBOSA, F.; FARAGE, M.; ORTOLA, S.; MOREIRA, F. **Numerical evaluation of lightweight aggregate concrete mechanical properties**. Architecture Civil Engineering Environment, v. 8, n. 3, pp. 45-50, 2015.

BONIFÁCIO, A. L.; BARBOSA, C. D. B.; BARBOSA, F. D. S.; FARAGE, M. C. R. **Three-dimensional numerical simulation of lightweight aggregate compressive strength using many-task computing**. In: Sodebras, v. 12, n. 135, pp. 125-129, 2017.

BONIFÁCIO, A. L. **Estratégia computacional para avaliação de propriedades mecânicas de concreto de agregado leve**. Tese [Doutorado em Modelagem Computacional] - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

DE LARRARD, F. **Concrete mixture proportioning: a scientific approach**. CRC Press, 1999.

DE LARRARD, F.; SEDRAN, T. **Mixture-proportioning of high-performance concrete**. Cement and concrete research, v. 32, n. 11, pp. 1699-1704, 2002.

DILLI, M. E.; ATAHAN, H. N.; ŞENGÜL, C. **A comparison of strength and elastic properties between conventional and lightweight structural concretes designed with expanded clay aggregates**. Construction and Building Materials, v. 101, p. 260-267, 2015.

DOWSLAND, K. A.; DOWSLAND, W. B.; **Packing problems**. European Journal of Operational Research, v. 56, n. 1, pp. 2-14, 1992.

DUBOIS, F.; JEAN, M.; RENOUF, M.; MOZUL, R.; MARTIN, A.; BAGNERIS, M. **Lmgc90**. In: 10e colloque national en calcul des structures , pp. Clé-USB, 2011.

GARCIA, P. H.; BASTOS, F. D. S.; FONSECA, L. G. D.; BONIFÁCIO, A. L.; FARAGE, M. R.; BEAUCOUR, A. L.; ORTOLA, S. **Determinação da resistência característica à compressão de agregados leves em concretos de agregados leves usando simulações de elementos finitos**. Mecánica Computacional, v. 34, n. 49, pp. 3309-3320, novembro 2016.

GARCIA, P. H.; DE SOUZA BASTOS, F.; DA FONSECA, L. G.; BONIFÁCIO, A. L.; FARAGE, M. C. R. **Metodologia computacional para a obtenção do módulo de elasticidade de agregados em concretos de agregados leves**. Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia-RIPE, v. 2, n. 18, pp. 342-354, 2017.

GARCIA, P. H. **Abordagem inversa para obtenção de propriedades mecânicas de agregados em concretos leves por meio de simulação computacional**. Dissertação [Mestrado em Modelagem Computacional] - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.

KE, Y. **Caractérisation du comportement mécanique des bétons de granulats légers: expérience et modélisation**. Tese, Cergy-Pontoise, 2008.

KE, Y.; ORTOLA, S.; BEAUCOUR, A. L.; DUMONTET, H. **Micro-stress analysis and identification of lightweight aggregate's failure strength by micromechanical modeling**. Mechanics of Materials, v. 68, p. 176-192, 2014.

TEHRANI, F. F.; ABSI, J.; ALLOU, F.; PETIT, C. **Heterogeneous numerical modeling of asphalt concrete through use of a biphasic approach: porous matrix/inclusions**. Computational Materials Science, v. 69, pp. 186-196, 2013.

VI. COPYRIGHT

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO E À RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CONCRETOS

RELATIONSHIP BETWEEN THE SCLEROMETRIC INDEX AND THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETES

GUILHERME ALMEIDA FELIX DA SILVA[1]; ISABELLA TROVATO BOTELHO[1]; JÚLIA PAVEL DIAS[1]; LEONARDO GOLIATT DA FONSECA[1]; MICHÈLE CRISTINA RESENDE FARAGE[1]; THAIS MAYRA DE OLIVEIRA[1]; ALDEMON LAGE BONIFACIO[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (CAMPUS JUIZ DE FORA)

guilherme.felix@engenharia.ufjf.br; isabella.trovato@engenharia.ufjf.br; julia.pavel@engenharia.ufjf.br; leonardo.goliatt@ufjf.edu.br; michele.farage@ufjf.edu.br; thais.mayra@ufjf.edu.br; aldemon.bonifacio@engenharia.ufjf.br

Resumo – Os testes não destrutivos (TND) constituem uma alternativa para análises qualitativas de estruturas de concreto. O número de avaliações nessas estruturas por meio TND têm crescido cada vez mais, e a esclerometria tem sido o teste mais solicitado por sua rapidez e simplicidade de operação. Porém, o equipamento utilizado, conhecido como esclerômetro de Schmidt, possui curvas de correlação entre o índice esclerométrico e resistência à compressão que não foram construídas considerando as normas brasileiras. Este trabalho apresenta curvas de correlação do índice esclerométrico com resistência à compressão, para três ângulos de posicionamento do equipamento em concretos com variadas classes de resistência. Após uma análise estatística da qualidade dos dados, observou-se uma relação fortemente linear entre as grandezas apresentadas, além de uma influência significativa da direção do aparelho.

Palavras-chave: Esclerometria. Resistência à compressão. Curvas de correlação.

Abstract – Non-destructive testing (NDT) is an alternative for the qualitative analysis of concrete structures. The number of evaluations in concrete structures by NDT has been increasing, with sclerometry being the most requested test due to its speed and simplicity of operation. However, the equipment used, known as a Schmidt sclerometer, has correlation curves between the sclerometric index and compressive strength that were not constructed considering as Brazilian standard. This work presents correlation curves of the sclerometric index with compressive strength, for three positioning angle of the equipment in concretes with various resistance classes. After a statistical analysis of data quality, a strongly linear relationship was observed between the presented values, besides a significant influence of the direction of the apparatus.

Keywords: Sclerometry. Compressive strength. Correlation curves.

I. INTRODUÇÃO

Os testes não destrutivos (TND) tornaram-se ferramentas indispensáveis na avaliação e no controle de qualidade de elementos construtivos com desempenho estrutural. Sua aceitação é crescente, visto que a peça estrutural a ser avaliada não sofre dano algum ou pequenos danos facilmente reparáveis, que não comprometem o seu desempenho, permitindo assim uma investigação mais ampla do concreto da estrutura (MACHADO; SHEHATA e SHEHATA, 2009).

A utilização dessa modalidade de testes no canteiro de obras permite avaliar as condições dos elementos estruturais, bem como verificar a qualidade do processo de execução de uma estrutura, auxiliando assim, na avaliação de danos e contribuindo com o controle de qualidade (INSTITUTION, 1986).

O esclerômetro é um equipamento que mede de forma não destrutiva as propriedades mecânicas do concreto. Existem muitas variedades deste equipamento, e os resultados obtidos variam conforme o fabricante, modelo ou mesmo a região em que o teste é realizado. Em geral, o resultado fornecido pelo esclerômetro é uma grandeza escalar denominada índice esclerométrico que, a partir de curva ou expressões específicas, obtidas por calibração, fornecem estimativas para a resistência à compressão (f_c) do material. O uso de tais expressões, no entanto, não é recomendado, pois não foram formuladas para as normas nacionais, o que pode gerar erros consideráveis nas medições (EVANGELISTA, 2002).

O presente trabalho propõe a construção de modelos de correlação entre a resistência à compressão e índice esclerométrico em função da posição do esclerômetro. Tendo em vista a adequação das curvas de calibração do aparelho às normas brasileiras, são apresentadas três curvas de correlação entre índice esclerométrico e resistência à compressão para diferentes classes de concretos.

II. PROCEDIMENTOS

2.1 – O teste de dureza superficial

Conhecido como esclerometria, este teste não destrutivo baseia-se no princípio da reflexão de uma massa com propriedades elásticas. Certo impacto é aplicado em um ponto da estrutura, que devolve este impacto com uma ordem de grandeza menor, devido ao armazenamento de energia na estrutura, que é função do módulo da elasticidade do material. No Brasil, o procedimento para execução desse teste é estabelecido na NBR 7584:2012.

ISSN 1809-3957

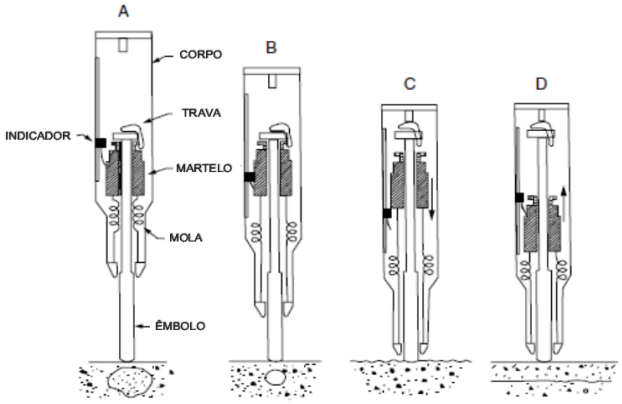
O aparelho utilizado no teste foi idealizado pelo engenheiro suíço Ernst Schmidt - por isso também é conhecido como esclerômetro de Schmidt. Hoje em dia seu uso é muito difundido: estima-se que até 1986 já haviam sido vendidos em torno de cinquenta mil esclerômetros. Existem quatro diferentes modelos de esclerômetros, que se diferenciam basicamente pelo tamanho e podem ser utilizados para diferentes situações (MALHOTRA E CARINO, 2003).

O esclerômetro mede essencialmente a dureza da superfície. O método é baseado no princípio do rebote, em que uma mola alongada, ao retornar para a posição de equilíbrio, faz com que um martelo com uma determinada massa se mova, chocando-se contra a superfície de um objeto com massa muito maior. Após o impacto a deformação da mola é medida através de extensômetros, presentes no interior do aparelho. A deformação medida fornece o índice esclerométrico, que é mostrado no aparelho. Com este índice podem ser feitas correlações empíricas com ensaios de compressão.

O teste de esclerometria possui outras aplicações além da medida quantitativa da resistência mecânica do concreto. De acordo com Castro et al. (2009), o teste ainda é útil para avaliação da uniformidade da resistência mecânica, com danos muito pequenos aos elementos estruturais, podendo ser comparadas diferentes regiões de uma estrutura. É possível também estimar a evolução da resistência para prosseguimento das obras, peças pré-moldadas, aplicação de carregamentos em estruturas recém-executadas ou recém-descimbradas, além da verificação da resistência às cargas de serviço em estruturas deterioradas.

A Figura 1, conforme Malhotra e Carino (2003), mostra a visão esquemática da utilização de um esclerômetro.

Figura 1 - Visão Esquemática do uso de um esclerômetro (A – Instrumento pronto para o teste; B – Corpo impulsionado em direção ao objeto de teste; C – O martelo é solto; D – O martelo sofre reflexão).



Fonte: Adaptado de Malhotra e Carino (2003).

Observa-se, como vantagens, que a esclerometria é um teste que praticamente não causa danos à estrutura, apenas marcas superficiais podem ocorrer quando o concreto tem baixa idade ou apresenta baixa resistência. Apresenta custo relativamente baixo, além da facilidade de manuseio e utilização, pois o aparelho é leve e simples (NEVILLE, 2015).

2.2 – Obtenção do Conjunto de Dados Experimentais

Para a realização dos testes das dosagens para cada classe de concreto (C20 a C50, com variações de 5 em 5 MPa) foram moldados corpos de prova cilíndricos. Os materiais utilizados na pesquisa foram caracterizados através de ensaios padronizados conforme com o objetivo de obter concretos de resistência à compressão os mais próximos possíveis da resistência característica especificada (f_{ck}). O objetivo é obter curvas representativas para cada classe a fim de correlacionar estes resultados com o índice esclerométrico, obtido através do teste de dureza superficial (esclerometria). Definidas as dosagens, foram moldados inicialmente 77 corpos de prova (11 por classe) para verificar as dosagens. Após essa etapa foram moldados corpos de prova cilíndricos de concreto de 100 x 200 mm de acordo com a NBR 5738 (2015), para cada uma das sete classes de resistência, totalizando 445 corpos de prova. Os corpos de prova de cada classe foram moldados em única betonada, com o propósito de apresentarem menor variabilidade possível. Após 3 dias de moldagem, os corpos de prova foram retirados das formas e submetidos a um processo de regularização e retificação de sua superfície, de forma a garantir uma superfície lisa e livre de ondulações e abaulamentos, posteriormente deixados submersos em câmara úmida. Aos 28 dias de idade foram realizados os testes de esclerometria e posterior rompimento para verificação da resistência à compressão. Os corpos de prova podem ser considerados suficientemente rígidos, capazes de evitar a interferência de fenômenos de ressonância, vibração e dissipação de energia no resultado.

Os corpos de prova de cada traço foram divididos em 3 grupos. No primeiro grupo o esclerômetro estava posicionado na posição horizontal (→, H), no segundo na vertical para baixo (↓, V) e no terceiro na vertical para cima (↑, A). Em todos os casos houve necessidade de travamento dos corpos de prova para evitar deslocamento no ato do impacto. O projeto experimental foi desenvolvido no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Para cada faixa de f_{ck} foram desprezados todos os índices esclerométricos individuais afastados em mais de 10% do valor médio obtido para a faixa. Após a realização desse procedimento 9 corpos de prova foram descartados do conjunto original de 445 amostras, resultando em um conjunto de teste com 436 amostras. O número de corpos de prova por faixa de f_{ck} e por posição de teste do esclerômetro são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Número total de corpos de prova para cada faixa de f_{ck} por direção

f_{ck}	Número de corpos de prova	A	H	V
20	69	22	24	23
25	54	17	19	18
30	57	17	21	19
35	52	18	14	20
40	72	26	24	22
45	63	17	21	25
50	69	26	21	22

2.3 – Análise dos Dados Experimentais

O conjunto de dados foi tratado utilizando testes para distribuição Normal e de Student e como medida da qualidade da correlação foram usados coeficiente de correlação Pearson e Análise de Variância (ANOVA) (FIGUEIREDO FILHO E SILVA JUNIOR, 2010). A análise e a validação das curvas encontradas foram feitas

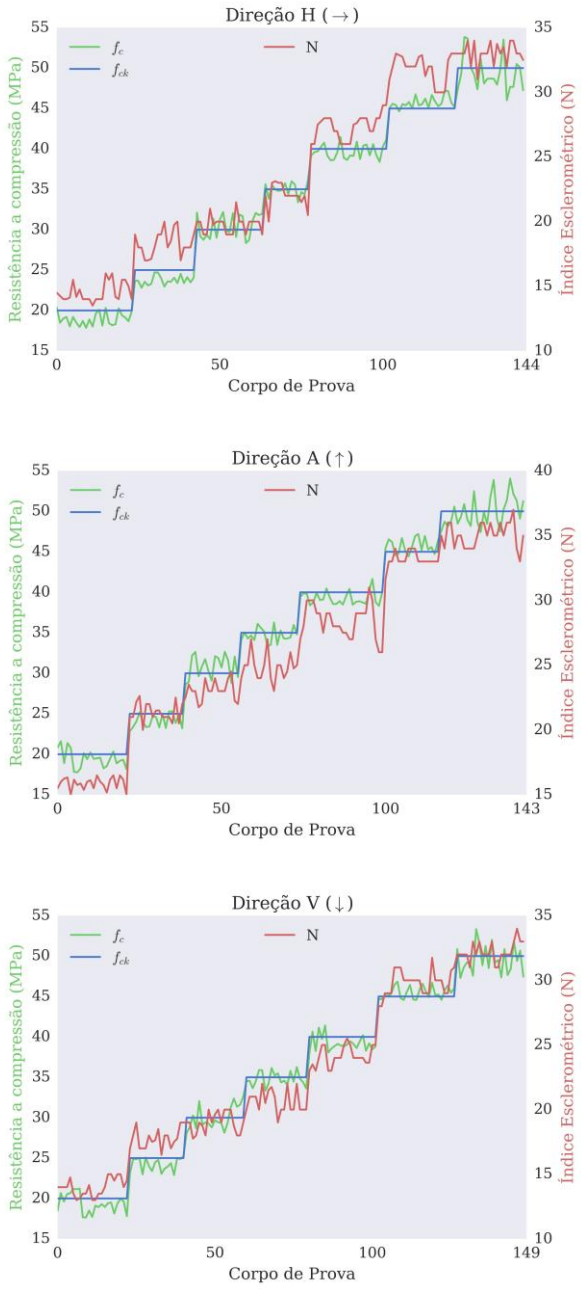
ISSN 1809-3957

usando a linguagem de programação python, usando os pacotes numpy, scipy e pandas para o processamento numérico e estatístico dos dados e o pacote seaborn para a geração dos gráficos.

III. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta um resumo gráfico do conjunto de dados obtidos por cada direção analisada. As faixas de f_{ck} aparecem em azul e os valores de resistência à compressão obtidos com o ensaio de compressão uniaxial são mostrados em verde.

Figura 2 – Resumo gráfico do conjunto de dados por cada direção analisada.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

A variação da resistência à compressão pode ser observada no eixo vertical à esquerda de cada figura. O eixo vertical à direita apresenta a variação do índice esclerométrico, indicado por N e representado em vermelho nas Figuras. Observa-se nos gráficos da Fig. 2 que a o aumento progressivo da resistência à compressão nas diferentes faixas f_{ck} é acompanhada pelo aumento do índice esclerométrico para cada uma das três direções analisadas.

Entretanto, a partir das figuras nota-se que, enquanto a resistência à compressão varia na faixa entre aproximadamente 20 e 50 MPa, os valores de índice esclerométrico variam aproximadamente entre 12 e 35.

Figura 3 – Resumo gráfico dos valores de índice esclerométrico obtidos durante dos testes.

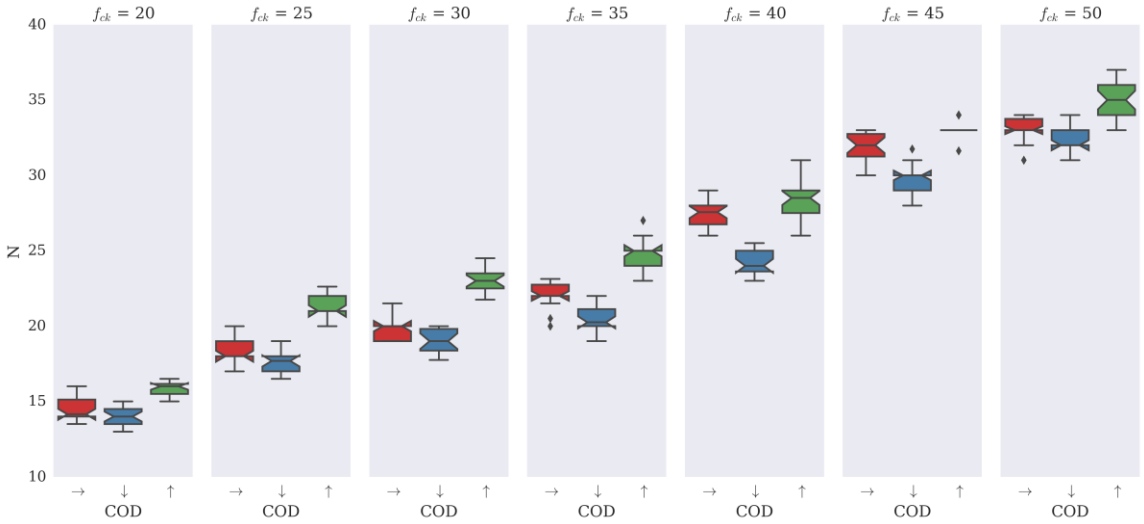
Fonte: Elaboração própria, 2017.

A Figura 3 mostra a comparação dos valores do índice esclerométrico em função da direção na qual foi realizado o impacto. Observa-se que, comparativamente, o valor do índice esclerométrico é maior quando o instrumento é posicionado de baixo para cima (↑, A) e menor quando o instrumento é posicionado de cima para baixo (↓, V). Valores intermediários são obtidos quando o instrumento é posicionado na horizontal (→, H). Estes resultados indicam uma potencial dependência entre o índice esclerométrico e a posição do aparelho, a ser verificada mais adiante. Tal comportamento pode também ser verificado na Fig. 4, onde são mostradas boxplots dos valores de índice esclerométrico em função da faixa de f_{ck} e da direção de disparo. O gráfico boxplot evidencia a distribuição dos dados, ao contrário da disposição de valores individuais da Fig. 3, o que permite comparar os valores de mediana e os intervalos interquartis e eventuais pontos fora dos intervalos interquartis (outliers).

De acordo com a Fig. 4, em todas as faixas de f_{ck} observa-se que a distribuição dos valores na posição (↑, A) apresenta maiores índices esclerométricos que na posição (↓, V). Em comparação com os ensaios de compressão uniaxial, tal fato não é significativo para obtenção das resistências à compressão do concreto, uma vez que não há variação no posicionamento do equipamento no corpo de prova para este teste. Ao observar o diagrama da Fig. 4 nota-se que os valores médios do índice esclerométrico N aumentam de acordo com o aumento das faixas de f_{ck}, sugerindo um comportamento linear. Ainda, as direções apresentam médias distintas entre si, sendo que a direção (↑, A) apresenta o valor mais elevado, seguido da direção (→, H) e (↓, V).

ISSN 1809-3957

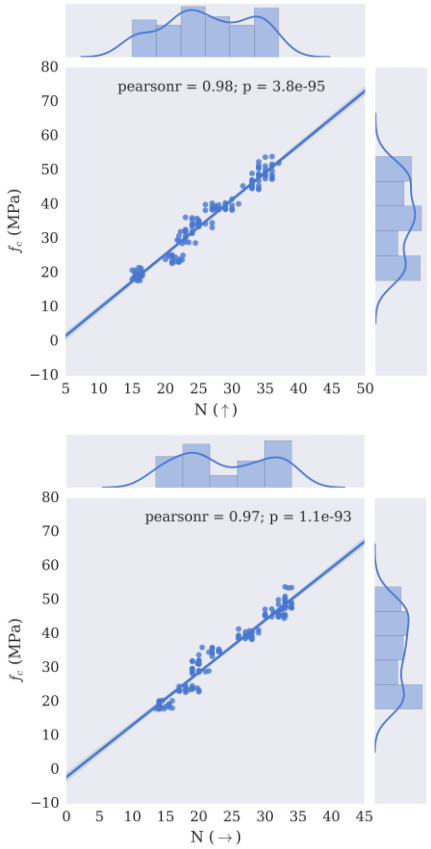
Figura 4 – Diagrama para cada valor de f_{ck} mostrando a distribuição dos valores do índice esclerométrico (N) em função da direção em que foi realizada o teste.

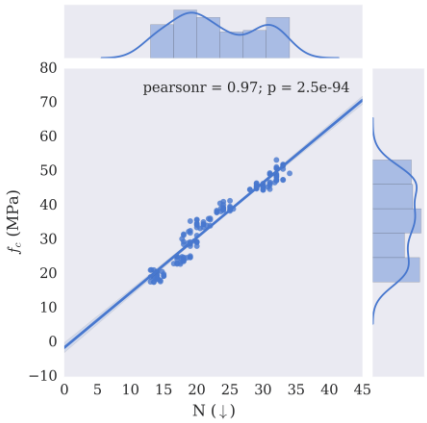


Fonte: Elaboração própria, 2017.

Para verificar o comportamento linear da relação entre o índice esclerométrico N e a resistência à compressão f_c em função da direção de disparo, os dados coletados foram dispostos em um gráfico de dispersão e um procedimento de regressão linear foi aplicado. Os resultados podem ser vistos na Fig. 5, que mostra também as distribuições da resistência a compressão e do índice esclerométrico. A partir dos resultados tem-se reforçada a linearidade da relação entre as grandezas envolvidas. O Coeficiente de Pearson foi calculado para cada direção: os valores encontrados foram R = 0,98 para a direção vertical para cima (↑, A) e R = 0,97 para as direções horizontal (→, H) e vertical para baixo (↓, V) o que indica uma forte linearidade entre N e f_c.

Figura 5 - Diagramas relacionando o índice esclerométrico N e a resistência à compressão f_c em função da direção de disparo.





Fonte: Elaboração própria, 2017.

A Tabela 2 apresenta os valores dos intervalos de confiança para cada classe de f_{ck} juntamente com o teste de normalidade para a distribuição dos índices esclerométricos. Na tabela a primeira coluna indica a faixa de f_{ck}, a segunda coluna apresenta a direção de disparo, a terceira coluna mostra o *p*-valor associado à análise de normalidade, a quarta coluna indica a verificação da hipótese nula. O intervalo de confiança é mostrado na última coluna, onde a primeira e o terceira entrada indicam respectivamente o valor mínimo e máximo do intervalo de confiança; o valor intermediário indica a média do os índices esclerométricos. Nos testes de normalidade foi considerada como hipótese nula que as medidas índice esclerométrico tomadas em diferentes direções foram retirados de uma população com distribuição normal em cada faixa de f_{ck}.

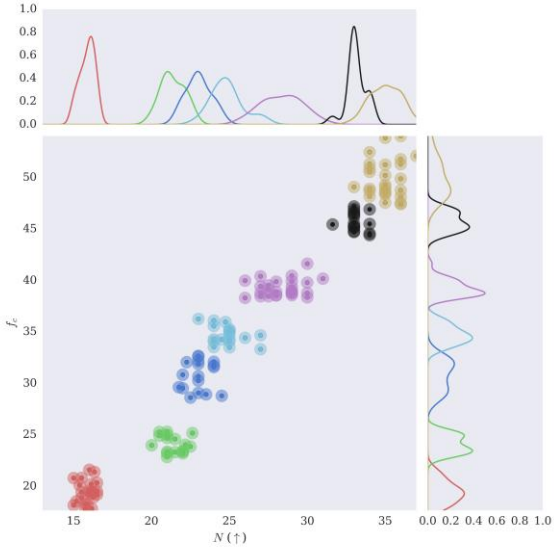
ISSN 1809-3957

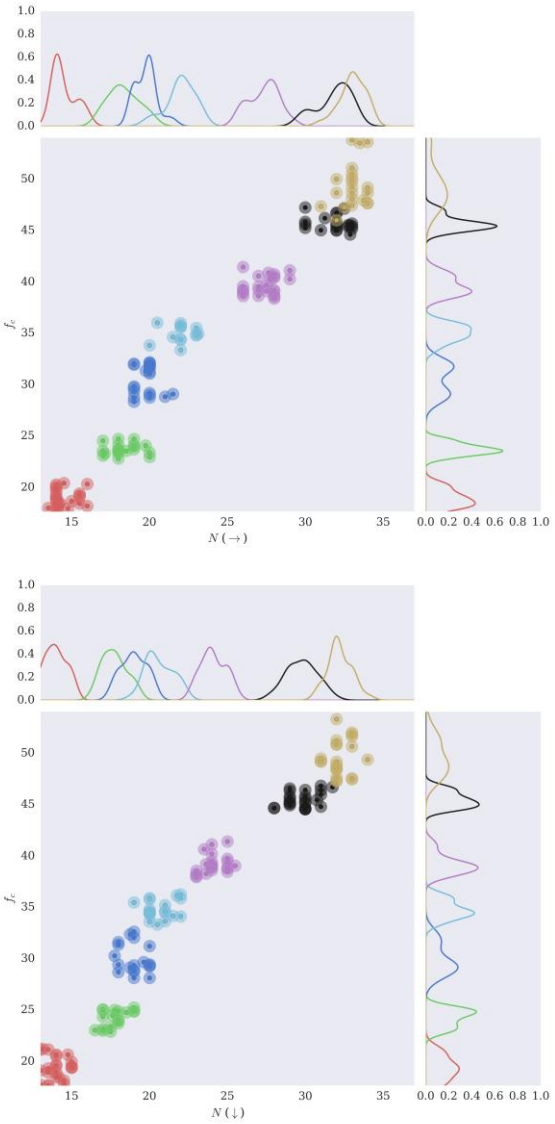
Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) e intervalos de confiança para avaliar a influência da posição do esclerômetro. A hipótese nula é que a direção não interfere nos resultados.

f_{ck}	Dir.	p	H=H$_0$	Intervalo de Confiança
20	↑	0.27328	True	[13.321, 13.980, 14.639]
20	→	0.13706	True	[13.795, 14.519, 15.243]
20	↓	0.41309	True	[15.413, 15.869, 16.325]
25	↑	0.57986	True	[17.001, 17.743, 18.485]
25	→	0.62011	True	[17.397, 18.336, 19.275]
25	↓	0.73095	True	[20.650, 21.370, 22.091]
30	↑	0.25903	True	[18.234, 18.993, 19.753]
30	→	0.23109	True	[19.114, 19.774, 20.433]
30	↓	0.84707	True	[22.272, 23.029, 23.787]
35	↑	0.49820	True	[19.793, 20.637, 21.482]
35	→	0.22623	True	[21.137, 22.009, 22.881]
35	↓	0.22849	True	[23.856, 24.847, 25.839]
40	↑	0.35904	True	[23.351, 24.102, 24.853]
40	→	0.47592	True	[26.429, 27.349, 28.269]
40	↓	0.78753	True	[27.097, 28.365, 29.634]
45	↑	0.90596	True	[28.838, 29.780, 30.722]
45	→	0.22216	True	[30.815, 31.857, 32.899]
45	↓	0.15897	True	[32.590, 33.154, 33.719]
50	↑	0.68414	True	[31.497, 32.227, 32.958]
50	→	0.25003	True	[32.252, 33.036, 33.819]
50	↓	0.82687	True	[34.104, 35.038, 35.973]

A Figura 6 apresenta os diagramas de dispersão e funções de densidade marginal estimada para a relação entre o índice esclerométrico N e a resistência à compressão em função dos das faixas de f_{ck}. Na Figura 6, cada ponto é representado por um resultado experimental da resistência à compressão e o correspondente índice esclerométrico. Observa-se que, independente da direção analisada, os resultados experimentais e os resultados do índice esclerométrico apresentam-se agrupados de acordo com os valores de f_{ck} e que os agrupamentos aparecem melhor distribuídos para os valores menores de f_{ck}. Além disso, a interseção entre os agrupamentos aumenta à medida aumentam os valores de fck. Esta observação pode ser comprovada pela interseção entre as curvas de densidade marginal para a resistência à compressão (no horizontal) e o índice esclerométrico (na vertical) nos diagramas para cada direção.

Figura 6 – Diagrama relacionando distribuição de densidade marginal para cada direção.





Fonte: Elaboração própria, 2017.

A Tab. 3 apresenta os valores para análise de variância, na qual foi considerado como hipótese nula as médias populacionais serem iguais, ou seja, as médias para os valores de f_{ck} (em cada faixa) serem os mesmos para as medidas tomadas em diferentes direções. Os resultados indicam rejeição à hipótese nula, o que implica que as diferenças observadas nas médias das medidas feitas em diferentes direções possuem diferenças significativas. Essas diferenças podem ser explicadas pela influência da gravidade sobre a força da mola do esclerômetro e possuem valores relevantes – sendo assim, não podem ser desprezados. Vale ressaltar que a leitura feita com o equipamento na horizontal (→, H) é a que fornece os resultados de f_c mais aproximados da média por ser a posição menos influenciada pela gravidade.

Tabela 3 - Análise de Variância

f_{ck}	p	H=H$_0$
20	4.01555e-14	False
25	8.32413e-18	False
30	1.70991e-22	False
35	7.94991e-18	False
40	1.00968e-21	False
45	1.12717e-16	False
50	4.75607e-17	False

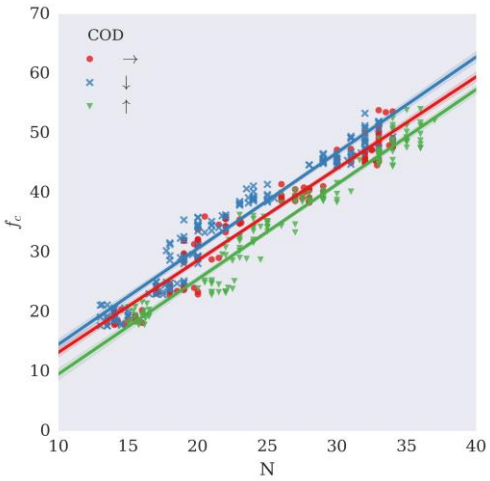
ISSN 1809-3957

Os modelos de regressão linear da forma $f_c = aN + b$ para o Índice Esclerométrico em função de cada uma das direções estão apresentados na Tabela 4. A coluna EMQ indica o erro médio quadrático, a coluna R indica o coeficiente de correlação de Pearson e a coluna p indica o valor p associado ao modelo de regressão. O mesmo dado é constatado e melhor observado através da Fig.7, que apresenta a comparação gráfica dos modelos de regressão linear para o Índice Esclerométrico em função de cada uma das direções, diferenciadas por cores. Pode-se comparar as linhas de tendência obtidas para cada direção, que respeitam uma certa distância entre si.

Tabela 4 – Coeficientes dos modelos de regressão linear da forma $f_c = aN + b$ para o Índice Esclerométrico em função de cada uma das direções.

Dir.	*a*	*b*	EMQ	R	*p*
V	1.6045	-1.4504	0.0335	0.968	0
H	1.5403	-2.1899	0.0305	0.973	0
A	1.5887	-6.1778	0.0299	0.976	0

Figura 7 – Comparação dos modelos de regressão para o Índice Esclerométrico em função da de cada uma das direções



Fonte: Elaboração própria, 2017.

IV. CONCLUSÃO

Ao se analisar os resultados obtidos, bem como as figuras e tabelas apresentadas, pode-se concluir que a relação entre o índice fornecido pelo esclerômetro e a resistência à compressão de cada corpo de prova é fortemente linear. Esta constatação é confirmada através dos modelos de regressão linear. Porém, é importante ressaltar que a direção na qual se posiciona o equipamento para realizar a leitura tem influência no seu resultado, de forma que a leitura que mais se aproxima valor do f_c é obtida pela leitura na direção (H), devido à uma menor atuação da força da gravidade. Vale salientar que a relação encontrada é válida somente para o esclerômetro e para os concretos usados nos testes.

Sendo assim, o esclerômetro mostrou-se uma ferramenta eficiente para avaliação da resistência à compressão do concreto no teste em questão. Destaca-se, a importância do esclerômetro para a realização de testes em estruturas de concreto, visto que é possível averiguar suas propriedades mecânicas sem ser necessário a extração de uma amostra ou sua destruição.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** – Concreto, Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584** – Concreto endurecido, Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 2012.

CASTRO, A.L.; ÂNGULO, S.C.; BILESKY, P.C.; SANTOS, R.F.C.; HAMASSAKI, L.T. e SILVA, E., 2009. **Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto.** Revista de Tecnologia da Construção - Téchne (São Paulo), v. 17, pp. 56-60.

EVANGELISTA, A.C.J., 2002. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** Tese (Doutorado), UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

FIGUEIREDO FILHO, D.B. e SILVA JUNIOR, J.A., 2010. **"Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r)".** Revista Política Hoje, Vol. 18, No. 1.

INSTITUTION, B.S., 1986. **Guide to the use of nondestructive methods of test for hardened concrete.** London.

MACHADO, M.D.; SHEHATA L.C.D.; SHEHATA, I.A.E.M., 2009. **Curvas de Correlação para Caracterizar Concretos Usados no Rio de Janeiro por Meio de Ensaios Não Destrutivos.** Revista IBRACON Estrut. Mater. [Online]. vol.2, n.2, Junho/2009, pp.100-123. Disponível em: <http://www.revistas.ibracon.org.br/index.php/riem/article/view/50/58>. Acesso em 11 de maio de 2017.

MALHOTRA, V.M. e CARINO, N.J., 2003. **Handbook on Nondestructive Testing of Concrete Second Edition.** CRC press.

NEVILLE, A.M., 2015. **Propriedades do Concreto-5a Edição.** Bookman Editora.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO PARA O CÁLCULO DA VAZÃO ECOLÓGICA NO RIO GUAPI-AÇU

USE OF THE WETED PERIMETER METHOD FOR THE CALCULATION OF THE ECOLOGICAL FLOW IN THE GUAPI-AÇU RIVER

CARLOS EDUARDO VERAS DA CUNHA SALGADO[1]; AMANDA CARNEIRO MARQUES[1];
MÔNICA DE AQUINO GALEANO MASSERA DA HORA[1]
1 –UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF
cveras@id.uff.br; amandam@id.uff.br; dahora@vm.uff.br

Resumo – O presente estudo tem como objetivo aplicar o Método do Perímetro Molhado para avaliação da vazão ecológica no rio Guapi-Açu, localizado na porção leste da bacia contribuinte à Baía de Guanabara. A vazão ecológica de um rio pode ser definida como a quantidade de água que deve permanecer no mesmo para sustentar a vida aquática. O Método do Perímetro Molhado baseia-se na existência de uma relação entre o perímetro molhado em uma dada seção do rio com a disponibilidade de habitats para a determinação da vazão ecológica. Após definição da seção representativa do rio, outros parâmetros hidráulicos foram determinados e o gráfico do Método do Perímetro Molhado foi traçado para determinação da vazão ecológica. O valor encontrado de 1,1 m³/s para a vazão ecológica foi considerado satisfatório e situa-se abaixo do valor de 1,6 m³/s definido como vazão máxima outorgável pelo órgão ambiental do estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Perímetro molhado. Vazão. Recursos hídricos.

Abstract - The present study aims to apply the Wetted Perimeter Method to assess the environmental flow in the Guapi-Açu River, located at the eastern portion of the basin that contributes to Guanabara Bay. The environmental flow of a river can be briefly defined as the amount of water that must remain in it to sustain aquatic life. The Wetted Perimeter Method is based on a relationship between the wetted perimeter in a given cross section with habitat availability to determine the environmental flow. After defining the section that better represents the river, other hydraulic parameters were determined and the Wet Perimeter Method graph was plotted to determine the environmental flow. The identified value of 1.1 m³/s for the environmental flow was considered satisfactory and is below 1.6 m³/s, which is stipulated as maximum allowable flow by the environmental agency of the state of Rio de Janeiro..

Keywords: Wetted perimeter. Discharge. Water resources.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com Tharme (2003), o conceito de vazão ecológica pode ser definido como a parte da vazão original que deve ser mantida no corpo hídrico com o intuito de preservar importantes aspectos do ecossistema. Apesar da sua importância e do desenvolvimento de métodos cada vez mais sofisticados para avaliação da vazão ecológica, alguns aspectos, porém, ainda não bem definidos na consideração do cálculo, como por exemplo, a análise das necessidades hídricas humanas.

As metodologias para quantificação da vazão ecológica estão divididas em 4 categorias: métodos hidráulicos, métodos hidrológicos, métodos de classificação de habitats e métodos holísticos (THARME, 2003). Cada uma destas categorias leva em consideração diferentes aspectos do sistema onde o rio está inserido ou realizam uma análise multidisciplinar das relações entre diferentes características do sistema (MANN, 2006). Dependendo do propósito e das condições do estudo a ser realizado, certas metodologias são mais indicadas.

O método do perímetro molhado está inserido no grupo das metodologias hidráulicas (THARME, 2003), e baseia-se na existência de uma relação entre o perímetro molhado em uma dada seção do rio com a disponibilidade de habitats para a determinação da vazão ecológica (BAPTISTA & HORA, 2013).

O presente estudo aplicou o método do perímetro molhado para a determinação da vazão ecológica no rio Guapi-Açu, localizado na porção leste da bacia contribuinte à Baía de Guanabara.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

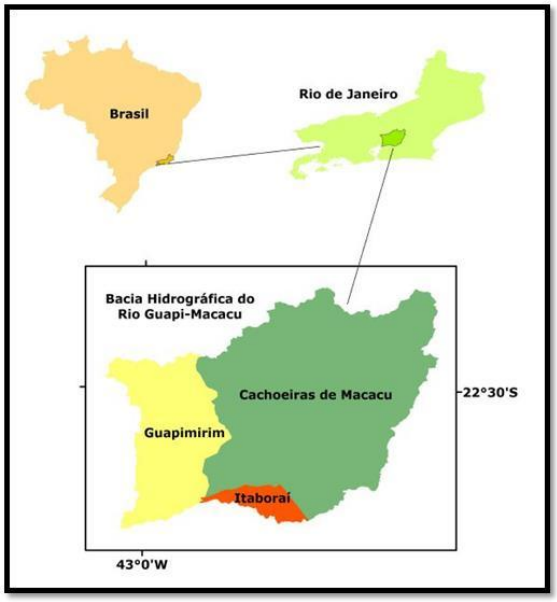
2.1 – Caracterização da Bacia do Rio Guapi-Açu

A bacia do rio Guapi-Açu está inserida na bacia do rio Macacu, podendo ser considerada uma sub-bacia desta (FINOTTI *et al*., 2012). Da confluência destes dois rios, passa a receber a denominação de Guapi-Macacu. A bacia é responsável pelo abastecimento de água de cerca de 2,5 milhões de habitantes dos municípios de Niterói, São Gonçalo, Ilha de Paquetá e parte de Itaboraí, sua importância vai muito além do aspecto social, visto que diversas indústrias derivam água desta bacia (COSTA, 2009).

O rio Macacu drena parte das escarpas da Serra do Mar, assim como seus afluentes pela margem direita, os rios Guapi-Açu e Guapimirim. O rio Guapi-Açu, por sua vez, possui como afluentes os rios Orindiaçu (ou Paraíso) e Iconha, pela margem direita; e o rio Rabelo, pela margem esquerda (SEA, 2015). A Figura 1 ilustra a localização da bacia.

ISSN 1809-3957

Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Guapi-Macacu.



Fonte: Embrapa, 2011.

Em relação à qualidade das águas, os rios da bacia do Guapi-Macacu enquadram-se majoritariamente na Classe 2 (SEA, 2015). De acordo com o Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara foram analisados, no período de 1995 a 1999, os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD) e Coliformes Fecais coletados na bacia do Guapi-Macacu e relacionados na Tabela 1 (SEA, 2015).

Tabela 1 – Estatística das Causas de Ruptura de Barragens

Rio	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	Coli Fecais (NMP/mL)
Guapi-Açu	2.0	4.7*	24000*
Guapi-Açu	2.0	6.4	24000*
Macacu	<2.0	8.0	50000*
Padrão Classe 2	<5 mg/L	>5 mg/L	<1000

(*) Violação de classe, conforme resolução CONAMA 357/2005.

Fonte: SEA, 2015.

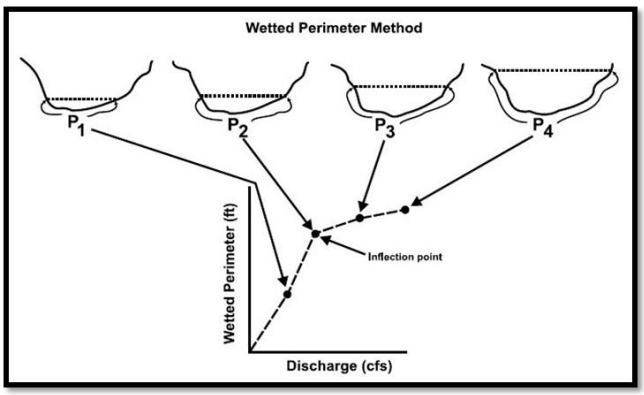
Os dados apresentados demonstram violações do padrão da Resolução CONAMA 357/2005 para o rio Guapi-Açu (OD e Coliformes Fecais) e para o rio Macacu (Coliformes Fecais), resultante da poluição por esgotos domésticos, principalmente. O resultado do estudo indica que ações para proteção dos mananciais pertencentes à bacia deveriam ser tomadas (SEA, 2015).

2.2 – Método do Perímetro Molhado

O perímetro molhado de um rio é definido como a largura do leito e margens em contato com a água, em uma dada seção transversal. Matematicamente, o perímetro molhado é a razão entra a área molhada e o raio hidráulico, que pode ser definido como o raio da circunferência de área igual à área molhada (SOUSA, 2010). O método do perímetro molhado baseia-se na relação diretamente proporcional entre o perímetro molhado e o habitat de peixes nos rios para quantificação da vazão ecológica do rio (LOHR, 1993).

Amplamente utilizado para a determinação das vazões ecológicas, este método é aplicado traçando um gráfico de vazão *versus* perímetro molhado, para determinar a vazão na qual o leito do rio está totalmente inundado. Tal gráfico geralmente possui um formato característico, sendo mais inclinado para baixas descargas e menos inclinado para vazões maiores, como explicitado na Figura 2. À medida que o canal se enche de água, o perímetro molhado aumenta rapidamente a cada aumento de vazão. Quando a água avança sobre a parte inferior das margens, a taxa de aumento do perímetro molhado diminui significativamente (PARKER *et al*., 2004). Esta diminuição abrupta é chamada de ponto de quebra (‘break in slope’). Os pontos de quebra, onde a variação do perímetro molhado diminui, são utilizados para determinar a vazão requerida para a proteção dos habitats, ou seja, a vazão ecológica (GOPAL, 2013).

Figura 2 – Relação entre a vazão e o perímetro molhado



Fonte: GOPAL, 2013.

2.3 – Levantamento de dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de medições na estação fluviométrica código 59245005, localizada no rio Guapi-Açu, a montante da RJ-122, nas coordenadas 22°33’23,75”S e 42°50’26,01”W. Este posto hidrométrico foi instalado em 1° de julho de 2013, distando cerca de 1 km da RJ-122, sendo formado por 4 réguas linimétricas instaladas na margem direita (ROCHA, 2017).

Rocha (2017) buscou estabelecer uma relação entre o nível d´água e a vazão, também denominada de curva-chave, cota-vazão ou cota-descarga (JACCON e CUDO, 1989), expressa pela Equação (1):

$$Q = \alpha(h \pm h_0)^{\beta} \quad (1)$$

onde Q é a vazão (m³/s), α é a constante da função potência, h é a altura da superfície da água (m), h_0 altura estimada (m), e β é a inclinação da curva-chave.

Na Equação (1), a variável h_0 é desconhecida e representa o nível d’água para o qual a vazão é nula, ou seja, para o qual a velocidade do escoamento é nula. A curva-chave elaborada para o posto por Rocha (2017) está expressa na Equação (2):

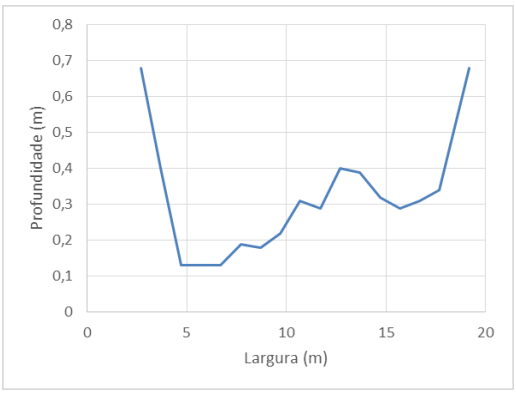
$$Q = 13{,}1422\ (h - 0{,}3771)^{0{,}9266} \quad (2)$$

De acordo com o autor, na seção transversal da estação fluviométrica foram realizados 40 levantamentos batimétricos em, aproximadamente, 6 meses de operação do posto, abrangendo o período de 01/07/2013 até 06/12/2013.

ISSN 1809-3957

A partir dos dados dos resumos de descarga foi possível identificar a seção crítica, ou seja, aquela na qual a medição de campo resultou na menor vazão, observada em 18/09/2013 e igual a 3,39 m³/s. Esta seção está detalhada na Figura 3.

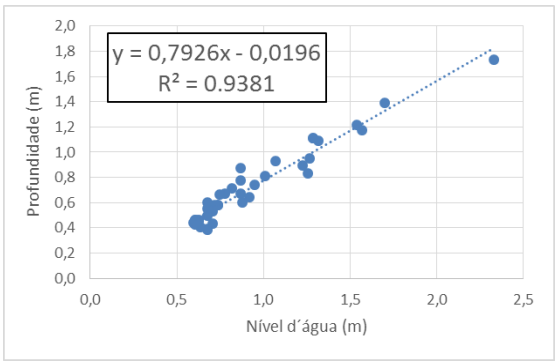
Figura 3 - Seção representativa da vazão ecológica



Fonte: Autores

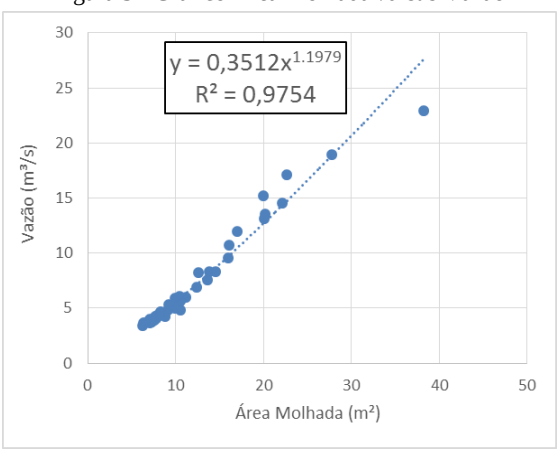
Dos dados dos resumos de descarga foram plotados dois gráficos, a saber: profundidade média da seção (P) *versus* nível d´água (NA), Figura 4, e área molhada da seção (AM) com a vazão (Q), Figura 5. A qualidade da relação encontrada foi avaliada a partir do coeficiente de determinação (r^2), que varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto a equação consegue explicar os valores observados.

Figura 4 - Gráfico Profundidade Média *versus* Nível d´água



Fonte: Autores

Figura 5 - Gráfico Área Molhada *versus* Vazão



Fonte: Autores

Da Equação (2), verifica-se que ho é igual a 0,3771 m, o que corresponde a uma profundidade média de 0,292 m, substituindo na equação da Figura 4. Este valor representa a menor profundidade na seção transversal da Figura 3, abaixo do qual a vazão é nula.

A seção da Figura 3 foi desenhada em AutoCAD e para cada profundidade, variando entre 0,29 e 0,68 m, o *software* fornece a área molhada e o perímetro molhado (PM) da seção. A área molhada obtida no AutoCAD, foi igual a 6,26 m^2, corresponde ao mesmo valor do levantamento batimétrico do dia 18/09/2013 da medição de descarga, portanto, a representação gráfica no *software* pode ser considerada representativa da seção.

A partir da equação definida na Figura 5, foram estimadas as vazões correspondentes para cada área molhada. A Tabela 2 resume os resultados encontrados.

Tabela 2 – Parâmetros hidráulicos da seção obtidos

NA (m)	P (m)	AM (m²)	PM (m)	Q* (m³/s)	Q Curva-Chave (m³/s)	Diferença (%)
0,68	0,54	6,26	16,63	3,16	4,61	31%
0,65	0,50	5,44	16,22	2,67	3,95	32%
0,60	0,46	4,64	15,81	2,21	3,27	33%
0,55	0,42	3,87	15,39	1,78	2,59	31%
0,50	0,38	3,11	14,98	1,37	1,89	27%
0,45	0,34	2,38	14,57	0,99	1,16	15%
0,40	0,30	1,68	12,83	0,65	0,40	-64%
0,38	0,28	1,37	11,89	0,00	0,00	-

* Vazão estimada a partir da relação Vazão *versus* Área Molhada (Figura 5).

É importante ressaltar que ao comparar a vazão calculada pela equação da Figura 5 (3,16 m³/s) com a vazão medida *in situ* (3,39 m³/s), a diferença percentual encontrada foi de 6,8%. Já quando a vazão medida é comparada com a vazão obtida pela curva-chave, a diferença percentual atinge o valor de 36%. Isto permite inferir que, para o local em estudo, a relação mostrada na Figura 5 é mais indicada para a estimativa da vazão ecológica.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de perímetro molhado obtido com o AutoCAD e os dados calculados de vazão, foi possível traçar o gráfico Perímetro Molhado *versus* Vazão necessário para aplicação do Método do Perímetro Molhado. A Figura 6 apresenta o gráfico requerido pelo método.

De acordo com o método, a vazão ecológica pode ser determinada a partir do primeiro ponto de inflexão no gráfico, isto é, para o ponto em que há a primeira mudança de inclinação na curva.

Analisando a Figura 6 pode-se perceber que este primeiro ponto ocorre perto do valor de perímetro molhado igual a 13 m, correspondendo a uma vazão ecológica de aproximadamente 0,7 m³/s.

Com o intuito de validar o valor da vazão ecológica encontrado, foi realizada uma comparação com a vazão de referência adotada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) no trecho de estudo, visto que o rio Guapi-Açu é de jurisdição estadual. A vazão $Q_{7,10}$ (vazão mínima de 7 dias consecutivos com um período de recorrência de 10 anos), para o local da estação fluviométrica, foi determinada a

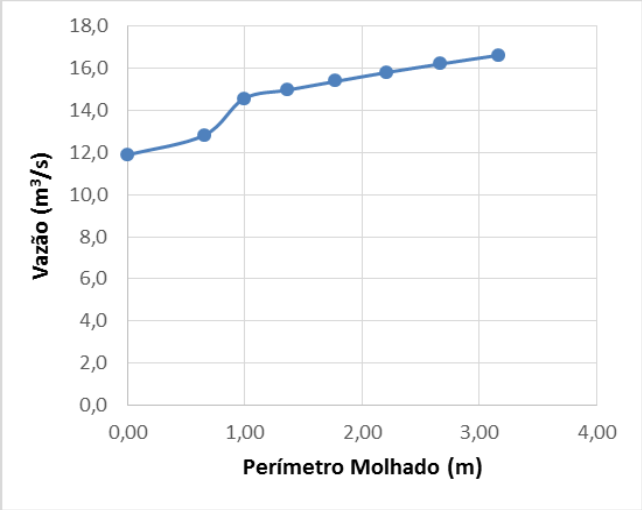
ISSN 1809-3957

partir da curva de regionalização de vazões definida por CPRM (2002) e expressa pela Equação (3):

$$Q_{7,10} = 0{,}009984 \cdot A^{1{,}0168} \quad (3)$$

onde A representa a área de drenagem em km^2.

Figura 6 – Gráfico Perímetro Molhado *versus* Vazão para determinação da vazão ecológica do rio Guapi-Açu.



Fonte: Autores

Aplicando a equação para a região – que possui uma área de drenagem de 291,5 km² (UFF/FEC, 2010) – obtêm-se um valor de 3,2 m³/s. Uma vez que a vazão ecológica adotada pelo INEA é de 50% da $Q_{7,10}$, têm-se o valor de 1,6 m³/s para o local em estudo.

IV. CONCLUSÃO

O estudo desenvolvido na bacia do rio Guapi-Macacu tem importância estratégica na gestão de recursos hídricos no estado do Rio de Janeiro, visto que mais de 2,5 milhões de pessoas dependem das águas da bacia. A análise apresentada permitiu determinar o valor de vazão ecológica para o rio Guapi-Açu e a comparação deste valor com valores adotados pelo órgão estadual do meio ambiente enriquecem a discussão e os resultados.

Ao comparar o valor de 0,7 m³/s encontrado para a vazão ecológica pelo Método do Perímetro Molhado com o valor de 1,6 m³/s adotado como vazão ecológica definida pelo INEA, pode-se concluir que a metodologia do segundo resulta em valor superior ao primeiro e, nesta situação, o órgão gestor está sendo mais conservador e, portanto, o meio aquático está sendo beneficiado com uma vazão maior.

Para estudos futuros, sugere-se a aplicação do Método do Perímetro Molhado em outros locais da mesma bacia e a comparação com os valores adotados pelo INEA para verificar se esta condição favorável se mantem.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, R. S. & HORA, M. A. G. M., 2013. Estimated Ecological Flow of the Preto River by the Wetted Perimeter Method. **Global Journal of Researches in Engineering**, 13(7), pp. 9-12.

COSTA, P. H. M. G., 2009. **O balando hídrico como ferramenta de apoio a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: Região hidrográfica dos rios Macacu e Caceribu**. Especialização em Gestão Ambiental - Universidade Federal Fluminense, Niterói, p. 136.

EMBRAPA, 2011. **Áreas Prioritárias para Recuperação na Região da Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu, RJ**. Relatório. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

FINOTTI, R., KURTZ, B. C. & GARAY, I., 2012. Variação na estrutura diamétrica, composição florística e características sucessionais de fragmentos florestais da bacia do rio Guapiaçu (Guapimirim/Cachoeiras da Macacu, RJ, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, 26(2), pp. 464-475.

GOPAL, B., 2013. **Environmental Flows**. Nova Deli: National Institute of Ecology.

INEA, 2013. **Resolução CERHI-RJ Nº 107 de 22 de Maio de 2013**.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Curva-chave: Análise e Traçado**. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Brasília 1989, p.273, v. 1.

LOHR, S. C., 1993. **Wetted stream channel, fish-food organisms and trout relative to the wetted perimeter inflection point instream flow method**. Tese (Doutorado em Filosofia das Ciências Biológicas), Montana State University - Bozeman, p. 246.

MANN, J. L., 2006. **Instream Flow Methodologies: An Evaluation of the Tennant Method for Higher Gradient Streams in the National Forest System Lands in the Western U.S.**. Dissertação, Colorado State University - Fort Collins, p. 143.

PARKER, G. W., ARMSTRONG, D. S. & RICHARDS, T. A., 2004. Comparison of Methods for Determining Streamflow Requirements for Aquatic Habitat Protection at Selected Sites on the Assabet and Charles Rivers, Eastern Massachusetts, 2000-02. U.S. **Geological Survey Scientific Investigations Report** 2004-5092, p. 72.

ROCHA, G. C., 2017. **Determinação da curva-chave em estação fluviométrica localizada no rio Guapiaçu, região leste da bacia da Baía de Guanabara**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, p. 60.

SEA, 2015. **Elaboração de EIA/RIMA para análise de viabilidade ambiental da implantação da barragem do rio Guapi-Açu com vistas à ampliação da oferta de água para a Região do Conleste Fluminense, localizado no Município de Cachoeiras de Macacu/RJ**. Relatório. Rio de Janeiro: s.n.

SOUSA, D. V. R., 2010. **Vazão ambiental em Belo Monte: Análise do estudo de impactos ambientais e aplicação do método do perímetro molhado para comparação crítica**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, p. 68.

THARME, R. E., 2003. A Global Perspective On Environmental Flow Assessment: Emerging Trends In The Development And Application Of Environmental Flow Methodologies For Rivers. **River Research and Applications**, Volume 19, pp. 397-441.

UFF/FEC. **Planejamento Estratégico da Região Hidrográfica dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu-Macacu**. Universidade Federal Fluminense. Fundação Euclides da Cunha: Niterói (RJ), 2010. Disponível em <http://www.uff.br/projetomacacu>. Acessado em: 3 abr. 2017.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

CAUSAS DE RUPTURAS DE BARRAGENS: ESTUDO DE CASOS

MAIN CAUSES OF DAM FAILURE: CASES STUDY

GERALDO MAGELA PEREIRA[1]; ANTONIO FERREIRA DA HORA[1]
1 –UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
magela2909@gmail.com; dahora@vm.uff.br

Resumo – Este trabalho tem por objetivo apresentar um resumo das causas das rupturas das barragens e ressaltar a importância e a obrigatoriedade da observância dos métodos e critérios de projeto consagrados, visando à redução dos riscos de ocorrência desses acidentes. O trabalho apresenta também os resumos de três casos de acidentes extraídos da bibliografia disponível sobre o assunto. Essas rupturas sempre resultam em desastres para a região com danos significativos para o meio ambiente e para a população ribeirinha a jusante que excedem a capacidade dessas comunidades de combatê-los com recursos próprios. Esses acidentes também provocam, frequentemente, perdas de vidas humanas.

Palavras-chave: Barragens. Rupturas. Desastres. Critérios de projeto.

Abstract - This paper presents a resume of the dam breaks causes and emphasizes the importance of observing the recognized design methods and criteria for reducing the risks of such accidents. This paper presents also a resume of three cases of accidents extracted from the available bibliography. These dam collapses always result in disasters for the region, with significant damage to the environment and to the downstream riparian population that exceed the capacity of these communities to combat them with their own resources. These accidents also cause, frequently, loss of human life.

Keywords: Dam, Breaks. Disasters. Project criteria.

I. INTRODUÇÃO

As barragens são construídas desde a antiguidade e a engenharia das barragens é uma parte vital da história da civilização. Os reservatórios para abastecimento de água foram, sem dúvida, as primeiras estruturas realizadas pelo homem. Eles armazenam grandes volumes de energia que, se liberados subitamente, podem ocasionar desastre.

As rupturas sempre causam danos de porte à infraestrutura da região e para as populações ribeirinhas a jusante, que excedem a capacidade dessas comunidades de combatê-los com recursos próprios, e podem ocasionar, além de danos ao meio ambiente, perdas materiais e de vidas humanas, a exemplo de Malpasset na França, Vajont na Itália, e Teton nos Estados Unidos da América (USBR, 1983).

Em 1952, Andre Coyne, projetista da barragem de Malpasset, localizada no rio Reyran, Fréjus (França), afirmou: "*de todas as obras da humanidade as barragens são as mais mortais*". Sete anos depois, essa barragem rompeu pela fundação e provocou a devastação dos 11 km do rio até o Mar Mediterrâneo, destruindo três vilas e causando a morte de 423 pessoas (ASCE, 1976).

Em 1976, após a ruptura da barragem de Teton, no rio Teton, Rexburg, Idaho (EUA), que resultou em 11 mortes e danos significativos, materiais e financeiro, o governo iniciou a implantação do sistema de segurança de barragens (USBR, 1983; USBR, 2011).

Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo apresentar a estatística das causas que provocam essas rupturas e destacar que a observância de critérios consagrados para os projetos dessas estruturas que implicam na redução de acidentes e desastres (CARVALHO, 2015). Os critérios de projeto das barragens do Setor Elétrico no Brasil podem ser consultados em ELETROBRAS/CBDB (2003) e ELETROBRAS (2000).

Além disso, buscou-se descrever três barragens com tipologias distintas de rompimento, selecionadas a partir de informações disponibilizadas:

- Barragem de Camará localizada no Estado da Paraíba, ruptura pelas fundações.
- Barragem de Glashütte localizada ao Sul de Dresden na Alemanha, ruptura por galgamento.
- Barragem de Algodões I localizada no Estado do Piauí, ruptura por erosão provocada pelo escoamento oriundo do canal de restituição do vertedouro.

II. ESTATÍSTICA DE ACIDENTES COM BARRAGENS

São muitos os casos de acidentes registrados na bibliografia mundial que resultaram em ruptura de barragem (USBR, 1983) e as causas mais frequentes estão apresentadas na Tabela 1.

O conhecimento da estatística dessas causas ressalta os métodos e critérios que devem ser focados e obedecidos no desenvolvimento de projetos, visando à minimização dos riscos de ruptura.

Da análise da Tabela 1, observa-se que 59% dos acidentes são devidos a causas geológico-geotécnicas (este valor resulta do somatório das causas de problemas nas fundações, recalques diferenciais, pressões neutras elevadas, deslizamentos de taludes e materiais deficientes) e 23% por conta de vertedouros inadequados, devido, principalmente, ao subdimensionamento das vazões de projeto.

Tabela 1 – Estatística das Causas de Ruptura de Barragens

Causa de ruptura	**Percentual**
Problemas nas fundações	40
Vertedouros inadequados	23
Construção deficiente	12
Recalques diferenciais	10
Pressões neutras elevadas	5
Atos de guerra	3

ISSN 1809-3957

Tabela 1 (cont.) – Estatística das Causas de Ruptura de Barragens	
Deslizamento de taludes	2
Materiais deficientes	2
Operação inadequada	2
Terremotos	1

Fonte: USBR, 1983.

O conhecimento das fundações é obtido através da realização de programa detalhado de investigações geológico-geotécnicas (furos de sondagens, por exemplo), as quais devem ser programadas e executadas por equipe com experiência comprovada em projetos desta natureza, com base nas normas descritas em ABGE (2013). Ainda assim, a interpretação dos resultados das sondagens é complexa, uma vez que o especialista tem que inferir o que ocorre entre um furo e outro e a experiência mostra que os casos de interpretações errôneas são frequentes.

Da mesma forma, a estimativa das vazões extremas para projetos dos vertedouros deve ser feita por especialistas da área de hidrologia com experiência comprovada no assunto. Apesar de a metodologia ser amplamente disseminada, a estimativa das vazões extremas é uma tarefa complexa porque depende de outras variáveis que devem ser medidas em campo, como a precipitação pluviométrica e a descarga líquida.

III. HISTÓRICO DOS DESASTRES ORIUNDOS DE RUPTURAS DE BARRAGENS

3.1 – Barragem de Camará

A barragem Camará foi construída pela Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), entre 1996 e março de 2004, no rio Mamanguape, para abastecimento da cidade de Alagoa Grande, no interior do estado a oeste do João Pessoa (PB).

As suas principais características são: barragem de gravidade em concreto compactado a rolo; altura de 50 m; comprimento do coroamento igual a 296 m; largura da crista de 5,5 m; largura do sangradouro de 39 m; altura do sangradouro igual a 4 m; lâmina máxima vertente de 2,3 m, e capacidade de armazenamento igual a 26,5 x 10^6 m^3.

Em 28 de junho de 2004, a barragem rompeu pela fundação, por uma junta falha geológica significativa na ombreira esquerda (Figuras 1 e 2), a qual, inexplicavelmente, não foi identificada no projeto (BARBOSA *et al*., 2004; PAIVA JÚNIOR, 2006).

O acidente afetou a cidade de Alagoa Grande e outras três cidades próximas. Quatro pessoas foram dadas como mortas e mais de três mil desabrigados. A nova barragem, reconstruída no período de 2012 a 2016, foi inaugurada em 26/09/2016.

As Figuras 3 e 4 ilustram a reconstrução da barragem.

3.2 – Barragem de Glaüshutte

A barragem de Glashütte, no rio Briesnitz, afluente pela margem esquerda do rio Elba, foi construída entre 1951 e 1953 com a finalidade de reservar água para abastecimento da cidade de Glashütte, ao sul de Dresden na Alemanha. A barragem era de terra, tinha seção homogênea com altura máxima de 8,7 m, podendo ser considerada como de pequeno porte. O vertedouro foi projetado para a vazão de 5,0 m^3/s, sem controle, em degraus de pedra com 1,0 m de altura e largura de 5,5 m. Foi previsto um descarregador de fundo (bueiro) com capacidade de escoar mais 7,0 m^3/s,

Figura 1 – Vista de jusante da ruptura

Fonte: Barbosa *et al.*, 2004; Paiva Júnior, 2006.

Figura 2 – Detalhe da junta-falha na fundação

Fonte: Barbosa *et al.*, 2004; Paiva Júnior, 2006.

Figura 3 – Reconstrução da barragem

Fonte: Barbosa *et al.*, 2004; Paiva Júnior, 2006.

também sem controle. A capacidade máxima de descarga (vertedouro + bueiro) era de 12 m^3/s (BORNSCHEIN e POHL, 2003).

ISSN 1809-3957

Figura 4 – Vista de jusante da barragem reconstruída

Fonte: Barbosa *et al.*, 2004; Paiva Júnior, 2006.

Em 12 de agosto de 2002, ocorreram chuvas intensas na região e o pico de vazão atingiu o valor de 120 m^3/s, ou seja, dez vezes maior que a capacidade de descarga projetada. A barragem foi galgada e rompeu e não foram registradas perdas de vidas. As falhas ocorridas nos estudos hidrológicos, de avaliação da precipitação máxima provável e da cheia de projeto do vertedouro, foram relatadas por Bornschein e Pohl (2003).

As Figuras 5 a 8 mostram o acidente e a barragem reconstruída.

Figura 5 – Galgamento da barragem

Fonte: Bornschein e Pohl, 2003.

Figura 6 – Barragem rompida

Fonte: Bornschein e Pohl, 2003.

Figura 7 – Danos na cidade

Fonte: Bornschein e Pohl, 2003.

Figura 8 – Barragem reconstruída com vertedouro auxiliar do tipo tulipa

Fonte: Bornschein e Pohl, 2003.

3.3 – Barragem de Algodões I

A barragem Algodões I foi construída pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS), entre 1996 e 2004, no rio Piranji, na margem direita do trecho baixo do rio Parnaíba, para abastecimento da cidade de Cocal, Estado do Piauí.

Cinco anos depois da construção, em 27 de maio de 2009, a barragem rompeu por erosão das placas de concreto do muro de encosto da barragem. De acordo com Sampaio (2014), as principais características das estruturas são:

- Barragem de terra, seção homogênea, com 378 m de comprimento, altura máxima de 47 m, talude de montante 4 a 2,5 H:1,0 V, talude de jusante 2,0 H:1,0 V.
- Tomada de água em galeria com 220 m de comprimento e diâmetro de 900 mm, com válvula dispersora e vazão regularizada de 1,6 m^3/s.
- Vertedouro lateral com 120 m de comprimento, carga de 2,47 m, para uma vazão máxima de 718 m^3/s (TR = 100 anos).

O local da barragem é composto por arenitos da formação Serra Grande, aflorante, principalmente, na ombreira direita, com grande quantidade de tálus. Na execução do aterro foi utilizado colúvio e solo residual silto-argiloso.

Após o início da operação do vertedor, o talude a jusante do muro foi atacado pelo escoamento e a erosão regrediu e atingiu as placas de concreto do muro de encosto da barragem.

ISSN 1809-3957

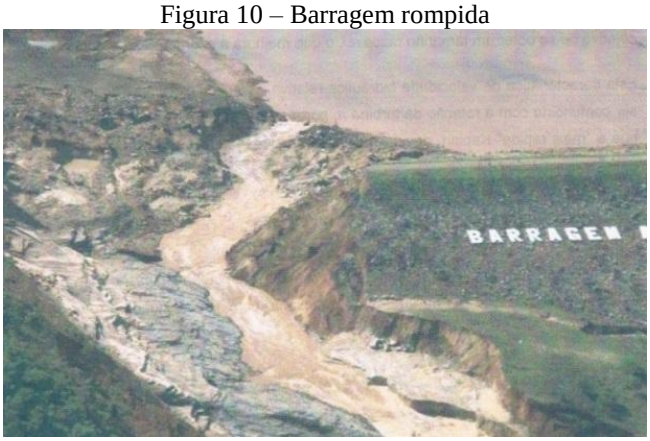
Em maio de 2009, em virtude de fortes chuvas que resultaram no aumento dos vertimentos que, por sua vez, intensificaram os processos erosivos e culminaram na ruptura da barragem em 27 de maio de 2009. Durante a obra e até a ruptura da barragem, o canal do vertedor sempre se mostrou instável (SAMPAIO, 2014).

As Figuras 9 e 10 ilustram o acidente com a barragem.

Figura 9 – Vertedouro em operação com detalhe da erosão do talude a jusante do muro de encosto da barragem e queda de placa de concreto

Fonte: Sampaio, 2014.

Figura 10 – Barragem rompida



Fonte: Sampaio, 2014.

IV. CONCLUSÃO

Em função da análise dos dados sobre a barragem de Camará, pode-se concluir que houve um erro na ausência de caracterização da falha geológica na ombreira esquerda por onde ocorreu a ruptura. A falha era significativa e de porte, portanto facilmente identificável por especialista na área.

No que diz respeito à barragem de Glashütte, o rompimento foi devido aos erros cometidos nos estudos hidrológicos na estimativa da vazão máxima de projeto do vertedouro.

Já na barragem de Algodões I, a erosão que atacou o talude a jusante do muro de encosto da barragem e provocou a ruptura não foi prevista no projeto em virtude da ausência de estudos hidráulicos em modelo hidráulico reduzido, nos quais esses aspectos são investigados.

Diante do exposto, é essencial a observância dos métodos e critérios de projeto visando à redução dos riscos de ocorrência desses acidentes.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL - ABGE. **Manual de Sondagens**. Boletim nº 3, 5ª edição, São Paulo, 2013.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS - ASCE. **The Evaluation of Dam Safety. The Malpasset Dam**. Jean Bellier. Asilomar Conference Grounds. California. 1976.

BARBOSA, N. P.; MENDONÇA, A. V.; SANTOS, C. A. G.; LIRA, B. B. **Barragem de Camará**. Relatório. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia. João Pessoa, 92 p, 2004. Disponível em: <http://www.prpb.mpf.mp.br/news/1docs/Camara/relatorio_final_ufpb.pdf>. Acesso em 10 de jan. 2017.

BORNSCHEIN, A.; POHL, R. Dam Break During the Flood in Saxony, Germany, 08/2002. **Proc. of XXX Int. Ass. of Hydraulic Resources Congress**. Thessaloniki, Greece. 2003. 8 p.

CARVALHO, E. Relato do Tema 113, Segurança de Barragens e Avaliação de Riscos. In: **XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens**, Foz do Iguaçu. 2015.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS/COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS - ELETROBRÁS/CBDB. **Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas**. Manual. Rio de Janeiro. 2003.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRAS. **Diretrizes para Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Manual. Rio de Janeiro. 2000.

PAIVA JÚNIOR, H. B. **Efeitos do Rompimento da Barragem de Camará na Área Urbana do Município de Alagoa Grande**. 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2006.

UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION - USBR. **Dams and Public Safety**. A Water Resources Technical Publication. Denver, 1983. 332 p.

UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION – USBR. **Dam Safety Public Protetion Guidelines**. A Risk Framework to Support Dam Safety Decision-Making. Denver, 2011. 38p.

SAMPAIO, M. V. N. **Segurança de Barragens de Terra: Um Relato da Experiência do Piauí**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil de Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2014.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PLANEJAMENTO ESTOCÁSTICO NA LAVRA DE MINAS - UMA ABORDAGEM INOVADORA

STOCHASTIC MINE PLANNING –AN INNOVATIVE APPROACH

VIDAL FÉLIX NAVARRO TORRES[1]; TAÍS RENATA CÂMARA[1]; BECK NADER[2]
1 – INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.
vidal.torres@itv.org; *tais.camara@itv.org*

Resumo – O processo de planejamento de lavra para minas a céu aberto, pode ser dividido resumidamente nas seguintes etapas: cava final com cavas aninhadas, definição das fases de lavra, planos anuais período a período, blendagem, otimização de teor de corte e pilhas de estoque. A metodologia tradicional pode ser aprimorada com a adoção de um único processo de otimização (Sequenciamento Direto de Blocos) que englobe todas as atividades listadas e que considere incertezas geológicas, operacionais, de mercado, entre outras. O avanço tecnológico dos computadores aliado a novos trabalhos que reduzem o tempo computacional necessário para aplicar essas novas metodologias, estão as tornando viáveis para serem utilizadas na indústria de mineração.

Palavras-chave: Planejamento de lavra. Determinístico. Estocástico.

Abstract - The mining planning for open pit mines can be divided into stages: final pit with nested pits, determination of pushbacks, annual plans from period to period, blending, optimization of cut-off grade and stockpiles. The traditional methodology can be improved by adopting a single optimization process (Direct Block Scheduling) that encompasses all listed activities and takes into account geological, marketing, operational and other types of uncertainties. The technological improvement of computers together with new works that reduce the computational complexity allowed reducing the computational time needed to apply these new methodologies, making them viable for use in the mining industry.

Keywords: Mine planning. Deterministic. Stochastic.

I. INTRODUÇÃO

O planejamento de lavra para minas a céu aberto é um processo conhecido e estabelecido há bastante tempo. A metodologia mais comumente empregada nas empresas de mineração para quantificar suas reservas e o retorno financeiro obtido com as mesmas é o método apresentado por Lerchs Grossmann (1965). Os ditos autores propuseram um algoritmo matemático que permite desenhar o contorno de uma cava a céu aberto de tal forma que se maximize a diferença entre o valor total da mineralização lavrada e o custo total da extração do minério e estéril.

Entretanto, esta metodologia (LG) apresenta um problema de conhecimento geral, pois não aplica o desconto relativo ao período de lavra corretamente, uma vez que considera que todos os blocos são lavrados no mesmo intervalo.

Algumas alternativas vêm sendo testadas para tentar resolver este problema de forma diferente do método tradicional. Desde 1968, no trabalho proposto por Johnson (JOHNSON, T. 1968), o método de Sequenciamento Direto de Blocos (SDB) foi apresentado. Este método aplica desconto diferenciado a cada bloco corretamente, pois trata cada bloco individualmente no sequenciamento de cava. O conceito de cava final e sequenciamento são tratados como um resultado natural da lavra de cada bloco assim como ocorre em um empreendimento real.

O principal ponto de diferença entre as duas metodologias é que a decisão de retirada do bloco é avaliada de acordo com o período em que realmente este bloco será lavrado. Está consideração faz com que os blocos retirados em períodos posteriores sejam penalizados com um maior fator de desconto, assim como esperado na prática. Desta forma, o sistema de SDB tende a buscar blocos com maior receita nos primeiros períodos, mesmo que em alguns casos isto também aumente ligeiramente a quantidade de estéril lavrada, mas que resultem em um maior Valor Presente Líquido (VPL) do empreendimento.

Tradicionalmente, os processos de sequenciamento de lavra estão baseados em um único modelo determinista do corpo mineralizado, que por ser uma estimativa, é incapaz de reproduzir a variabilidade intrínseca à realidade do depósito mineralizado (Senhorinho, 2008).

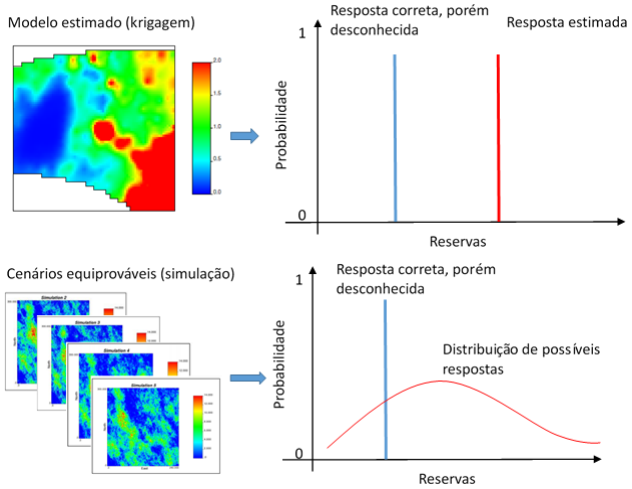
A incorporação da incerteza geológica é fundamental para diminuição dos riscos do empreendimento. Para a incorporação desta estocasticidade, podem ser utilizadas simulações geoestatísticas, que têm como objetivo estimar a variabilidade do material, assim como o possível valor para cada bloco. A condicionante estocástica simula os possíveis cenários de acordo com os dados amostrados de maneira a representar as possíveis situações equiprováveis. Dimitrakopoulos (2011) afirma em seu trabalho que a disponibilidade de múltiplos modelos igualmente prováveis de um depósito permite que os planejadores de minas avaliem a sensibilidade do projeto e a sequência de produção de longo prazo considerando a incerteza geológica (figura 1).

Na atualidade, vários métodos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de incorporar as incertezas geológicas no processo de sequenciamento de lavra. Godoy e Dimitrakopoulos (2004) implementaram um algoritmo de *Simulated Annealing* para controlar a incerteza na determinação dos períodos de lavra dos blocos de forma a minimizar os riscos de desvios de taxas de produção.

ISSN 1809-3957

Ramazan e Dimitrakopoulos (2004) introduziram restrições probabilísticas ao modelo convencional de programação inteira mista tentando caracterizar o risco de um bloco estar acima ou abaixo de um determinado teor de corte. Com o intuito de caracterizar verdadeiramente a incerteza dos teores Ramazan e Dimitrakopoulos (2008) introduzem um modelo SIP (*stochastic integer programing*) que visa maximizar o fluxo de caixa descontado e minimizar os desvios em relação às taxas de produção ao longo da vida da mina.

Figura 1 – Planejamento tradicional x estocástico.



Fonte: Adaptado de Dimitrakopoulos, 2011.

A abordagem estocástica do SDB objetiva determinar o arranjo de blocos que maximiza o VPL considerando a incerteza geológica e a variabilidade das variáveis. O sequenciamento estocástico deve determinar o melhor destino possível para cada bloco do depósito individualmente, devido à metodologia utilizada ser capaz de cobrir desde a produção de longo prazo até a produção diária, uma vez que considera a viabilidade operacional de cada bloco.

Os estudos na área de SDB, nos diferentes centros de pesquisa mundiais (Cosmo – McGill, Delphos – Universidade do Chile, Operations Group – Universidad Adolfo Ibáñez), apontam para uma forte tendência de modificação da atual metodologia utilizada em planejamento de lavra para esta nova abordagem e alguns destes centros já estão bem avançados quanto à questão de modelos reais e restrições específicas.

II. PROCEDIMENTOS

De forma a quantificar os ganhos do uso de Sequenciamento Direto de Blocos utilizando incertezas geológicas para definição de cava final, a metodologia foi comparada com o processo de planejamento de lavra utilizado nos principais softwares comerciais de mineração.

Os testes foram realizados utilizando um modelo de blocos estimado por krigagem (determinístico) e por modelos simulados (cenários equiprováveis de realizações - estocásticos).

A comparação será feita de duas formas: planejamento de lavra utilizando método LG versus método SDB, ambos com modelo determinístico; e após utilizando método LG versus método SDB, porém utilizando modelos simulados.

2.1 – Planejamento convencional

A partir do modelo de blocos, contendo informações de teores, densidade, litologias, geológicas e geomecânicas, o processo tradicional de planejamento é realizado. Além do modelo de blocos é necessário definir uma função benefício, a qual irá definir o valor econômico de cada bloco, baseado em seu teor de corte e a receita que o mesmo irá fornecer.

Com o critério de otimização para maximizar o valor total da cava, o problema do projeto de cava passa a ser encontrar aquele grupo de blocos que fornecerá o máximo valor possível, sujeito à estabilidade da mina e a restrições à lavra.

A função benefício é uma expressão matemática que atribui ao bloco os custos, preços e ganhos de eficiência como dados de entrada. Os custos geralmente envolvidos no bloco são custo de lavra por tonelada, custo de processamento por tonelada, custo de reabilitação da área por tonelada e custo de venda do produto por unidade de produto produzido, demonstrados nas seguintes equações, (1), (2) e (3):

$$FB = receita - custos \quad (1)$$

$$Receita = Teor * Recuperação * (Preço - custo_venda) \quad (2)$$

$$Custos = Custo_lavra + Custo_processo + Custo_G\&A \quad (3)$$

2.2 – Planejamento estocástico

O problema global para ser resolvido com maior eficiência é dividido em subproblemas menores, que são resolvidos sequencialmente em ordem crescente de modo a gerar uma solução global do empreendimento. Cada subproblema pode ser associado a etapas de lavra de modo a encontrar boas soluções factíveis, geralmente próximas do ótimo, com boa eficiência computacional.

Para a resolução destes problemas, geralmente é aplicada a técnica de programação inteira mista. A formulação do problema é fundamentada pelas receitas e custos de operação e produção. Os modelos considerando programação inteira mista fornecem uma formulação para sequenciamento otimizado da produção, controle da produção de minério, teores e meta de produção.

Segundo Ramazan e Dimitrakopoulos (2012), citados também em Marinho (2013), a função a ser maximizada é dividida em 4 parcelas (equações 4, 5, 6, 7 e 8); a primeira parcela que compõe a função objetivo é responsável por acumular o VPL proveniente da lavra, considerando que o bloco será lavrado e processado no mesmo intervalo de tempo. Já a segunda parte compensa a perda gerada pelo bloco lavrado e direcionado à pilha de estoque. A terceira parte contabiliza o minério retomado da pilha de estoque que será processado no período avaliado. A quarta parcela é responsável por quantificar os riscos. A função será penalizada de acordo com os custos pré-definidos para os limites inferiores e superiores considerando o desconto para o período.

$$Max \sum_{t=1}^{P} [Part1 - Part2 + Part3 - Part4] \quad (4)$$

ISSN 1809-3957

$$Part1 = \sum_{i=1}^{N} E\{(NPV)_i^t\} b_i^t \quad (5)$$

$$Part2 = \sum_{j=1}^{U} E\{(NPV)_j^t + MC_j^t\} w_j^t \quad (6)$$

$$Part3 = \sum_{s=1}^{M} (SV^t/M) k_s^t \quad (7)$$

$$Part4 = \sum_{s=1}^{M} (C_u^{to} d_{su}^{to} + C_l^{to} d_{sl}^{to} + C_u^{tg} d_{su}^{tg} + C_l^{tg} d_{sl}^{tg} + C_u^{tq} d_{su}^{tq} + C_l^{tq} \quad (8)$$

Onde (Ramazan e Dimitrakopoulos, 2012):
P= número de períodos de produção, ou vida útil da mina;
t= é cada período do sequenciamento
N= número de blocos dentro do pit final;
i= identificador do bloco;
$E\{(NPV)_i^t\}$= é o valor esperado (médio) do NPV gerado se o bloco i é lavrado no período t.
b_i^t= é uma variável que representa a fração do bloco i lavrado no período t; se for igual a 1, então o bloco é lavrado; se for igual a 0 então não.
U= número de blocos considerado para pilhas de estoque.
j= bloco lavrado e enviado para a pilha de estoque
MC_j^t= custo de lavra do bloco j que ocorreu no período t, descontado no tempo 0.
w_j^t= representa a fração do bloco j enviado para a pilha de estoque no período t.
SV^t= é o lucro gerado no processamento de uma tonelada de material advinda da pilha de estoque no período t, descontado no tempo 0.
M= é o número de modelos simulados.
s= é cada modelo de blocos simulado.
k_s^t= quantidade de minério (em toneladas) processada da pilha de estoque, correspondente ao modelo s no período t.
g, o e q= parâmetros alvo; g corresponde ao teor; o corresponde à produção de minério; e q corresponde à quantidade de metal produzida.
l= limite mínimo do alvo.
u= limite máximo do lavo.
$C_u^{to}, C_l^{to}, C_u^{tg}, C_l^{tg}, C_u^{tq}, C_l^{tq}$= custos unitários (constantes conhecidas) para cada variável d.
d= quantidades excessivas ou deficitárias para os parâmetros alvo.

O software utilizado para gerar os resultados de SDB considera esta função objetivo e no caso de se utilizar apenas os modelos estimados, M=1.

III. RESULTADOS

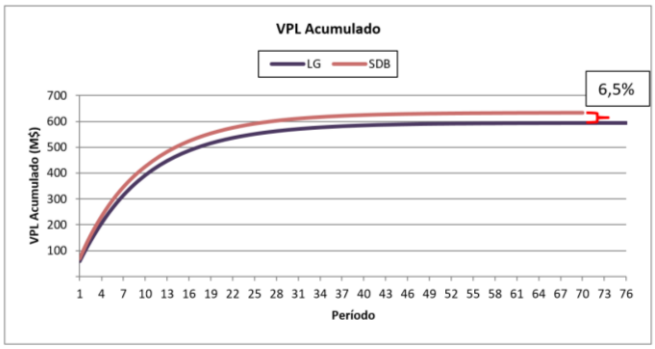
Os resultados apresentados serão na forma de gráficos e tabelas, referentes ao teor, VPL e vida útil do empreendimento obtidos a partir das duas metodologias estudadas: primeiramente apenas a comparação entre LG e SDB, utilizando modelo estimado; após utilizando os modelos simulados (abordagem estocástica).

3.1 – Planejamento LG X Planejamento SDB

Os mesmos parâmetros foram utilizados na construção da função benefício e objetivo dos dois métodos, referentes à preço de venda do produto, custos (lavra, processamento, de venda), metas de produção, recuperação, etc.

A partir destas premissas as duas metodologias foram executadas, apresentando os seguintes resultados:

Figura 2 – VPL do empreendimento - LG e SDB



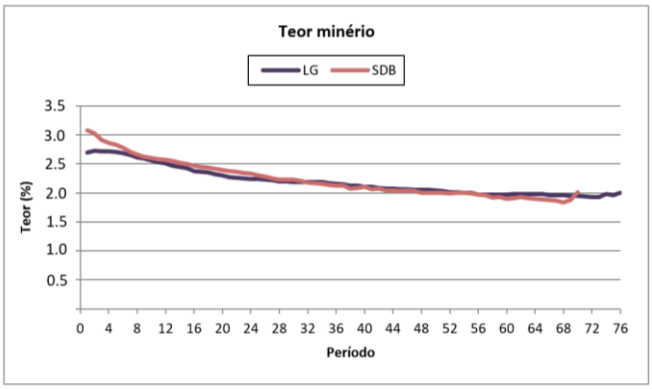
Fonte: Autores.

Tabela 1 – Comparação VPL e vida útil.

Parâmetro	LG	SDB
VPL (MU$S)	594,05	632,67
Vida útil	76 anos	70 anos

Pode ser visto que as duas abordagens apresentam resultados de VPL da mesma ordem de grandeza, o que demonstra que a metodologia de SDB possui uma formulação bastante estruturada, uma vez que o método de LG já é comprovado há mais tempo.

Figura 3 – Teor de minério - LG e SDB



Fonte: Autores.

O teor atingido nos primeiros anos do empreendimento é mais elevado no SDB comparado ao LG (Figura 3). Como o SDB consegue aplicar o fator de desconto correto nos blocos é natural que os blocos dos períodos finais sejam contemplados com maior fator de desconto. Este fator maior é responsável por diminuir a função benefício dos blocos dos últimos períodos, levando a decisão de não lavrar estes últimos blocos, de modo que ocorra uma menor vida útil do empreendimento. Esses fatores implicaram em um VPL 6,5% maior do cenário SDB, conforme a Figura 2 e a Tabela 1.

3.2 – Abordagem estocástica

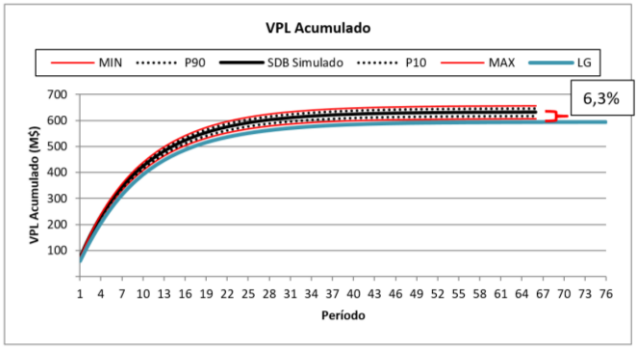
Na abordagem estocástica, a mesma comparação foi realizada, porém utilizando o modelo contendo as n-simulações de teor na metodologia de SDB, a qual consegue lidar com o uso das incertezas.

Os resultados de SDB obtidos contabilizam as incertezas para o destino do bloco de acordo com a sua

ISSN 1809-3957

função benefício, em que cada função benefício possui um valor diferente devido ao teor simulado.

Figura 4 – VPL acumulado simulado - LG e SDB

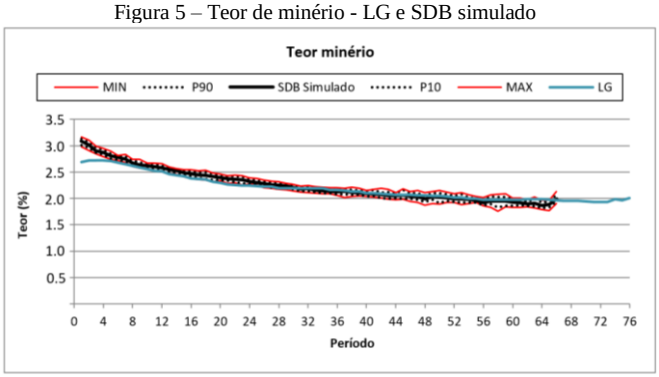


Fonte: Autores.

Tabela 2 – Comparação VPL e vida útil.

Parâmetro	LG	SDB simulado
VPL (MU$S)	594,05	631,75
Vida útil	76 anos	66 anos

Figura 5 – Teor de minério - LG e SDB simulado



Fonte: Autores.

Devido às características do tipo de interpolação usada para gerar o modelo determinístico, ocorre uma subestimativa do teor no modelo determinístico, o que favorece para que o mesmo permaneça um pouco abaixo dos resultados alcançados pelo SDB simulado (Figura 4 e Tabela 2). Na Figura 5 pode ser observado que o cenário de teor mais elevado registrado pelo modelo probabilístico conduz a um VPL mais robusto.

Quando as simulações de teores são utilizadas, pode ser visto uma diferença maior quanto à vida útil do empreendimento, que acaba atingindo o mesmo VPL do cenário determinístico (ou neste caso, 6,3% maior) em um tempo muito menor, devido à assertividade dos dados.

IV. CONCLUSÕES

A metodologia de SDB abre um novo cenário de pesquisa e discussão no setor mineral, uma vez que se mostra como uma solução viável tecnicamente para quantificar as incertezas provenientes da atividade mineral. Os diversos cenários de sequenciamento direto de blocos não eliminam a necessidade de utilização das metodologias de amostragem, modelamento geológico extremamente coerente com as técnicas geológicas, pois erros primários irão determinar cenários geológicos inconsistentes e consequentemente um planejamento irreal.

O sistema de SDB utilizado neste estudo demonstrou uma aplicabilidade positiva, fornecendo resultados satisfatórios nos diferentes testes realizados. Apesar disso, os resultados devem ser interpretados levando em conta algumas questões relacionadas à metodologia de cálculo e construção das pilhas, operacionalidade dos resultados e capacidade de processamento neste sistema de SDB.

Quanto à operacionalidade dos resultados, ainda estão sendo trabalhados novos cenários de restrições, para que os blocos definidos por período consigam ser efetivamente lavrados no tempo correto.

O esforço computacional e agilidade na determinação de parâmetros importantes para o planejamento de lavra demonstram que o uso de SDB na indústria de mineração está cada vez mais próximo de ocorrer.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIMITRAKOPOULOS, Roussos. Strategic mine planning under uncertainty. **Journal of Mining Science**, Vol 47, n 2, 138-150. 2011.

GODOY, Marcelo & DIMITRAKOPOULOS Roussos. Managing risk and waste mining in long-term production scheduling of open-pit mines. **SME Transactions**, 316, 43-50. 2004.

JOHNSON, Thys. Optimum Open Pit Mine Production Scheduling. PhD Dissertation. **Operations Research Center**, University of California, Berkeley, 1968.

LERCHS, H., & GROSSMANN, I. F. Optimum Design of Open-Pit Mines. **Canadian Institute of Mining Bulletin**, pp. 47-54. 1965.

MARINHO, Alexandre. Surface constrained stochastic life-of-mine production scheduling. MSc. Thesis. **McGill University**, Canada, 2013.

RAMAZAN Salih, DIMITRAKOPOULOS Roussos. Stochastic optimization of long-term production scheduling for open pit mines with a new integer programming formulation. In: **Orebody modelling and strategic mine planning. Spectrum series,** vol 14, pp 353–360. The Australian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), Victoria. 2004.

RAMAZAN, Salih, & DIMITRAKOPOULOS, Roussos. Stochastic integer programming for optimizing long term production schedules of open pit mines: methods, application and value of stochastic solutions. **Mining Technology**, vol. 117, n. 4. pp. 155 – 160. 2008.

SENHORINHO, Nelson. Metodologia de planejamento estratégico de lavra incorporando riscos e incertezas para a obtenção de resultados operacionais. Tese de doutorado. **Universidade de São Paulo**. 2008.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE DE CALOR E DA VELOCIDADE DE SOLDAGEM NO PROCESSO HF-ERW: ESTUDO COMPARATIVO DO ENSAIO DE IMPACTO CHARPY

ANALYSIS OF THE OF HEAT-IMPUT AND WELDING SPEED INFLUENCE AT THE HF-ERW PROCESS: COMPARATIVE STUDY OF THE CHARPY IMPACT TEST

GUSTAVO HENRIQUE DIAN[1], VALDIR ALVES GUIMARÃES[1], ANGELO CAPORALLI FILHO[1]
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP – CAMPUS DE GUARATINGUETÁ
caporalli@feg.unesp.br

Resumo – Este trabalho tem como objetivo avaliar como o aporte de calor e a velocidade de soldagem influenciam a solda obtida pelo processo HF-ERW (High Frequecy Electric Resistance Welding) para isso foram realizadas combinações entre esses parâmetros. Para avaliar os resultados, um estudo comparativo do ensaio de impacto Charpy com entalhe na linha de solda foi realizado. A caracterização do metal base e da solda foi realizada a partir de análises da composição química, microestrutura, resistência mecânica, dureza e energia absorvida em ensaio de impacto Charpy. Das análises de caracterização, foi possível evidenciar o cumprimento de requisitos da norma de fabricação API 5L X56. Por meio dos resultados de impacto Charpy na solda constatou-se que o aporte de calor e a velocidade de soldagem, afetam de maneira distinta a resistência ao impacto da solda dependendo da velocidade de soldagem.

Palavras-chave: Solda HF-ER. Aporte de calor. Velocidade de soldagem.

Abstract – The aim of this work is evaluate how the heat-input and the welding speed influence the HF-ERW High Frequecy Electric Resistance Welding process. In order to analyze the results, a comparative study of the Charpy V-notch test at the welding line was done. The characterization of the base metal and welding was performed through the analysis of the chemical composition, tensile properties, hardness test, Charpy test and microestrutural evaluation. With the characterization analysis it was possible to certificate the accordance of the pipe produced with the API 5L X56 requirements and analyze main aspects of the welding area. By means of the results of the Charpy impact test at the weld line, it was possible to analyze the influence of the heat-input and welding speed at the HF-ERW process, in which it was verified that the heat-input variation effect at the weld depends of the welding speed.

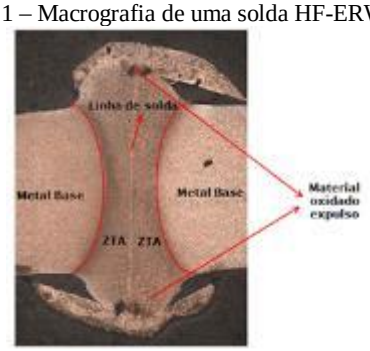
Keywords: HF-ERW welding. Heat-Input. Welding speed.

I. INTRODUÇÃO

No processo de soldagem por resistência elétrica de alta frequência (*High Frequecy Electric Resistance Welding*, HF-ERW) não há metal de adição, e a solda é obtida pelo calor gerado pela resistência à passagem de corrente elétrica alternada de alta frequência (10 à 500kHz) e pela aplicação rápida de pressão (MARQUES, 2009). Uma importante aplicação desse processo de soldagem é na fabricação de tubos, em um processo contínuo, no qual bobinas do material a ser soldado são continuamente conformadas em uma forma circular (WAINER, 1992).

Na Figura 1 é mostrada a macrografia da solda de um tubo produzido pelo processo HF-ERW. Na macrografia observa-se o metal base, a zona afetada pelo calor, a linha de solda e o material oxidado expulso, proveniente da pressão aplicada nas bordas fundidas.

Figura 1 – Macrografia de uma solda HF-ERW.



Segundo Choi et al. (2004), o processo de recalcamento das bordas garante uma solda relativamente livre de defeitos, especialmente os defeitos associados à solidificação do metal líquido, tornando o processo HF-ERW muito utilizado em aplicações críticas, como em tubos para condução e extração de óleo e gás.

Os principais desenvolvimentos realizados no entendimento e controle da solda HF-ERW, aplicada na fabricação de tubos soldados, foram realizados por empresas japonesas, principalmente na década de 1980 (SAITO et al., 1986; WATANABE et al., 1981, 1985; MINAHARA et al., 1986; TATSUWAKI et al., 1984; KOMINE; TAKAHASHI; ISHIRO, 1986; ICHIHARA et al., 1986; YOKOYAMA et al., 1978), sendo esses estudos as principais bases de conhecimento para esse processo de soldagem. A partir da análise desses estudos, fica claro a importância da correta combinação dos parâmetros de soldagem na qualidade da junta soldada, sendo destacado o aporte de calor e a velocidade de soldagem, como parâmetros com grande influência na qualidade na solda, devido às implicações em mecanismos que levam à formação de defeitos na solda.

ISSN 1809-3957

O ensaio de impacto Charpy é muito utilizado na indústria devido a sua rápida resposta sobre a resistência ao impacto e o estado dúctil ou frágil do material testado, em determinadas temperaturas. A presença de descontinuidades ou de uma estrutura frágil afeta diretamente a energia de impacto. Na norma de fabricação *American Petroleum Institute - API*, Especificação 5L (2007), a qual é aplicada para *line pipes*, são apresentadas especificações de valores aceitáveis de energia de impacto na solda, conforme o grau do aço utilizado, evidenciando a importância da análise obtida através do ensaio de impacto. Porém, como ressaltam os autores Garcia, Spim e Santos (2000), a energia de impacto não fornece informação quantitativa sobre as características dos materiais, quando analisada isoladamente, por isso seu interesse maior é na análise comparativa.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de soldagem HF-ERW

No processo HF-ERW a corrente de alta frequência pode ser transmitida para a superfície do material a ser soldado diretamente através de contatos elétricos ou de forma induzida pelo uso de bobinas de indução. Dependendo do tipo de transmissão de corrente utilizado, o processo de soldagem é classificado em alta frequência por indução, quando utilizado bobinas de indução, e alta frequência por resistência (ou por contato), quando utilizado contatos elétricos (NICHOLS, 1994).

Segundo Komine, Takahashi e Ishiro (1986) e Kim et al. (2007), o processo por indução é geralmente utilizado para soldagem de tubos de aço de pequeno diâmetro, enquanto a soldagem por contatos é mais utilizada para soldagem de tubos de grande diâmetro. Essa divisão ocorre devido à eficiência da transmissão de corrente, do transformador de alta frequência para o material, depender da capacidade do processo em concentrar a energia. A transmissão por contatos elétricos é mais eficiente quanto maior o diâmetro do tubo, conforme Figura 2.

Os avanços mais significativos no estudo da solda HF-ERW foram desenvolvidos quando os pesquisadores analisaram a região de encontro das bordas com câmeras de alta velocidade (500-2300 quadros/segundo), Figura 3. Através da análise das imagens foi possível identificar uma complexidade muito grande de eventos, os quais explicam os mecanismos pelos quais se obtém a soldagem HF-ERW.

Figura 2– Soldagem de tubos pelo processo HF-ERW, por contato.

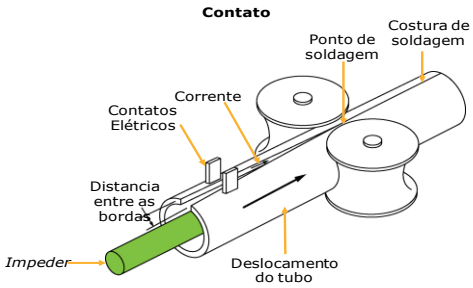
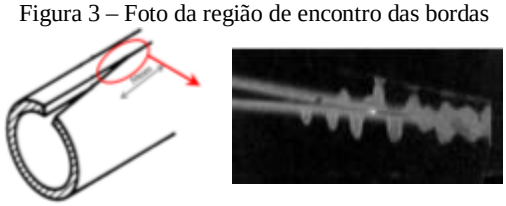


Figura 3 – Foto da região de encontro das bordas



Fonte: adaptado de CHOI et al., 2004.

2.2 Principais variáveis do processo HF-ERW

2.2.1 Velocidade de soldagem

A velocidade de soldagem a variável principal no controle dos fenômenos de soldagem e, consequentemente, na qualidade da junta soldada, pois além de determinar o aporte de calor, em conjunto com outros parâmetros, também influencia diretamente na taxa de incidência de defeitos.

Segundo, Watanabe et al. (1986), com o aumento da velocidade de soldagem, a taxa de incidência de defeitos na solda diminui, verificou-se também que a faixa de valores de potência, na qual se obtém uma solda livre de defeitos, aumenta com o aumento da velocidade.

2. 2.2 Aporte de calor

O aporte calor "H" é o parâmetro que especifica a quantidade de energia que é disponibilizada para uma determinada velocidade de soldagem (WAINER, 1992). De uma maneira genérica, considerando a velocidade em m/min o aporte de calor pode ser descrito como:

$$H = 60\frac{P}{V} \quad (J/m) \qquad (1)$$

onde: H é o aporte de calor (J/m), P (kW) é a potência de soldagem e V (m/min) é a velocidade de soldagem.

III. PROCEDIMENTOS

Foram produzidos 69 tubos de 13 3/8" x 0,380" (339,7 mm x 9,65 mm) de acordo com a norma de fabricação API especificação 5L, grau X56. O equipamento de solda é do fabricante Elotherm, modelo Eloweld600, com transmissão de energia por contatos elétricos. A máquina de formação segue o conceito *Break Down + Cage Roll*, com três conjuntos de *Fin-Pass*, placa de solda com cinco rolos e tratamento térmico de normalização na região da solda.

3.1 Parâmetros de soldagem

A fim de se analisar a influência do aporte de calor e da velocidade de soldagem nas características da solda, os parâmetros de velocidade e potência foram variados durante o processamento.

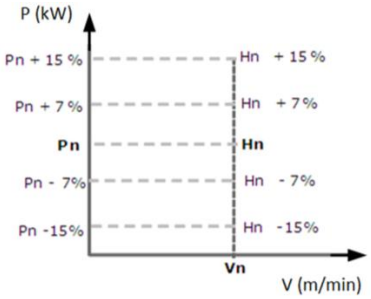
A partir dos parâmetros nominais de velocidade, V_n (m/min), e potência, P_n (kW), o aporte de calor nominal foi calculado segundo a equação 1.

A variação forçada para o aporte de calor durante o processamento foi de ±15%, sendo essa variação aplicada em cinco etapas, especificadas como H_n-15%, H_n-7%, H_n, H_n+7% e H_n+15%. Considerando uma mesma velocidade de soldagem, o aporte de calor foi alterado durante processamento através da variação da potência de soldagem, conforme esquema apresentado na Figura 4.

ISSN 1809-3957

Para avaliar a influência da velocidade, a variação do aporte de calor em ± 15% foi aplicada para cinco velocidades diferentes, sendo essas determinadas também em função da velocidade nominal. Elas foram especificadas como sendo V_n – 4 m/min, V_n – 2 m/min, V_n, V_n + 2 m/min e V_n + 4 m/min. A variação em 2 m/min para determinação dos níveis de velocidades foi determinada visando testar toda a capacidade da máquina de formação e da máquina de solda.

Figura 4 - Variação do aporte de calor em função dos parâmetros nominais.

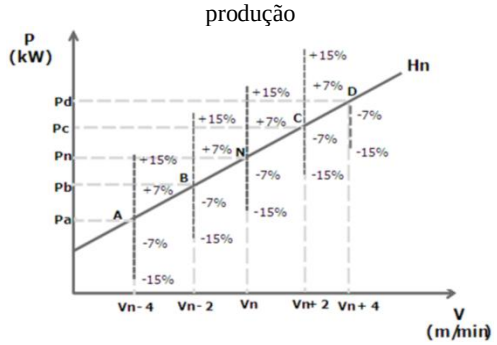


Fonte: Autores 2012

Para avaliar a influência da velocidade, a variação do aporte de calor em ± 15% foi aplicada para cinco velocidades diferentes, sendo essas determinadas também em função da velocidade nominal. Elas foram especificadas como sendo V_n – 4 m/min, V_n – 2 m/min, V_n, V_n + 2 m/min e V_n + 4 m/min. A variação em 2 m/min para determinação dos níveis de velocidades foi determinada visando testar toda a capacidade da máquina de formação e da máquina de solda. As potências de soldagem correspondentes a cada velocidade aplicada foram determinadas a partir do H_n.

Dessa maneira foram determinados 23 pares de velocidade e potência diferentes, conforme Figura 5. As potências Pd + 7% e Pd + 15%, correspondente a Vn + 4 m/min, estão acima do limite do equipamento de soldagem e por isso não foram testadas.

Figura 5 - Combinações de potência e velocidade aplicadas em produção



Fonte: Autores 2012

Cada par potência-velocidade, por exemplo P_a – 7%, V_n – 4 m/min, foi – especificado como sendo uma condição aplicada.

3.2 Medição dos parâmetros de soldagem

Os parâmetros de potência e velocidade de soldagem foram registrados *on-line* a fim de se confirmar a obtenção e manutenção dos valores desejados ao longo do processamento de cada condição.

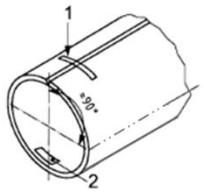
3.3 Ensaios para caracterização e análises do metal base e solda

Para caracterização do metal base e da solda foram realizados: análise metalográfica, ensaio de tração, ensaio de impacto Charpy (metal base), ensaio de dureza e Análise por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) e EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva).

3.4 Retirada de amostras

Para a retirada dos corpos-de-prova dos tubos produzidos foi determinado, com base na norma de fabricação de tubos API 5L, os locais nos quais os mesmos devem ser obtidos. A Figura 6 ilustra os locais de retirada de corpos-de-prova, sendo 1 a posição para retirada de corpos-de-prova da solda e 2 a posição para retiradas no metal base.

Figura 6 - Local de retirada de amostras no tubo.



3.5 Análise metalográfica

Lixamento e Polimento: realizados manualmente em equipamento de discos rotativos da marca Prazis, APV-V. Granulometria das lixas: # 100, #220, #320, #400 e #600. Polimento com pasta de diamante na sequência #6 µm e #3 µm.

Realização de macrografia: Câmera Evolution LC; Software de captura de imagens Image Express;

Realização de micrografias: microscópio óptico Zeiss, modelo AXIO Observer Z1M; objetiva EC Epiplan 20x; câmera AxioCam MR3; software de captura e análise de imagens Carl Zeiss Micro Imaging.

Na análise metalográfica da amostra #2M foram analisados o tamanho de grão e a microestrutura presente no metal base e na área tratada termicamente. Os tamanhos de grão foram medidos de acordo com a norma ASTM E112, utilizando o método do intercepto.

3.6 Ensaio de tração

Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ASTM E8M. Limite de escoamento, LE (determinado a 0,5% da extensão total); Limite de resistência a tração, LRT; Razão de escoamento, LE/LRT e Alongamento, AL.

Para a região da solda, o ensaio de tração visou à obtenção do limite de resistência à tração.

3.7 Ensaio de dureza

O ensaio de dureza Vickers com carga de 10 kg foi realizado na seção transversal de uma amostra da solda, após a mesma passar por procedimento metalográfico de lixamento e polimento, em acordo com a norma ASTM E384. A amostra utilizada para o ensaio de dureza foi a mesma utilizada para a análise da microestrutura (dimensões 70 mm x 70 mm, retirada do primeiro tubo produzido). Os pontos de impressão foram realizados de acordo com a norma API 5L.

ISSN 1809-3957

3.8 Ensaio de impacto Charpy

Os ensaios Charpy foram realizados em acordo com a norma ASTM E23, com corpos-de-prova de dimensões 10 mm x 7,5 mm x 55 mm, entalhe em V central de 45 ° com 2 mm de profundidade. Os ensaios foram realizados em uma máquina Zwick/Roell, modelo Zwick PSW750 com capacidade para 750 J. A temperatura de realização dos ensaios foi de 0 °C.

3.9 Análise por MEV e EDS

Análises de amostras fraturadas no ensaio de impacto Charpy foram realizadas no MEV, marca JEOL, modelo JSM-6360, em conjunto com EDS, marca Thermo Electron, modelo 6714A-1505-SN. Foram analisadas as amostras fraturadas referentes aos tubos dos quais se desejou analisar os defeitos presentes.

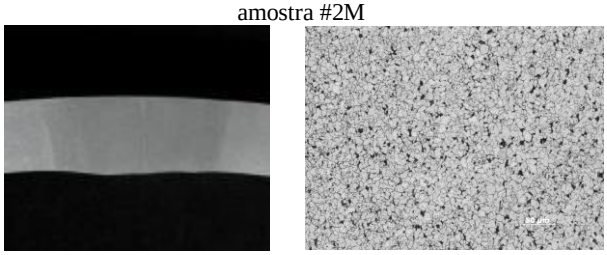
IV. RESULTADOS

4.1 Análise metalográfica

A primeira análise foi realizada através da macrografia da amostra, evidenciada na Figura 7 (a). Nessa macrografia é percebido que o ataque com Nital 3% realizado na amostra demarca a região na qual ocorreu o tratamento térmico de normalização (região em cinza mais escuro, no centro da amostra).

Na Figura 7 (b) referente à área tratada, é verificado uma estrutura ferrítica-perlítica típica, com grãos equiaxiais.

Figura 7 – Macro e Micrografia da área tratada e metal base da amostra #2M



(a) Macrografia, área tratada

(b) Micrografia, metal base

Os resultados dos ensaios de tração realizados estão descritos na Tabela 1. É possível verificar que os valores para LE, LRT, LE/LRT e AL para o metal base estão em acordo com as especificações referentes ao grau X56 da norma API 5L. Considerando o valor para LRT na solda, também é verificado que está em acordo com o especificado pela norma.

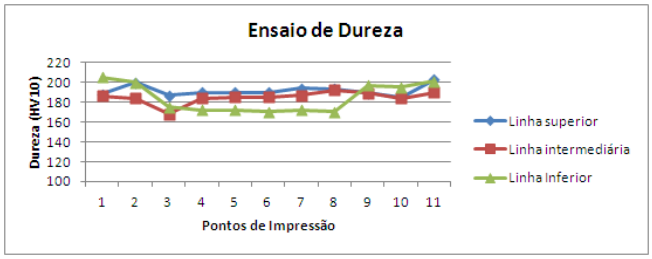
Tabela 1 - Resultado dos ensaios de tração no metal base e solda

Tubo	Metal Base				Solda
	LE	**LRT**	**LE/LRT**	**Al**	**LRT**
	(MPa)	(MPa)		(%)	(MPa)
01 01	463	563	0,86	33,9	608

4.1.4 Ensaio de dureza

A fim de comparar os resultados entre as regiões e ao longo da espessura, foi plotado o gráfico da Figura 8. Do gráfico é possível verificar que não existe diferença significativa nos valores de dureza, entre os pontos de impressão das regiões de metal base e área tratada; e também entre as linhas. Os valores de dureza da área tratada (pontos de 4 a 8) e do metal base (1 a 3 e 9 a 11) reforçam a análise microestrutural realizada, na qual nenhuma diferença significativa em termos de micro-constituintes e também em termos de tamanho de grão foi encontrada entre as duas regiões.

Figura 8 - Gráfico com o resultado do ensaio de dureza.



4.1.5 Ensaio de impacto Charpy

O resultado do ensaio de impacto Charpy a 0 °C no metal base está detalhado na Tabela 2. Dos três corpos-de-prova testados, a energia absorvida mínima foi de 156 J, sendo a média de 160 J e desvio padrão de 4 J, o que demonstra pouca dispersão entre os ensaios. A porcentagem de fratura dúctil foi de 100% para as três amostras.

Tabela 2 - Resultado do ensaio de impacto Charpy no metal base

TUBO	ENERGIA ABSORVIDA (J)				% FRATURA DUCTIL			
	1	2	3	Média	1	2	3	Média
01 01	156	164	160	**160**	100	100	100	**100**

4.2 Análise comparativa dos valores de energia absorvida da solda

Os valores obtidos de cada corpo-de-prova foram separados por condição aplicada, sendo criadas as Tabelas 3 a 7. Cada tabela corresponde a um nível de velocidade e os valores de energia absorvida estão dispostos conforme os cinco níveis de aporte de calor. Nas tabelas foram calculados a média, o desvio padrão e o mínimo de energia absorvida tanto para cada aporte de calor aplicado como também considerando todos os valores da tabela. Os cálculos que consideram todos os valores da tabela foram dispostos na coluna "resumo".

Tabela 3 - Valores de energia absorvida para Vn – 4 m/min

	Energia Absorvida (J)					
	Hn−15%	Hn−7%	Hn	Hn+7%	Hn+15%	
	53	152	136	196	191	
	20	167	158	173	216	
	14	212	265	168	218	
	75	137	89	204	177	
	35	192	161	208	190	
	21	168	250	160	190	
	48	134	161	270	166	
	59	173	202	250	108	
	26	190	166	275	179	
Cálculos						Resumo(J)
Média	39,0	169,4	176,4	211,6	181,7	155,6
Desv.Pad.	20,8	25,9	54,9	43,7	32,5	70,5
Mínimo	14,0	134,0	89	160,0	108,0	14,0

ISSN 1809-3957

Tabela 4 - Valores de energia absorvida para Vn – 2 m/min

Energia Absorvida (J)						
	Hn−15%	Hn−7%	Hn	Hn+7%	Hn+15%	
	145	215	193	158	140	
	147	161	168	197	198	
	134	206	200	192	234	
	139	190	161	189	154	
	207	147	154	246	263	
	152	157	171	193	125	
	88	200	172	92	9	
	138	267	161	176	274	
	208	190	201	239	139	
Cálculos						Resumo(J)
Média	150,9	192,6	175,7	186,9	170,7	175,3
Desv.Pad.	37,1	36,5	17,8	45,2	82,5	48,7
Mínimo	88,0	147,0	154,0	92,0	9,0	9,0

Tabela 5 - Valores de energia absorvida para Vn

Energia Absorvida (J)						
	Hn−15%	Hn−7%	Hn	Hn+7%	Hn+15%	
	161	156	185	161	143	
	143	176	209	190	197	
	111	169	153	179	143	
	134	195	105	153	142	
	109	195	230	186	162	
	162	168	184	174	183	
	121	180	250	166	201	
	147	166	166	155	138	
	166	193	182	157	154	
Cálculos						Resumo(J)
Média	139,3	177,6	184,9	169,0	162,6	166,7
Desv.Pad.	21,9	14,2	42,8	13,8	24,9	29,2
Mínimo	109,0	156,0	105,0	153,0	138,0	105,0

Tabela 6 - Valores de energia absorvida para Vn + 2 m/min

Energia Absorvida (J)						
	Hn−15%	Hn−7%	Hn	Hn+7%	Hn+15%	
	254	166	200	151	185	
	154	184	138	197	183	
	147	194	176	210	187	
	136	205	186	169	207	
	184	188	200	178	134	
	145	238	220	264	142	
	182	177	148	145	188	
	197	196	178	176	187	
	171	185	206	187	267	
Cálculos						Resumo(J)
Média	174,4	192,6	183,6	186,3	186,7	184,7
Desv.Pad.	36,3	20,4	26,9	35,6	38,2	31,3
Mínimo	136,0	166,0	138,0	145,0	134,0	134,0

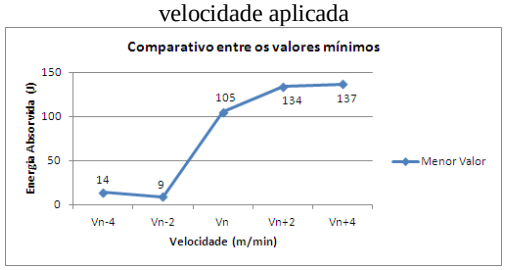
Tabela 7 - Valores de energia absorvida para Vn + 4 m/min

Energia Absorvida (J)				
	Hn−15%	Hn−7%	Hn	
	194	195	181	
	168	165	186	
	162	205	174	
	191	179	137	
	180	186	176	
	163	173	176	
	256	160	167	
	170	193	172	
	206	182	192	
Cálculos				Resumo (J)
Média	187,8	182,0	172,4	181,1
Desv.Pad.	29,8	14,6	15,6	21,2
Mínimo	162,0	160,0	137,0	137,0

Na Figura 9 é ilustrado o gráfico com a distribuição do valor mínimo de energia absorvida entre as velocidades. Analisando a distribuição dos valores, é verificado que, para Vn – 4 m/min e para Vn – 2 m/min, os valores de energia absorvida estão muito abaixo dos valores obtidos a partir de Vn. Esse resultado indica que as implicações que a variação do aporte de calor em ± 15% têm na solda dependem da velocidade de soldagem.

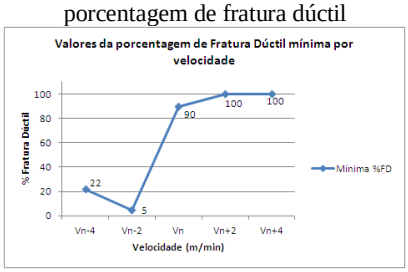
Este efeito da velocidade de soldagem também é verificado quando se analisa a porcentagem de fratura dúctil. Na Figura 10 está ilustrado o gráfico com os valores mínimos de porcentagem de fratura dúctil para as velocidades.

Figura 9 - Comparação entre os valores mínimos de cada velocidade aplicada



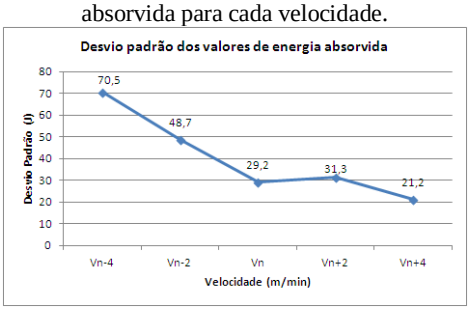
De maneira similar a energia absorvida, a porcentagem de fratura dúctil mínima aumenta com o aumento da velocidade. A partir de Vn, a porcentagem de fratura dúctil é maior que a referência de 85% e para Vn + 2 m/min e Vn + 4 m/min nenhum dos corpos-de-prova testados obteve um resultado inferior a 100%.

Figura 10 - Comparação entre os valores mínimos de porcentagem de fratura dúctil



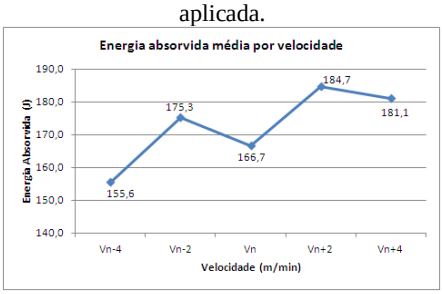
A análise do desvio padrão dos valores de energia absorvida entre as velocidades também indica a influência da velocidade de soldagem Figura 11. O desvio padrão diminui continuamente desde Vn – 4 m/min, indicando a diminuição da dispersão dos resultados com o aumento da velocidade.

Figura 11 - Distribuição do desvio padrão dos valores de energia absorvida para cada velocidade.



Como consequência da redução da dispersão entre os resultados de energia absorvida, é possível observar também o aumento da média dos valores entre as velocidades Figura 12.

Figura 12 - Gráfico com a energia absorvida média por velocidade aplicada.



ISSN 1809-3957

V. CONCLUSÕES

Com a variação dos valores de aporte de calor e velocidade de soldagem, foi possível a obtenção de 23 combinações entre esses parâmetros durante a produção de tubos de 13 3/8" x 0,380" API 5L X56, pelo processo HF-ERW. As variações de velocidade foram de ± 4 m/min e as variações de aporte de calor foram de ± 15%, ambos em relação aos valores nominais.

A caracterização do metal base e da solda foi realizada com base nas análises da microestrutura, dureza e energia absorvida em ensaio de impacto Charpy. Dessas análises foi verificado que:

Na análise de composição química a relação Mn/Si está dentro da faixa considerada ótima (7 a 9) para o processo HF-ERW e as porcentagens em massa de todos os elementos estão em acordo com a norma API 5L X56.

A análise microestrutural da região da solda já tratada possibilitou verificar a estrutura ferrítica-perlítica com grãos equiaxiais da região. Para o metal base, a análise microestrutural também constatou a estrutura ferrítica-perlítica, porém foi identificado grãos mais alongados. Embora a diferença encontrada na morfologia dos grãos, na contagem do tamanho de grão, foi possível verificar que ambas as estruturas apresentam valores próximos.

O ensaio de tração no metal base e na solda possibilitou verificar que os níveis de resistência mecânica estão em acordo com o grau X56 da API 5L.

No ensaio de dureza foi verificado que não existe diferença significativa entre os valores de dureza do metal base e da região tratada termicamente, sendo obtidos valores entre 160 e 210 HV10.

No ensaio de impacto Charpy no metal base foi verificado que a energia média absorvida a 0 °C, considerando três corpos-de-prova, foi de 160 J.

Na análise comparativa dos valores de energia absorvida em ensaio de impacto foi verificado que o aumento da velocidade é benéfico para a solda e provoca o aumento da robustez do processo. A melhora na resistência ao impacto da solda ocorre pela diminuição da dispersão dos resultados. O aumento da robustez decorre do fato que, a partir de Vn, nenhum resultado foi abaixo de 50 J, para as mesmas variações de ± 15% no aporte de calor.

A correlação entre os resultados e os fenômenos de soldagem também foi realizada, sendo analisado que:

Para as condições a partir de Vn, os benefícios conseguidos pelo aumento da velocidade são consequências do aumento da estabilidade do canal estreito e, devido à obtenção de solda com boa resistência ao impacto para todas as combinações, o fenômeno de soldagem tipo 2 deve ser o predominante.

Para Vn – 4 m/min, Hn – 15%, a baixa resistência ao impacto obtida na solda e a comparação com uma condição de maior aporte de calor (Hn – 7%), indicam a obtenção do fenômeno de soldagem tipo 1.

Para Hn + 15%, Vn – 2 m/min, no corpo-de-prova que obteve baixa energia absorvida, foi evidenciado a presença de penetrators na fratura. Dessa análise foi possível presumir que ocorreu uma instabilidade no canal estreito durante a soldagem.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOI, J.-H. et al.. **Penetrator Formation Mechanisms during High Frequency Electric Resistance Welding**, Welding Journal, 2004. p. 27S-31S.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. **Ensaio dos Materiais.** Rio de Janeiro: LTC, 2000. 247p.

ICHIHARA, H. et al.. **Manufacture of Alloy Steel Tube by High Frequency Electric Resistance Welding.** Transactions ISIJ, 1986. Vol. 26. p. 469-475.

KIM, D. et al.. **Estimation of Weld Quality in High-Frequency Electric Resistance Welding with Image Processing**, Welding Journal, 2007. p. 71S-79S.

KOMINE, I.; TAKAHASHI, I.; ISHIRO, S. **Heat Control for Electric Resistance Welding is Steel Pipe Production**, Presented at the International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation: Milwaukee-Wisconsin, 1986.

MARQUES, P. V. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia** / Paulo Villani Marques, Paulo José Modenesi, Alexandre Queiroz Bracarense, 3.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 365p.

MINAHARA, Y. et al.. **A New Automatic Heat Input Control for Production of Eletric Resistance Welded Pipe**, Transactions ISIJ, 1986. Vol. 26. p. 476-483. NICHOLS, R. K. **High Frequency Pipe & Tube Welding**, Thermatool Corp.,1994. 154p.

SAITO, M. et al.. **Theoretical Analysis of Current Distribution in Electric Resistance Welding**, Transactions ISIJ, 1986. Vol. 26. p. 461-467.

TATSUWAKI, M. et al.. **Automatic Welding Control System for Electric-resistance Weld Tube Mill**, Transactions ISIJ, 1984. Vol. 24. p. 847-856..

WAINER, E. **Soldagem: processos e metalurgia** / Coordenação Emilio Wainer, Sérgio Duarte Brandi, Fábio Décourt Homem de Melo, São Paulo: Blucher, 1992. 494p.

WATANABE, S. et al. **Recent Progress in Techniques of Manufacturing Small Diameter Electric-Resistance Weld Tubes**. Kawasaki Steel Technical Report No. 4, 1981.

WATANABE, N. et al.. **An Automatic Power Input Control System in High Frequecy Electric Resistance Welding**, Transactions ISIJ, 1986. Vol. 26. p. 453-460.

YOKOYAMA, E. et al.. **Effects on Penetrator Defect Occurrence of Welding Conditions and Mn/Si Ratio of ERW High Manganese Line Pipe.** Kawasaki Steel Giho, 1978. Vol. 10. No.1.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE DE FALHA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO AUSTENÍTICO AISI 304 EM JUNTAS DE CABEÇOTE DE MOTORES DIESEL DOS REBOCADORES DE NAVIO

FAILURE ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF AISI 304 AUSTENIC STEEL IN DIESEL ENGINES OF SHIP TUGS

JOSÉ ALBERTO LOZER DE ALPINO[1]; LEONARDO CABRAL GONTIJO[1];
VLADIMIR DA ROCHA CORDEIRO JÚNIOR[2]
1 – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS (PROPEMM) DO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (IFES)
2 – PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO (PROPECAUT) DO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (IFES)
jose.alpino@vale.com; pleooog@gmail.com; vladimir.cordeiro@vale.com

Resumo – A fim de avaliar as causas pelas quais ocorre a falha por vazamento de gases da câmara de combustão de motores diesel em rebocadores de navio na VALE S/A, foram analisadas as juntas de cabeçote responsáveis pela vedação entre o cabeçote e o cilindro do motor. Estas juntas possuem um anel metálico fabricado em aço inoxidável AISI 304 e apresentam falha de vedação prematuramente no motor diesel gerando perda de potência. Amostras foram coletadas, de motores que apresentaram falha e também de motores que não apresentaram falha, e submetidas a ensaios de laboratório para avaliar as possíveis alterações microestruturais e mecânicas devido ao tempo de exposição do material a temperaturas elevadas no motor. Constatando-se que a liga não sofre alteração permanente após os longos períodos de exposição à temperatura, mas contrai durante o funcionamento do motor por resfriamento indevido.

Palavras-chave: Análise de falha. Aço inoxidável. Motor diesel. Junta de cabeçote.

Abstract - In order to evaluate the causes of failure by gas leakage from the combustion chamber of diesel engines of ship tugs at VALE S/A, the head gaskets responsible for sealing between the cylinder head and the engine cylinder were analyzed. These gaskets feature a metal ring made of AISI 304 stainless steel and have premature failure of the diesel engine to generate loss of power. Samples were collected from failed engines and from engines that did not fail, and were submitted to laboratory tests to evaluate the possible microstructural and mechanical changes due to the time of exposure of the material to high engine temperatures. Note that the alloy does not undergo permanent change after the long periods of exposure to temperature, but contracts during operation of the motor due to undue cooling.

Keywords: Failure analysis. Stainless steel. Diesel engine. Head gasket.

I. INTRODUÇÃO

Segundo a NBR 5462 (1994), falha é o término da capacidade de um item desempenhar sua função requerida. A falha pode ocorrer tanto no material de construção como no seu projeto de execução e sua ocorrência é quase sempre um evento indesejável, pois exige a parada de equipamentos para reparos não programados elevando os custos de manutenção e podendo trazer riscos a vida humana. Por isso, é preciso se antecipar considerando as possíveis falhas e, caso ocorram, avaliar as possíveis causas para tomar medidas de prevenção apropriadas contra futuros incidentes (CALISTER, 2008). Para tanto, faz-se necessário o conhecimento sobre o funcionamento dos equipamentos, seus componentes, bem como o que pode falhar no sistema.

Neste estudo será analisada a falha ocorrida no anel metálico da junta do cabeçote dos motores diesel de rebocadores de navio da VALE S/A, fabricado em aço inoxidável AISI 304, que tem por função assegurar a estanqueidade das câmaras de combustão, bem como a continuidade dos circuitos de água de refrigeração do motor e dos circuitos de passagem do óleo lubrificante do motor. O anel metálico é esmagado com o aperto na montagem do motor e deve ser usado somente uma vez (MARTINS, 2006). Após sua montagem o anel metálico fica exposto a temperaturas de até 756°C durante o funcionamento do motor.

A falha no anel metálico ocorre prematuramente, uma vez que o fabricante do motor recomenda a substituição das juntas do cabeçote de forma preventiva somente a cada 9.000 horas, mas a falha surge antes das primeiras 5.000 horas de funcionamento. Assim, se faz necessário identificar as possíveis causas desta falha e propor ações para que não voltem a ocorrer. Para isso, foram caracterizados os anéis metálicos AISI 304 responsáveis pela vedação da câmara de combustão.

II. PROCEDIMENTOS

Foram coletados seis (06) anéis metálicos para servirem de amostras para análise em laboratório. Estes são fabricados em aço austenítico AISI 304 com diâmetro aproximado de 200mm e sessão transversal de 2,64mm² (Figura 1).

ISSN 1809-3957

Figura 1 - Amostra do anel de vedação em aço AISI 304

Fonte: Autores, 2016.

As amostras para realização de ensaios foram coletadas nas seguintes condições:

- ✓ 02 anéis novos;
- ✓ 02 anéis retirados de um motor que apresentou a falha;
- ✓ 02 anéis retirados de um motor que não apresentou falha.

Os anéis de aço austenítico são aplicados entre o cabeçote e o cilindro, deformados plasticamente na montagem para garantir vedação da câmara de combustão.

Para fins de comparação e avaliação entre as amostras, todas foram caracterizadas utilizando as técnicas de espectrometria por fluorescência de raios-X, análise metalográfica, ensaios mecânicos de microdureza e tração.

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios estão apresentados a seguir:

3.1 – Espectrometria por fluorescência de raios-X

As amostras foram removidas dos anéis metálicos para realização dos ensaios de espectrometria, sendo apresentados os resultados conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da espectrometria (%peso)

Elemento	Norma AISI 304	Anel NOVO	Anel SEM FALHA	Anel COM FALHA
Mn	2,00 máx.	1,17	1,25	1,21
Ni	8,00-10,00	10,16	9,26	9,42
Cr	18,00-20,00	18,11	17,95	18,17
Fe	Balanço	69,80	70,76	70,50

Fonte: Autores, 2016.

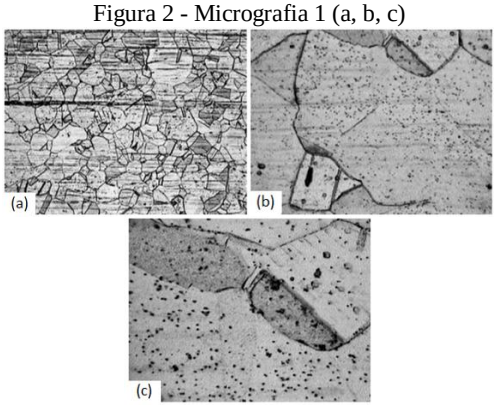
3.2 – Análise metalográfica

As amostras foram removidas dos anéis e sua preparação metalográfica realizada com lixamento até #1200, com posterior polimento em suspensão de alumina 1µm. O ataque foi realizado com o reagente Villela, seguido de análise via microscopia óptica.

3.2.1 – Amostras de anéis novos

Micrografia 1: Centro da seção (Figura 2)
(a) Microestrutura composta por matriz austenítica, 100X.
(b) Detalhe da região (a), 400X.
(c) Detalhe da região (b), 800X. Presença de precipitação de carbetos na matriz e no contorno de grão.

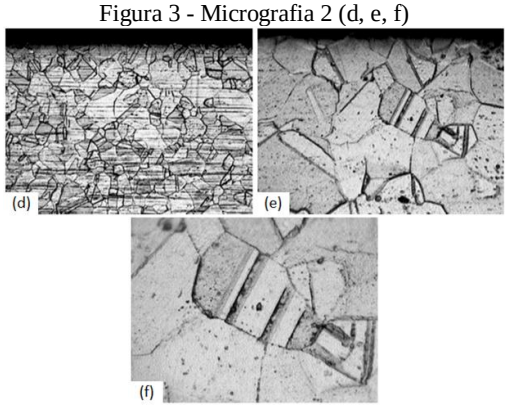
Figura 2 - Micrografia 1 (a, b, c)



Fonte: Autores, 2016.

Micrografia 2: Superfície externa (Figura 3)
(d) Microestrutura composta por matriz austenítica, 100X.
(e) Detalhe da região (d), 400X.
(f) Detalhe da região (e), 800X. Apresenta maclas de deformação.

Figura 3 - Micrografia 2 (d, e, f)

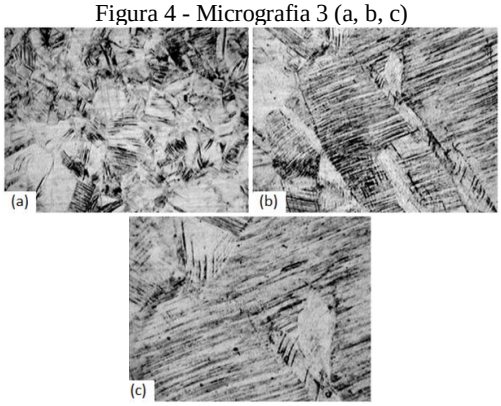


Fonte: Autores, 2016.

3.2.3 – Amostras de anéis retirados de um motor que não apresentou a falha

Micrografia 3: Centro da seção (Figura 4)
(a) Microestrutura composta por matriz austenítica com martensita induzida por deformação, 100X.
(b) Detalhe da região (a), 400X.
(c) Detalhe da região (b), 800X.

Figura 4 - Micrografia 3 (a, b, c)



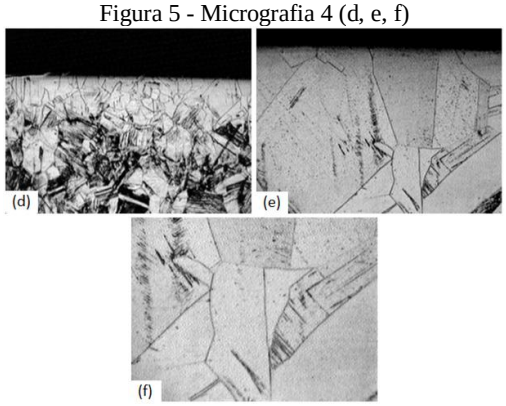
Fonte: Autores, 2016.

Micrografia 4: Superfície externa (Figura 5)
(d) Microestrutura composta por matriz austenítica com martensita induzida por deformação, 100X.
(e) Detalhe da região (d), 400X.

ISSN 1809-3957

(f) Detalhe da região (e), 800X. Presença de recristalização superficial.

Figura 5 - Micrografia 4 (d, e, f)

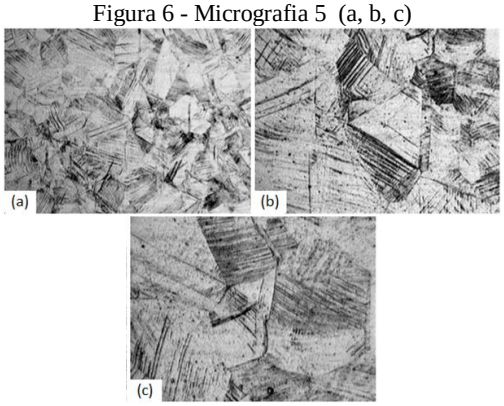


Fonte: Autores, 2016.

3.2.5 – Amostras de anéis retirados de um motor que apresentou a falha

Micrografia 5: Centro da seção (Figura 6)
(a) Microestrutura composta por matriz austenítica com martensita induzida por deformação, 100X.
(b) Detalhe da região (a), 400X.
(c) Detalhe da região (b), 800X.

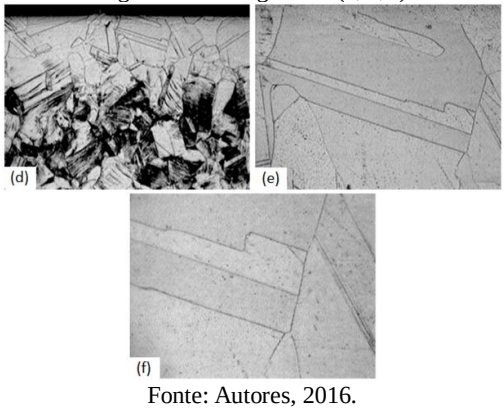
Figura 6 - Micrografia 5 (a, b, c)



Fonte: Autores, 2016.

Micrografia 6: Superfície externa (Figura 7)
(d) Microestrutura composta por matriz austenítica com martensita induzida por deformação, 100X.
(e) Detalhe da região (d), 400X.
(f) Detalhe da região (e), 800X. Apresenta recristalização superficial.

Figura 7 - Micrografia 6 (d, e, f)

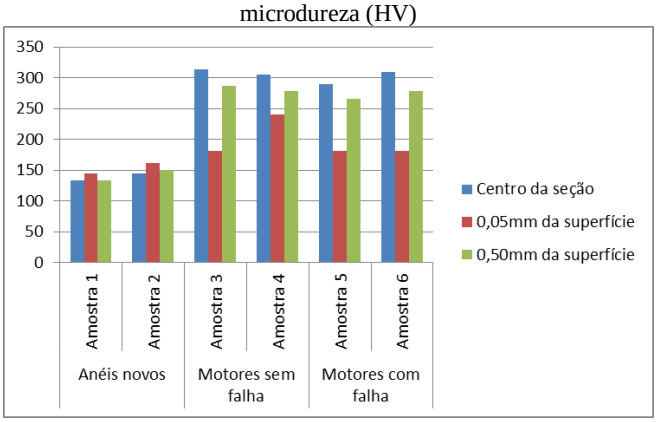


Fonte: Autores, 2016.

3.3 – Ensaio de microdureza

Os ensaios foram realizados na seção longitudinal das amostras, utilizando a escala Vickers com carga de 1kg (Figura 8).

Figura 8 - Comparação dos resultados obtidos no ensaio de microdureza (HV)

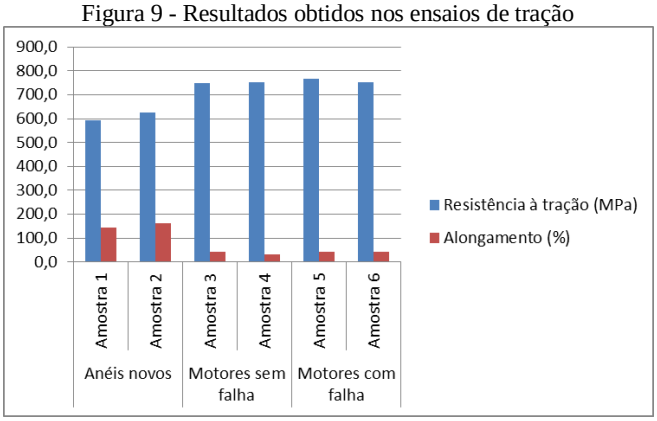


Fonte: Autores, 2016.

3.4 – Ensaio de tração

As amostras foram submetidas ao ensaio de tração segundo a norma ASTM A370, utilizando dispositivo especialmente confeccionado. Seção transversal das amostras igual a 2,64mm² (Figura 9).

Figura 9 - Resultados obtidos nos ensaios de tração



Fonte: Autores, 2016.

3.5 – Discussão sobre os resultados obtidos

Foram mapeadas cinco possíveis causas para o surgimento da falha nos anéis metálicos e estas confrontadas com os resultados dos ensaios de laboratório. A avaliação das causas mais prováveis está descrita a seguir:

3.5.1 – Materiais de ligas diferentes

O aço 304 é um material com excelente ductilidade. Sem dúvida, é o aço inoxidável com maior variedade de aplicações, o que é uma consequência direta de sua excelente resistência à corrosão, sua capacidade de conformação, sua ótima soldabilidade e as excelentes propriedades mecânicas que possui. Com o 304, se fabricam talheres, baixelas e panelas, bules para café e leite, cubas e pias, fogões e fornos (elétrico e microondas), cestos de máquinas de lavar roupa e muitos outros utensílios domésticos e eletrodomésticos. Na construção civil, é usado em elevadores, no revestimento de edifícios (superfícies externas e internas). Nas aplicações industriais está presente

ISSN 1809-3957

em tubos, tanques, reatores, colunas de destilação, trocadores de calor, condensadores, em diversas indústrias, como por exemplo, do álcool, do açúcar, dos sucos de fruta, da cerveja, do vinho, do leite e lacticínios, indústrias químicas, farmacêuticas, de cosméticos e de derivados do petróleo (ARCELOR, 2008).

Ordinariamente, a formação de ligas é utilizada em metais para aumentar a sua resistência mecânica e sua resistência à corrosão. A adição de átomos de impurezas a um metal irá resultar na formação de uma solução sólida de nova fase, dependendo dos tipos de impurezas, de suas concentrações, e da temperatura da liga (CALLISTER, 2008). Assim, diferentes ligas podem se comportar de formas diferentes em aplicações semelhantes. Por isso, a importância de se avaliar os anéis metálicos quanto a sua composição.

Esta é uma causa improvável visto que a análise espectrométrica revelou que as amostras são de uma mesma liga AISI 304.

3.5.2 – Deformação por fadiga térmica ou fluência

O termo fadiga é utilizado porque a falha geralmente ocorre após longos períodos de tempo após solicitação cíclica. Praticamente todos os tipos de materiais estão sujeitos à falha por fadiga. Em geral, a resistência à fadiga dos metais diminui com o aumento da temperatura. À medida que a temperatura é aumentada bem acima da temperatura ambiente (a grosso modo, temperaturas superiores à metade do ponto de fusão), torna-se importante o fenômeno de fluência. No entanto, tensões residuais compressivas, podem ser aliviadas à medida que a temperatura aumenta. Os equipamentos que trabalham a temperaturas elevadas apresentam frequentemente condições para a fadiga térmica. O aço inoxidável austenítico é particularmente sensível a este fenômeno, uma vez que possui baixa condutividade térmica e alta expansão térmica (DIETER, 1981).

Os materiais colocados em serviço a temperaturas elevadas e ficam expostos a tensões mecânicas estáticas (por exemplo, rotores de turbinas em motores a jato e geradores a vapor que experimentam tensões centrífugas, e linhas de vapor de alta pressão). A deformação sob tais circunstâncias é conhecida por fluência. Definida como sendo a deformação permanente e dependente do tempo de materiais, quando estes são submetidos a uma carga ou tensão constante, a fluência é em geral um fenômeno indesejável e, com frequência, é o fator de limitação na vida útil de uma peça. Ela é observada em todos os tipos de materiais e para os metais, ela se torna importante apenas a temperaturas superiores a aproximadamente 0,4Tf (Tf = temperatura absoluta de fusão) (CALLISTER, 2008).

Causa improvável, pois o resultado dos ensaios de tração e microscopia óptica revelam padrão similar das amostras.

3.5.3 – Alterações da microestrutura

Muitas vezes, as propriedades físicas e, em particular, o comportamento mecânico de um material dependem da microestrutura. A microestrutura está sujeita a observação microscópica direta, utilizando-se microscópios óticos ou eletrônicos. Em ligas metálicas, a microestrutura é caracterizada pelo número de fases presentes, por suas proporções, e pela maneira pela qual elas estão distribuídas ou arranjadas. A microestrutura de uma liga depende de variáveis tais como os elementos de liga presentes, suas concentrações e o tratamento térmico da liga (isto é, a temperatura, o tempo de aquecimento à temperatura do tratamento e a taxa de resfriamento até a temperatura ambiente).

No caso das amostras analisadas, observa-se a presença de martensita induzida mais ao centro, atribuído a deformação a frio aplicada na ocasião da montagem do conjunto no motor. Também é observada a recristalização das superfícies das amostras devido à operação normal do motor em temperaturas superiores a 600°C, que seriam suficientes para a recristalização da microestrutura conforme mencionada Kenny (2002).

Causa improvável, isto porque a microscopia ótica mostrou que as microestruturas apresentam características semelhantes, tanto para os motores que apresentaram falha com também para os que não apresentaram a falha.

3.5.4 – Corrosão por sensitização

A quantidade máxima de carbono nos aços 304, 316 e 317 é de 0,08%. Quando esses materiais são submetidos a temperaturas entre 425 e 850 C, o carbono e o cromo se combinam e se precipitam como carboneto de cromo. Esta precipitação ocorre preferencialmente nos contornos de grão do material, o que provoca um empobrecimento de cromo nas regiões adjacentes dos mesmos. O fenômeno é conhecido como sensitização e um material sensitizado (dependendo da intensidade da precipitação de carbonetos de cromo) pode ficar com quantidades de cromo em solução sólida, nas adjacências dos contornos de grão, tão baixas que essas regiões já não terão a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis. Os materiais sensitizados, quando estão em contato com determinados meios, em particular meios ácidos, sofrerão corrosão. Como o empobrecimento do cromo ocorre nas adjacências dos contornos de grão, esse tipo de corrosão acaba destacando os grãos do material, sendo conhecida como corrosão intergranular e segundo Tavares *et al.* (2008), podem ser vistos no AISI 304 a partir de 750°C.

Causa improvável. As imagens da microscopia revelaram que não há sinais de corrosão intergranular na liga e nem outros tipos dela.

3.5.5 – Contração do material

Quando um corpo sólido é aquecido ou resfriado, a distribuição interna de temperatura irá depender do seu tamanho e da sua forma, da condutividade térmica do material e da taxa de variação da temperatura. As tensões térmicas podem ser estabelecidas como resultado de gradientes de temperatura ao longo de um corpo, causados frequentemente por um rápido aquecimento ou resfriamento, onde a parte exterior muda de temperatura mais rapidamente do que a parte interior; variações diferenciais das dimensões servem para restringir a livre expansão ou contração de elementos de volume adjacentes no interior da peça. Por exemplo, com o aquecimento, a parte exterior de uma amostra encontra-se mais quente e, portanto, terá se expandido em maior grau do que as regiões interiores. Dessa forma, são induzidas tensões superficiais de compressão, e estas são contrabalançadas por tensões internas de tração. As condições de tensão interior-exterior se invertem em um

ISSN 1809-3957

caso de resfriamento rápido, tal que a superfície é colocada em um estado de tração (CALLISTER, 2008).

Esta é a causa mais provável, pois através de um exame visual no motor, nota-se que as borrachas de vedação dos circuitos de água de refrigeração do motor apresentam ressecamento e fissuras podendo permitir o resfriamento indevido do anel metálico. Este resfriamento, conforme demonstram Choi (2003), Santos e Andrade (2008), pode fazer contrair o material do anel permitindo o vazamento de gases da combustão. Assim, considerando as temperaturas envolvidas e o coeficiente de expansão/contração térmica do aço inoxidável, é possível estimar a expansão/contração do anel através da Equação 1 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1996). Assim, temos que:

$$\Delta A = A_0 \times \beta \times \Delta T \quad (1)$$

Onde:
A_0 = Área inicial da seção transversal do anel com 2,64mm² ou 2,64 x 10^{-6}m²;
β = Coeficiente de expansão do aço inoxidável ~ 3 x 10^{-5} na faixa entre 540–980°C;
ΔT = 666°C, pois temperatura no anel 756°C e temperatura da água de refrigeração 90°C;

Calculando temos:

$\Delta A = A_0 \times \beta \times \Delta T$
$\Delta A = 2{,}64 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-5} \times 666$
$\Delta A = 5{,}2 \times 10\text{-}6m^2$
$\Delta A = 0{,}052mm^2$

Pode-se concluir que durante o funcionamento normal do motor, ocorre a expansão da seção transversal do anel AISI 304 e que o resfriamento indevido poderia fazer contrair 0,052mm². Tal contração do anel pode permitir o vazamento na câmara de combustão que trabalha com pressões superiores a 240 PSI. Por isso, esta é considerada a causa mais provável para gerar a falha analisada no motor diesel. Paralelo a isto, através de um monitoramento de condições presente nos motores diesel foi verificado que os conjuntos que apresentaram a falha foram os que trabalharam com as maiores temperaturas, em alguns casos ultrapassando 765°C, o que pode ter levado as vedações de borracha próximas a junta de cabeçote a danificarem gerando resfriamento indevido do anel metálico.

IV. CONCLUSÃO

Os ensaios de laboratório permitem concluir que:

- ✓ Os materiais de todas as amostras cumprem requisitos de composição para o aço inoxidável AISI 304;
- ✓ As amostras novas apresentam microestrutura austenítica com bandeamento longitudinal;
- ✓ As amostras retiradas dos motores (tanto que apresentaram a falha ou não) mostram microestrutura austenítica com presença de martensita induzida por deformação no centro da seção e próximo à superfície a microestrutura se apresenta com recristalização, como efeito da temperatura de operação do motor;
- ✓ As amostras retiradas dos motores (tanto que apresentaram a falha ou não) mostraram dureza e propriedades mecânicas muito próximas, compatível com as microestruturas obtidas, considerando que ocorreu deformação plástica intensa promovida pelo tempo de aplicação.

Desta forma, as considerações feitas neste estudo a respeito das possíveis causas para a falha dos anéis metálicos AISI 304 das juntas de cabeçote nos motores diesel de rebocadores de navio na VALE S/A, somadas aos resultados dos ensaios realizados em laboratório, conclui-se que a causa mais provável é a de contração do anel metálico por resfriamento indevido da água de refrigeração do motor.

Como medida preventiva recomenda-se a substituição das juntas de cabeçote por tempo e não por horas de trabalho somente, além de monitorar as temperaturas de trabalho do motor que podem vir a danificar as vedações de borracha das linhas de resfriamento do motor gerando a contração do anel metálico.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade**, 1994.

ARCELOR MITTAL. **Aços Inoxidáveis: Aplicações e Especificações**. Edição jan/2008.

CALLISTER, Willian D. **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução**. 7ª edição. LTC: Editora; 2008.

CHOI, Sangwoo. **Model for estimation of transformation kinectis from the dilatation data during a cooling of hypoeutectoid steels**. Materials Science and Engineering, v. 363, pp. 72–80, 2003.

DIETER, George. **Metalurgia Mecânica**. 2ª Edição. Guanabara Dois: Editora; 1981.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER Jearl. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4ª Edição, LTC: Editora; 1996.

KENNY; SCHINO; SALVATORI. **Effects of martensite formation and austenite reversion on grain refining of AISI 304 stainless steel**. Journal of Materials Science, v. 37, p. 4561–4565, 2002.

MARTINS Jorge. **Motores de combustão interna**. 2ª Edição. Publindústria: Editora; 2006.

SANTOS, Tiago F. A.; ANDRADE, Margareth S. **Avaliação dilatométrica da reversão das martensitas induzidas por deformação em um aço inoxidável austenítico do tipo ABNT 304**. Revista Matéria, v. 13, n. 4, p. 587–596, 2008.

TAVARES, Sérgio S. M.; KINA, Aline Y.; SOUZA, Vanessa M.; PARDAL, Juan M.; SOUZA, José A. **Microstruture and intergranular corrosion resistance evaluation of AISI 304 steel for high temperature service.** Materials Characterization, v. 59, p. 651–655, 2008.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE

TOUGHNESS EVALUATION OF TWO STEELS USED FOR PIPELINE AND VESSEL INDUSTRY AFTER INTERCRITICAL HEAT TREATMENT

XIAOCHEN SONG[1,2]; ANGELO CAPORALLI FILHO[2]; VALDIR ALVES GUIMARÃES[2];
1 - RWTH AACHEN UNIVERSITY, AACHEN, GERMANY 2 - DEPARTMENT OF MATERIALS AND TECHNOLOGY, FEG-UNESP, GUARATINGUETÁ-SP.
valdir@feg.unesp.br

Abstract- ***The influence of intercritical heat treatment and quenching condition on phase morphology of two low carbon steels API 5L X70 and ASTM A516 for pipeline and vessel industry was studied experimentally. Tensile tests were conducted and the fracture behavior of the dual phase steels produced under different heat treatment conditions was investigated using single edge bend (SE(B)) specimens. Within the intercritical annealing temperature range under the same quenching condition, the areal fraction of martensite increased with soaking temperature. While the yield and tensile strength increased with the martensite areal fraction, the fracture toughness did not show a similar trend as with tensile strength. Samples of both steels after total austenization quenched with a different cooling rate were also tested, which showed a great difference in microstructure, strength and toughness. The best combination of tensile property and fracture toughness in the range of this study was achieved by the dual phase with a martensite areal fraction of 51% of API 5L X70 and 58% of ASTM A516.***
Keywords: intercritical heat treatment, dual phase, fracture, toughness

I. INTRODUCTION

The multi phase steels made the superior combination of multi mechanical properties such as strength, ductility, work-hardening rate etc. possible. Dual phase (DP) steels consist of a soft and ductile ferritic martrix with a hard martensite phase in form of islands (IISI,2005; SAYED, 2012). Dual phase microstructures can be developed by intercritical annealing treatment (ICT) of all low-carbon steels in austenite-ferrite region followed by a rapid cooling to room temperature for the austenite-martensite transformation (SAYED, 2012).

The tensile strength and ductility of dual phase steel depend not only on the grain size and the properties of the ferrite and martensite phases, but also on the volume fraction, distribution and morphology of the martensite phase (SUN, 2002). To evaluate the ductility, CTOD was introduced, which is defined as "the displacement of the crack surfaces normal to the original crack plane at the tip of the fatigue precrack"(ASTM E1820, 2011).

In this work, tensile and single edged bend (SE(B)) specimens were prepared in accordance to ASTM E8M-00 and ASTM E1820-11. The specimens were subjected to intercritical annealing (ICT) at selected temperature according to their Ac1 and Ac3 temperature tested in a previous work (GUIMARÃES, 2006). Metallographic and fractographic studies were performed for morphological identification and fracture type verification, respectively. The optimal combination of tensile strength and fracture toughness was required for the API SL X70 microalloyed steel used for the line pipe industry and the ASTM A516 steel used for pressure vessels.

II. EXPERIMENTAL APPROACH

2.1 - Material Preparation

The two materials used for investigation were two low carbon steels in the form of hot-rolled plate: the API 5L X70 microalloyed steel used by the line pipe industry and the ASTM A516 steel used for pressure vessels. The chemical compositions are shown in Table 1.

Table 1 - Chemical composition of the investigated steels obtained using X-Ray diffraction, in wt% [6]

Material	C	Si	Mn	Ni	Ti	V	Nb
API 5L X70	0,09	0,21	1,68	0,02	0,015	0,03	0,05
ASTM A516	0,19	0,23	1,06	0,24	0,02	0,003	0,018

Tensile and single edge bend specimens were prepared respectively in accordance to ASTM E8M-00b[5] and ASTM E1820-11. The geometry of the specimens for each material is shown in Table 2.

Table 2 - Geometry of tensile and SE(B) specimens of the investigated materials

Material	Tensile Specimen		SE(B) Specimen		
	Length [mm]	Diameter [mm]	W [mm]	B [mm]	L [mm]
API 5L X70	50	9	25,4	12,7	116
ASTM A 516	50	9	25,4	16,0	144

2.2 - Heat Treatments

The specimens were subjected to intercritical annealing (ICT) at selected temperatures for 45 minutes in a FDG Equipments SP-S furnace. Ac3 temperatures of API- and ASTM-steels are 874 °C and 824 °C and Ac1 temperatures are 725.2 °C and 721.4 °C. These were obtained by dilatometry tests, already reported in previous work (GUIMARÃES, 2006). After the austenization/ICT of 45 minutes, the samples were subsequently quenched in water or oil. Figure 1 shows the schedule of the heat treatments. The specimens are labeled in the fashion of API-xxx(-O/W) and ASTM-xxx(-O/W), where the last three numbers correspond to the intercritical temperature, O or W stands for oil or water quenching, with cooling rates of 23°C/s and 50 °C/s[6].

ISSN 1809-3957

Figure 1 - Schematic illustration of heat treatments routes (a) API-920-O and API-920-W; (b) API-800, -770 and -740; (c) ASTM-870-O and ASTM-870-W; (d) ASTM-780, -760 and -740

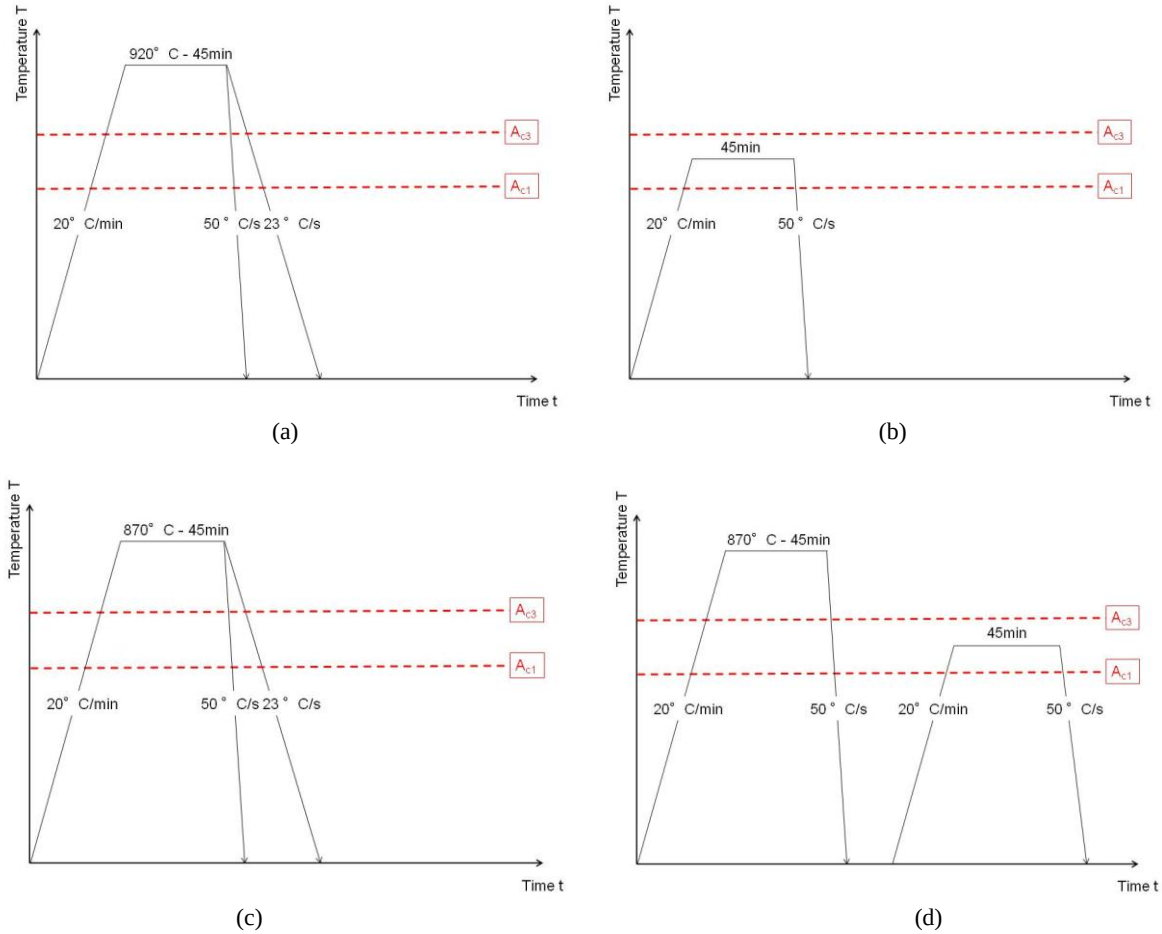
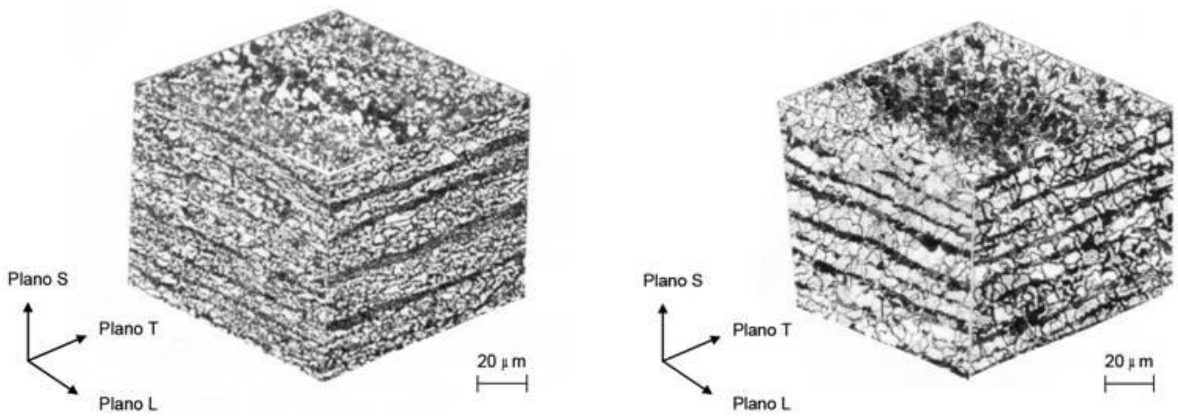


Figure 2 - Microstructure of (a) API 5L X70 and (b) ASTM A516 in as-received status (GUIMARÃES, 2006).



After the heat treatment, cross sections of the samples were ground, polished, etched with Nital (2% nitric acid in methzlalcohol), and observed using Nikon EPIPHOT 200. Metallographic photos were taken using AxioCam ERc5s to reveal the morphology of the phases and the image analyzer software ImageJ was used to for the determination of areal fraction. 4. Tensile Tests and Fracture Toughness Tests Tensile tests were carried out in an INSTRON 8801 at ambient temperature with a crosshead speed of 2 mm·min-1. Fatigue Crack Propagation were conducted according to ASTM E1820-11 procedures using a 100 kN servo-hydraulic closed-loop dynamic testing machine, INSTRON 8801, under load control mode in constant load amplitude, ΔP conditions. The tests were performed in air at room temperature, loading at a frequency of 12 kHz with a sinusoidal waveform. The load ratio R=0.1 was chosen. In this research, the pre-crack length was greater or equal to 1.3 mm for each SE(B) specimen.

All quasi-static fracture toughness tests were carried out in three-point-bend loading mode using the same INSTRON 8801 machine at the room temperature of approximately 25 °C and using a crosshead speed of 2 mm·min-1 using the same apparatus. The load curves were recorded and crack length measurements of each specimen

ISSN 1809-3957

were carried out subsequently using nine-points method after fracture. The fracture surfaces of tested specimens were examinated using a scanning electron microscope EVO® LS 15.

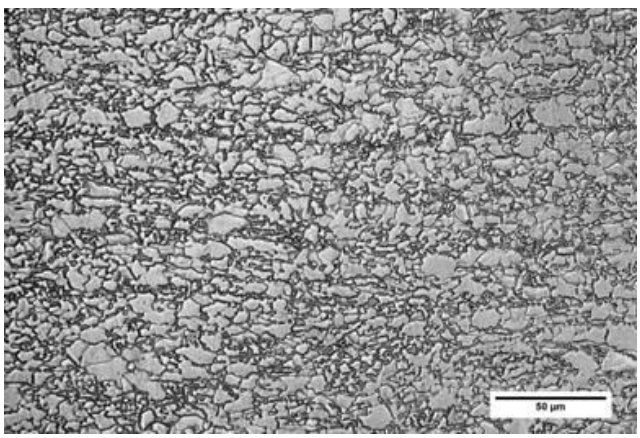
III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 - Microstructure

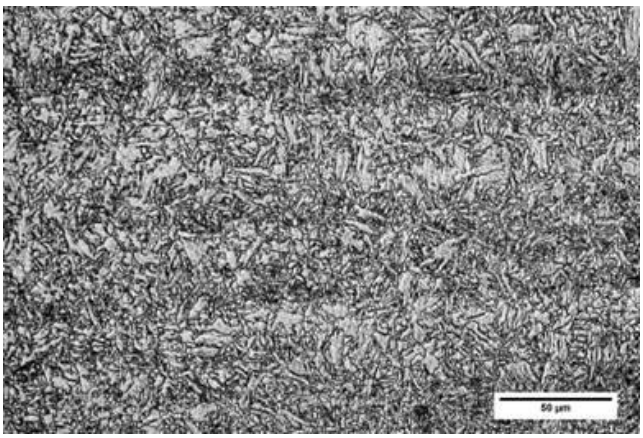
Figure 3 shows the microstructures of both steels. An apparent difference in morphology among the metallographies could be observed. In both, total austenized (ASTM) and only intercritical heat treated (API) samples, the hot rolling lines could still be observed, compared with as-received steels. According to the grain size observation, it is obvious that the total martenization by way of a total austenization followed by water quenching of ASTM samples leads to grain refinement and produces a ferrite-lath martensite dual phase structure. This is thanks to a multiplied grain boundary after the martenization, which helps the nuclei formation of ferrite and austenite during the ICT.

Meanwhile in the direct intercritical treated API samples, a ferrite-globular martensite structure with a bigger grain size was produced. The oil quenched samples distinguish themselves strongly from the water quenched ones, both following a total austenization: The API sample showed the result of a perlite transition and the ASTM mostly bainite transition. The calculation results of phase contents using the image analyzer software ImageJ are shown in Table 3. Comparing the ICT temperature and their corresponding microstructure under the same quenching condition, a positive linear relationship could easily be observed, which could be explained by the phase equilibrium (HORSTMANN, 1985).

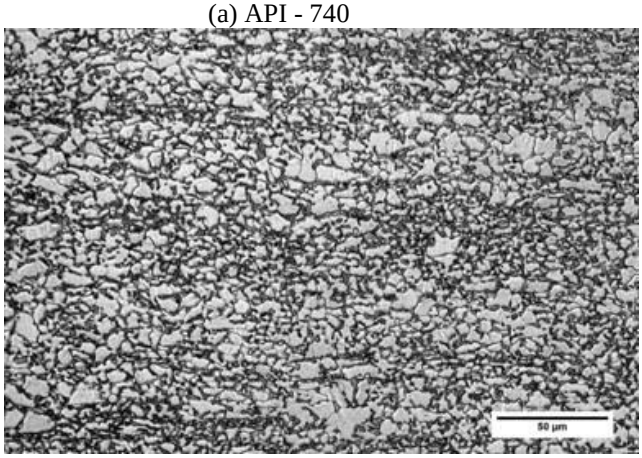
Figure 3 - Microstructure of API 5L X70 and ASTM A 516 after heat treatments.



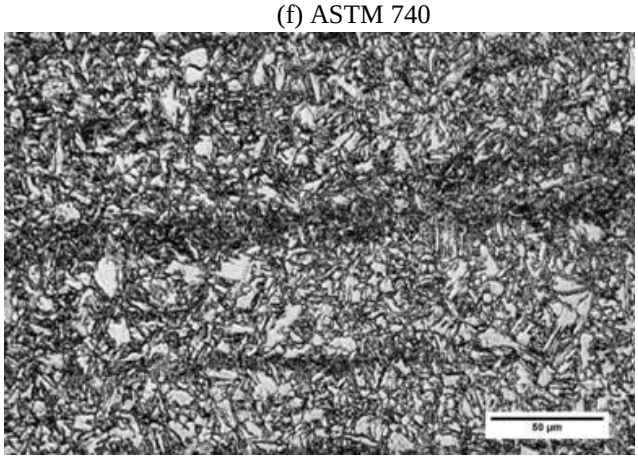
(a) API - 740



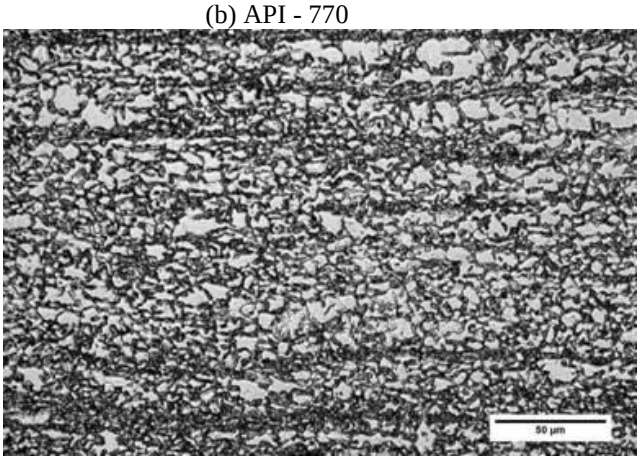
(f) ASTM 740



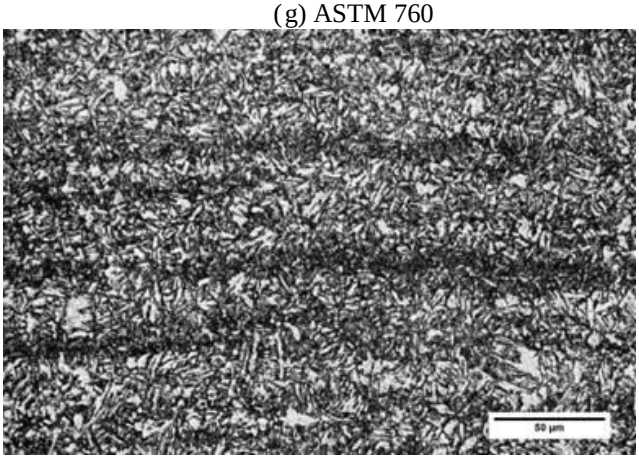
(b) API - 770



(g) ASTM 760

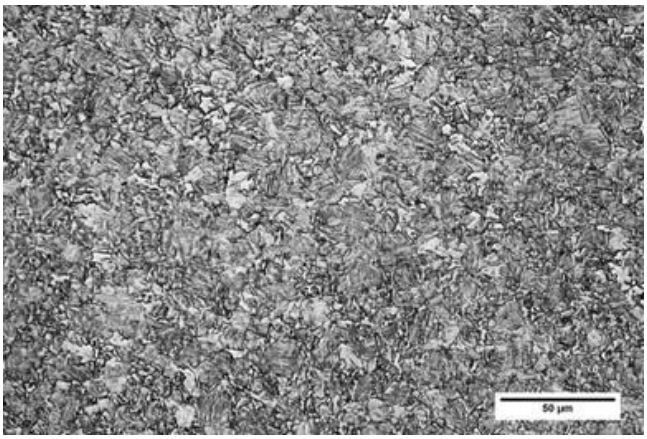


(c) API - 770

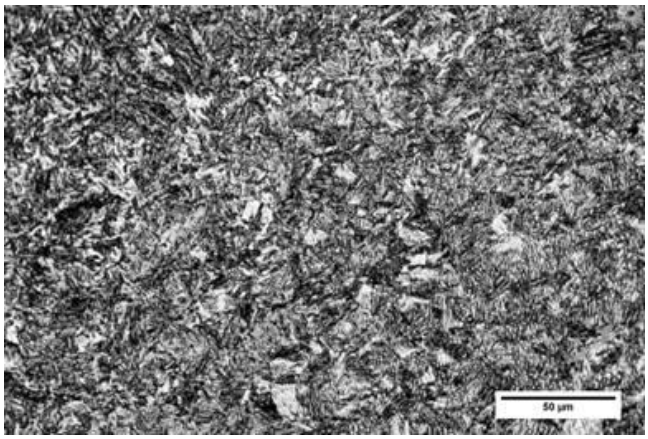


(h) ASTM 760

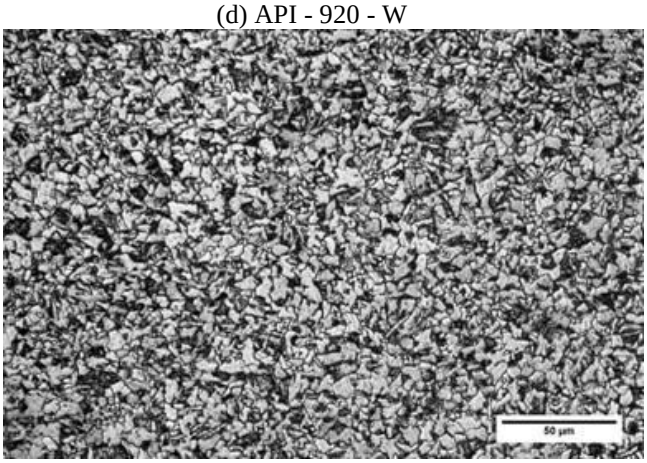
ISSN 1809-3957



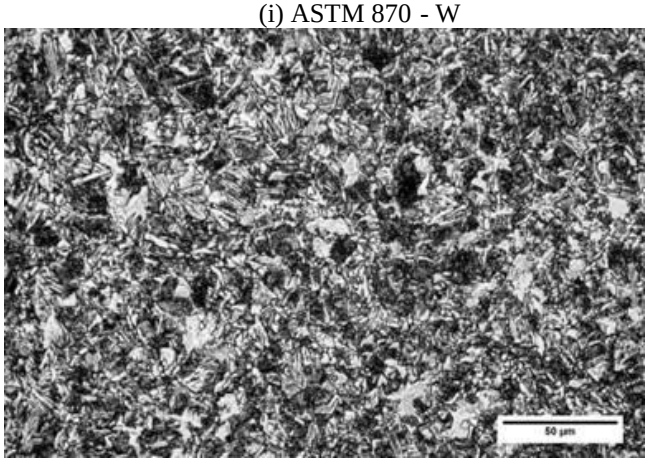
(d) API - 920 - W



(i) ASTM 870 - W



(e) API - 920 O



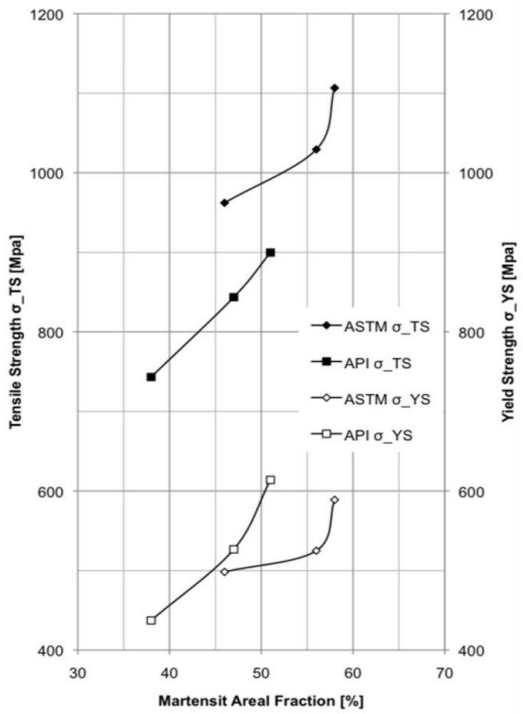
(j) ASTM 870 - O

3.2 - Tensile and Toughness Test Results

Two tensile test results with minor difference were adopted and averaged as the final tensile strength for each chosen heat treatment condition. For the fracture toughness CTOD test 4 specimens for each chosen heat treatment condition were tested and averaged. Table 3 also shows the results from the tensile and fracture toughness tests. Figure 4 illustrates the increase in yield and tensile strength with the growth of martensite area fraction in both intercritical treated dual phase steels. While martensite fraction and tensile strength correlates as mentioned, toughness shows no comparable trend. To mention is that, because of the general brittleness of martensite, the properties of samples with 100% martensite were not tested.

The results of CTOD performance of tested samples and the correlation of tensile strength and CTOD are illustrated in Figure 5. The oil quenched samples showed a superior toughness but the lowest strength compared to the ICT water quenched samples with similar ferrite fraction, which suggested the existence of bainite or perlite. On each curve among the tested results there exists an optimal value for the combination of tensile strength and fracture toughness. Throughout this study, the ideal ICT temperature for API 5L X70 is 800 °C and for ASTM A516 780 °C.

Figure 4 - Yield and Tensile strength versus martensite fraction



ISSN 1809-3957

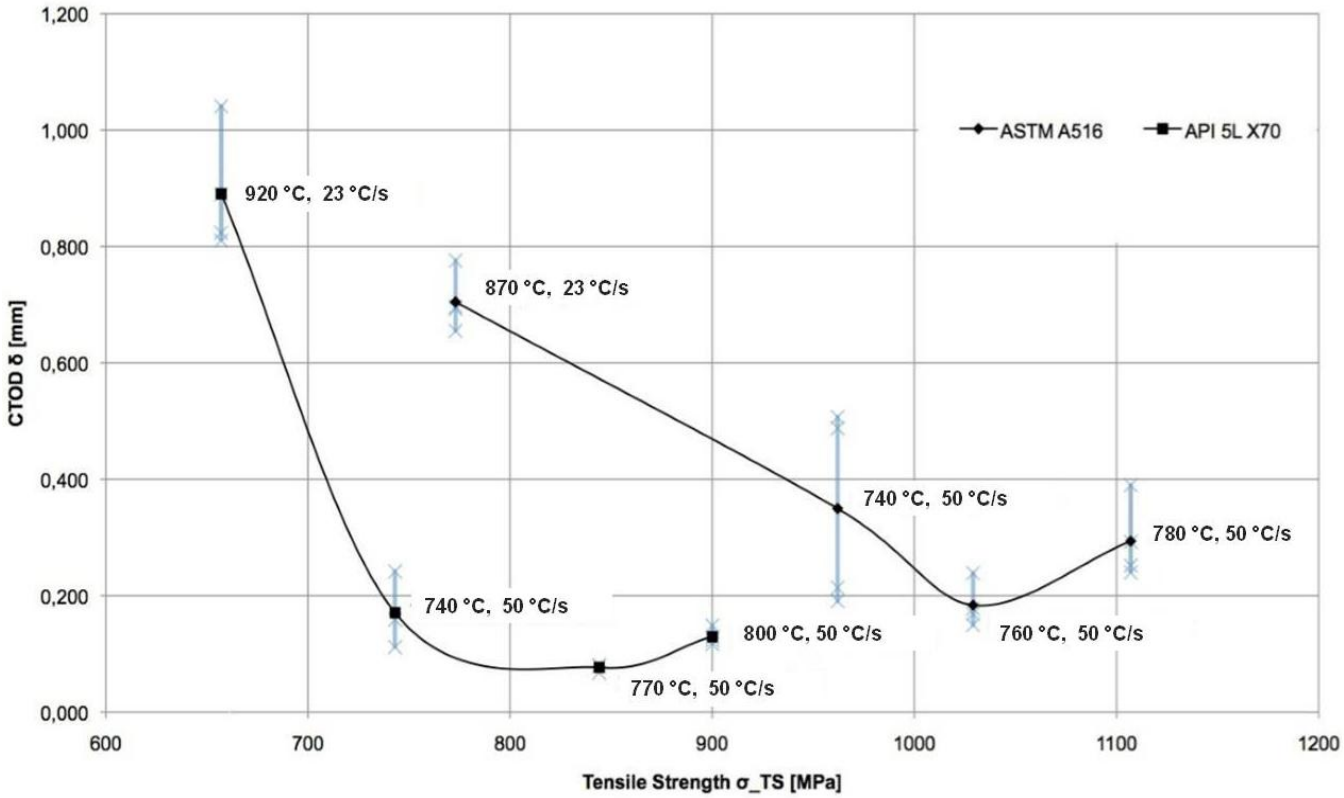
.

Table 3 - Results of metallographic observation, tensile tests and toughness tests

Material	Number	Microstructure	σ_{ys} [MPa]	σ_{ts} [MPa]	CTOD δ[mm]
API 5L X 70	API - 740	46% F(RA) + 44%M	437	743	0,171
	API - 770	53% F(RA) + 47%M	527	844	0,077
	API - 800	49% F(RA) + 51%M	614	900	0,130
	API - 920-W	100%M	- (1)	- (1)	- (1)
	API - 920-O	53% F(RA) + 47%P	381	657	0,891
ASTM A 516	ASTM - 740	54% F(RA) + 46%M	498	962	0,350
	ASTM - 760	44% F(RA) + 56%M	525	1029	0,184
	ASTM - 780	42% F(RA) + 58%M	589	1107	0,294
	ASTM - 870-W	100%M	- (1)	- (1)	- (1)
	ASTM - 870 -O	43% F(RA) + 57%B/P	523	773	0,705

(1) Mechanical Properties of this sample were not tested

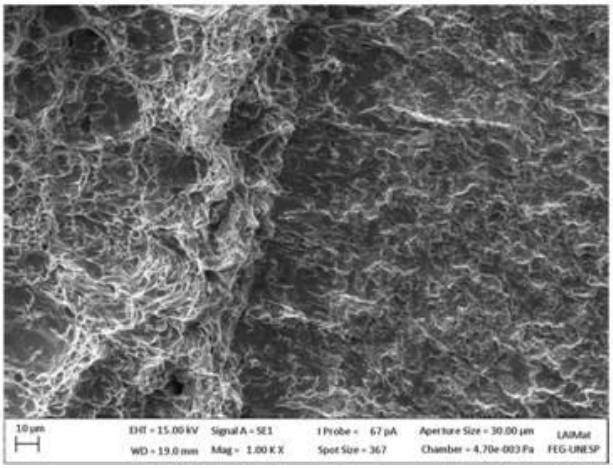
Figure 5- CTOD - Tensile strength correlation of both materials



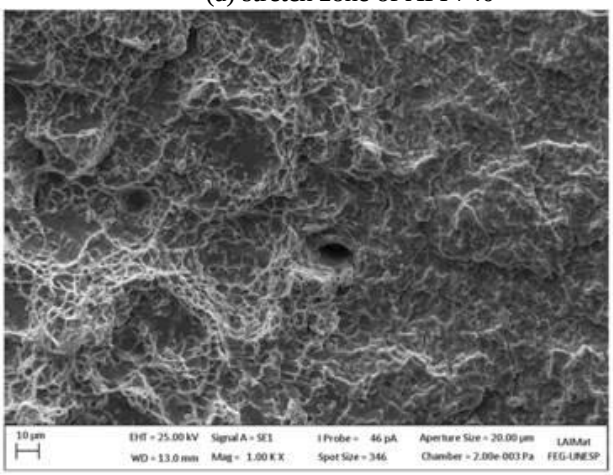
3.3 - Fractography

The fracture surface SEM analysis functions in this study as a quantitative evidence of the fracture type for the CTOD tests. On all the fracture surfaces, fatigue striations are observed in the fatigue zone. Figure 6 (a-d) show respectively the stretch zone of API and ASTM samples. To note is that not in every sample is the stretch zone visible. Among API water quenched samples, it could be observed that the size of stretch zone reduced with increasing ICT temperature. On the other hand, the stretch zones of ASTM samples were generally small or not visible. The oil quenched samples revealed in both steels wider stretch zones than the water quenched ones, which matches their CTOD results. In contrast to the different performances in stretch zones, the fracture area of samples of both materials consists of dimples and minor cleavages, which corresponds with results of toughness tests, that ductile fracture was performance in all cases tested.

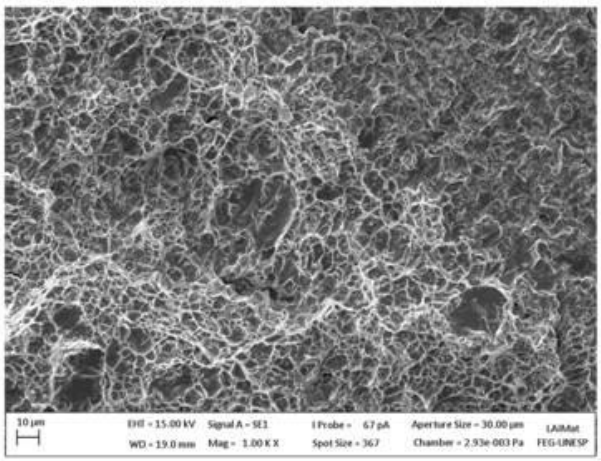
ISSN 1809-3957



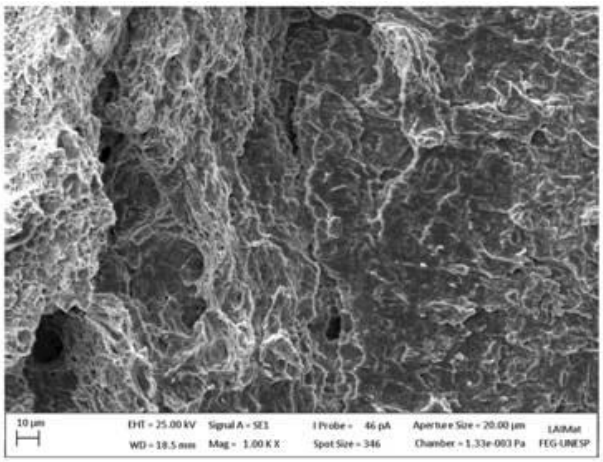
(a) stretch zone of API 740



(b) stretch zone of ASTM 740



(c) stretch of API 800



(d) stretch of ASTM 780

IV. CONCLUSIONS

This study shows the significant influence of intercritical heat treatment temperature on morphology and mechanical properties, especially the fracture toughness. The following conclusions can be derived from the experimental work and the analysis of the results presented in this article.

1. With the soaking process, a significant grain refinement was observed. It was testified that under the same quenching condition the martensite areal fraction increases with intercritical heat treatment temperature.

2. The yield and tensile strength of intercritical treated dual phase steels showed a positive correlation with martensite areal fraction, which results from the mechanical property of martensite phase. The CTOD result does not show a similar trend with martensite fraction in dual phase steel due to the brittleness of martensite phase and the composite character of dual phase steels, which was also testified by the fractographs of stretch zones.

3. The properties of oil quenched samples following a total austenization were also investigated. With the ferrite + perlite and ferrite + bainite microstructure, lower strength and good toughness performance was recorded.

4. The optimal combination of tensile strength and toughness was found to be 800 °C intercritical treated API 5L X70 and 780 °C ICT for ASTM A516 . Further tests should be performed with refined temperature differences.

V. REFERENCES

ASTM E8M-00b, Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials. **ASTM International Publisher**, 2001

ASTM E1820-11, Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness. **ASTM Internat. Publisher**, 2011

Guimarães V. Determinação da Temp. de Referência T0 da Curva Mestra, **Livre Docência, Unesp, Feg**, 2006, p. 65.

Horstmann, D. Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff, **Auflage. Stahl & Eisen**, 1985

IISI, International Iron & Steel Institute, Committee on Automotive Applications. **Advanced High Strength Steel Application Guidelines**, 2005

Sayed, K. Effect of the Tempering Temperature on the Microstructure and Mechanical Properties of Dual Phase Steels. **Mat. Science and Engineering A**, 2012, p. 21-25

Sun, P. Properties of Thermomechanically Processed Dual-Phase Steels Containing Fibrous Martensite**. Materials Science and Engineering A**, 2002, p. 298-308

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DA UTFPR – SEDE NEOVILLE

MONITORING THE PERFORMANCE OF THE UTFPR'S GRID - CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEM – CAMPUS NEOVILLE

JAIR URBANETZ JUNIOR[1,2]; GERSON MÁXIMO TIEPOLO[1], FABIANNA STUMPF TONIN[1]; JULIANA D'ANGELA MARIANO[2]

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR)

1 – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA – PPGSE - UTFPR

2 – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC - UTFPR

urbanetz@utfpr.edu.br; tiepolo@utfpr.edu.br; fstonin@gmail.com; julianadangela@gmail.com

Resumo – Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCRs) têm vasta aplicação no ambiente urbano como geradores de energia elétrica junto ao ponto de consumo. Podem estar integrados à edificação, não necessitando de área adicional, visto que são normalmente instalados sobre a cobertura da edificação. Este artigo apresenta o acompanhamento e análise do desempenho do SFVCR instalado na Sede Neoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em Curitiba, durante o primeiro ano de operação ininterrupta. A verificação do desempenho de um SFVCR baseia-se nos valores de energia gerada durante o ano de operação e nos valores de irradiação incidentes no painel fotovoltaico (FV). A partir desses valores, são apresentados os índices de mérito, que são: Yield; Performance Ratio; e Fator de Capacidade, que permitem avaliar o desempenho dos SFVCRs.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, Índices de Mérito, Geração Distribuída.

Abstract – Grid-Connected Photovoltaic System have wide application in the urban environment as generators of electric energy next to the consumption's point. They can be integrated to the building and don't need additional area, since they are normally installed on the roof of the building. This article presents the monitoring and analysis of the performance, during the first year of uninterrupted operation, of the SFVCR installed at Neoville Campus of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), in Curitiba. The performance of the SFVCR is based on the values of the generated energy during the operation year and on the incident irradiance on the photovoltaic panel (PV). From these values, the merit indicators are presented, which are: Yield, Performance Ratio and Capacity Factor, which allow evaluating the performance of the SFVCRs.

Keywords: Grid-Connected Photovoltaic Systems, Merit indicator, Distributed Generation.

I. INTRODUÇÃO

Uma maior participação de fontes de energia renováveis na matriz elétrica está sendo incentivada no nível mundial, acompanhada de uma série de políticas públicas necessárias, as quais estão sendo adotadas em diferentes países, com o intuito de obter uma maior disponibilidade e confiabilidade no sistema elétrico, e ao mesmo tempo atender aos conceitos vigentes de desenvolvimento sustentável (TIEPOLO *et al*, 2016).

A energia solar fotovoltaica é obtida mediante a conversão direta da radiação solar em eletricidade. Apesar da robustez destes sistemas, esses são extremamente simples na sua concepção exigindo pouca manutenção. A maior vantagem da aplicação desses sistemas é a modularidade e a autonomia na operação, sendo aplicados como fonte de energia em sistemas de bombeamento de água, fornecimento de energia em locais remotos, comunicações, satélites e veículos espaciais, geração de energia em edifícios comerciais e residenciais no ambiente urbano (PARIDA *et al*, 2011).

Tal energia solar fotovoltaica tem apresentado grande crescimento entre as fontes de geração renováveis no cenário mundial, é esperado que somente entre 2016 e 2020, sejam adicionados principalmente em países como China (87,0 GWp), Estados Unidos (59,4 GWp), Índia (52,3 GWp) e Japão (29,0 GWp), permitindo que em um cenário moderado, a capacidade instalada mundial, em 2020, chegue a cerca de 600 GWp, podendo inclusive ultrapassar os 700 GWp em um cenário favorável (EPIA, 2016). Tal fonte de energia possui um vasto potencial a ser explorado no Brasil, visto que a capacidade instalada e em operação de geração fotovoltaica atualmente no país, no sistema de compensação, é de apenas 73 MW, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017). Em vista disso, muitos empreendimentos estão sendo realizados neste setor no Brasil, partindo de cerca de apenas 200 kWp de capacidade instalada em 2010, para cerca de 73 MWp, até abril de 2017.

Esta tendência de crescimento é fruto principalmente da regulamentação por parte da ANEEL. Em abril de 2012, foi publicada a primeira resolução da ANEEL que regulamentou a política de créditos de energia para a geração distribuída no Brasil - Resolução nº 482 (ANEEL, 2015b). Em dezembro de 2012, a ANEEL publicou a resolução nº 517 que alterou a nº 482 no quesito sistema de compensação financeira e nos créditos e, no final de 2015, a ANEEL publicou a resolução nº 687 que introduziu novas facilidades para a geração de energia a partir de fontes renováveis, visto que ampliou a duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses, reduziu os prazos de tramitação dos pedidos junto às distribuidoras, entre outras modificações. No Paraná, o

ISSN 1809-3957

consumidor que instalar o sistema fotovoltaico em sua residência, escritório ou indústria poderá injetar o excedente de energia, na rede da Concessionária Paranaense de Energia (COPEL), esse excedente será contabilizado como crédito com validade de 60 meses (ANEEL, 2015a). É importante ressaltar que a COPEL já incluiu no seu acervo de normas técnicas todos os requisitos para a instalação de microgeração, potência instalada menor ou igual a 75 kW, e minigeração, potência instalada superior a 75 kW e inferior a 5 MW (COPEL, 2016).

Com esse cenário favorável à instalação de SFVCR, em fevereiro de 2016, foi instalado um SFVCR na sede Neoville do campus Curitiba da UTFPR, o qual foi doado pela empresa ELCO Engenharia. O sistema fotovoltaico apresenta potência instalada total de 10,2 kWp, sendo constituído de 2 conjuntos de 17 módulos fotovoltaicos ligados em série, e o inversor empregado no sistema tem potência nominal de saída de 10 kW. Tal SFVCR é baseado na interação de dois agentes responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica: a concessionária e o gerador fotovoltaico. Havendo incidência solar sobre o painel fotovoltaico, há geração de energia elétrica, e esta é disponibilizada diretamente na rede elétrica do próprio consumidor onde está localizado o gerador fotovoltaico. Quando a energia fotogerada é superior à consumida, o excedente é enviado à rede elétrica para ser consumido nas adjacências. Nos momentos de baixa ou nenhuma incidência solar, a concessionária é quem supre o consumidor. A Figura 1 ilustra a vista do SFVCR instalado na sede Neoville (painel FV e inversor).

Figura 1 – Vista do SFVCR Neoville

Fonte: Acervo dos autores, 2017.

II. CARACTERISITICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA (SFVCR) DA NEOVILLE DA UTFPR

Um SFVCR é basicamente composto de um painel FV, que converte a energia do sol em energia elétrica em corrente contínua, e um inversor, que converte a corrente contínua em corrente alternada, com tensão e frequência compatíveis com a rede elétrica da concessionária em que o sistema está interligado. As principais vantagens desse tipo de sistema são: elevada produtividade, ausência de banco de baterias e desligamento automático no caso de falta de energia da rede (URBANETZ JR, 2010).

Os SFVCRs são uma forma de geração distribuída, pois contribuem com a disponibilidade de energia junto ao ponto de consumo, minimizando as perdas com transmissão e distribuição, e dispensam o uso de banco de baterias, pois a potência gerada é consumida diretamente pelas cargas locais e o excedente é absorvido pela rede elétrica, que a disponibiliza para outros consumidores permitindo a redução da geração pelas fontes convencionais de energia, no caso do Brasil, principalmente as usinas hidrelétricas e térmicas (BOYLE, 2004; RÜTHER, 2004).

O SFVCR da sede Neoville, utiliza em seu painel FV, 34 módulos de silício policristalino marca ELCO, modelo A-300P, de 300 Wp em cada módulo. O inversor empregado no sistema é da marca Chint Power, modelo: CPS SCA 10KTL-DO e potência nominal de saída de 10 kW.

Com relação à alocação dos módulos fotovoltaicos, optou-se pela orientação de acordo com as coordenadas geográficas de latitude: 25°30'19.9"S, longitude: 49°19'08.3"W, e estes foram integralmente instalados sobre o telhado de um dos blocos da UTFPR, com inclinação de 25º e orientadas para o norte geográfico, sem desvio azimutal, alcançando as condições ótimas de instalação. Os módulos fotovoltaicos foram aterrados por meio de cabo de cobre de bitola 6mm² com isolação EPR 0,6-1kV, conectado através de conectores de aterramento e interligado na malha de terra, garantindo resistência elétrica menor que 5 Ω.

Por sua vez, a estrutura metálica utilizada para a fixação dos módulos fotovoltaicos na cobertura do bloco da UTFPR, utiliza aço galvanizado fixado na estrutura metálica interna do telhado conforme apresentado na Figura 2, para garantir fixação e resistência contra cargas de vento. Essa estrutura bem como a mão de obra, foi cedida à UTFPR pela empresa PROSUPORT.

Figura 2 – Estrutura Metálica e Detalhe dos Módulos

Fonte: Acervo dos autores, 2017.

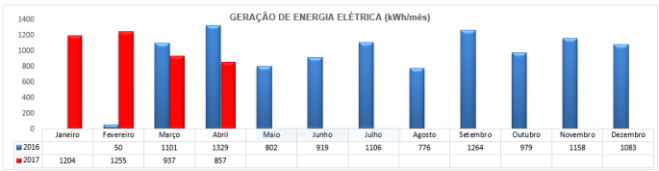
III. DESEMPENHO DO SFCVR NEOVILLE

A análise do desempenho do SFVCR da Neoville é fundamentada nos valores de energia gerada durante o ano de 2016 e 2017 e nos valores de irradiação incidentes no painel FV. A partir da energia gerada e da irradiação incidente, são apresentados os índices de mérito do SFVCR em análise, que são: *yield* (produtividade); *performance ratio* (taxa de desempenho) e fator de capacidade.

3.1 – Energia Gerada pelo SFVCR da Neoville

Analisando-se o funcionamento do SFVCR de 29 de fevereiro de 2016 a 30 de abril de 2017 observou-se uma geração total de 14,82 MWh neste período. A geração de energia elétrica é proporcional à irradiação incidente no painel FV, onde nos meses de verão (maior incidência solar) há maior geração de energia elétrica e nos meses de inverno, (menor incidência solar) há menor geração. Na Figura 3 são apresentados os valores de energia elétrica gerados em cada mês de operação do SFVCR da sede Neoville.

Figura 3 - Geração de Energia Elétrica (kWh/mês) para o ano de 2016 e 2017.



Fonte: Autoria própria, 2017.

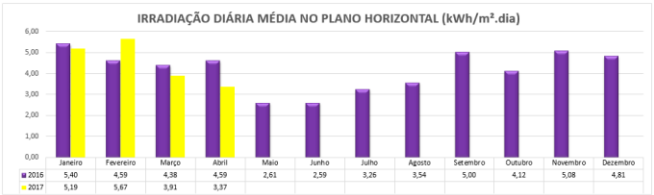
ISSN 1809-3957

Conforme resultados apresentados na Figura 3, a geração mensal média do SFVCR da sede Neoville na UTFPR foi de 1.235 kWh/mês e, a geração diária média foi de 41 kWh/dia, conforme acompanhamento no primeiro ano de operação deste sistema.

3.2 – Irradiação Incidente no Painel FV do SFVCR da Neoville

Os valores de irradiação incidente no painel FV da sede Neoville serviram de base para o cálculo dos índices de mérito do sistema FV. Estes valores foram obtidos a partir do banco de dados disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a estação A807, localizada no bairro Jardim das Américas em Curitiba (INMET, 2017). Devido ao piranômetro do INMET estar instalado na posição horizontal, é utilizado o programa RADIASOL para determinar a irradiação que efetivamente incide sobre o painel FV da sede Neoville, visto que este se encontra inclinado com aproximadamente 25º, e sem desvio azimutal em relação ao norte geográfico. O programa RADIASOL é disponibilizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2012), e permite, a partir da inserção dos valores de irradiação no plano horizontal, identificar os valores de irradiação para qualquer plano (diferentes inclinações e desvio azimutal em relação ao norte). Na Figura 4 são apresentados os valores de irradiação diária média no plano horizontal para cada mês do ano de 2016, e para os quatro primeiros meses do ano de 2017, para o ponto citado.

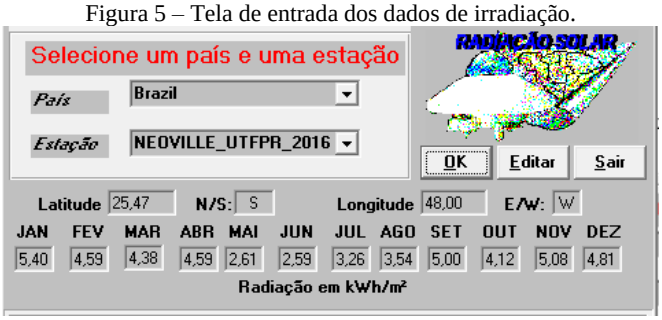
Figura 4 - Irradiação diária média no plano horizontal fornecida pela estação A807 do INMET (kWh/m².dia).



Fonte: Autoria própria, 2017.

No programa RADIASOL foi criada a estação "Neoville_UTFPR" com os valores de irradiação da Figura 4. Na Figura 5 é apresentada a tela onde foram editados os valores de irradiação no plano horizontal para a localidade onde está instalado o painel FV da sede Neoville.

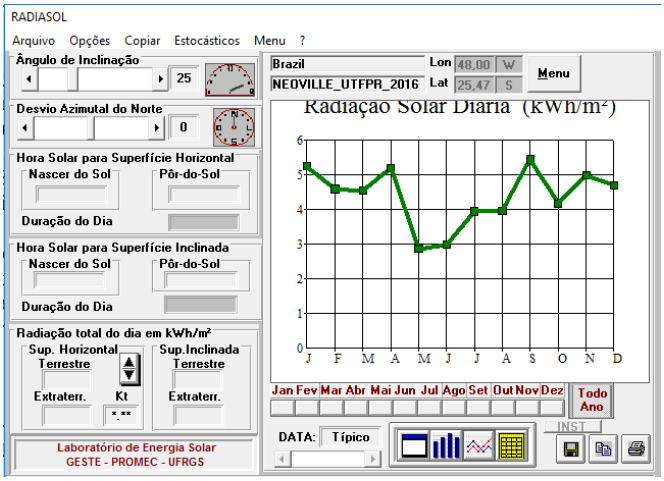
Figura 5 – Tela de entrada dos dados de irradiação.



Fonte: UFRGS, 2012.

Ajustando-se a inclinação de 25º e o desvio azimutal de 0º, obtêm-se o gráfico apresentado na Figura 6 e os valores de irradiação incidentes no plano do painel FV da Neoville são apresentados na Tabela 1.

Figura 6 – Tela do RADIASOL com o gráfico de irradiação média ao longo do ano no painel FV da Neoville.



Fonte: UFRGS, 2012.

Tabela 1 – Irradiação diária média no plano do painel FV obtida pelo programa RADIASOL (kWh/m².dia)

Mês	2016	2017
Janeiro	5,25	5,06
Fevereiro	4,59	5,64
Março	4,55	4,03
Abril	5,20	3,61
Maio	2,86	
Junho	2,99	
Julho	3,95	
Agosto	3,96	
Setembro	5,44	
Outubro	4,17	
Novembro	4,98	
Dezembro	4,70	

De acordo com os dados de irradiação obtidos para o plano inclinado no Programa Radiasol nota-se que os valores mínimos e máximos obtidos para o ano de 2016 foram de 2,86 kWh/m².dia e de 5,44 kWh/m².dia para os meses de Maio e Setembro respectivamente.

3.3 – Índices de Mérito

Os índices de mérito são parâmetros utilizados para comparar a operação de sistemas FV localizados em lugares distintos e com diferentes potências nominais (OLIVEIRA, 2000) (BENEDITO, 2009) (MARION *et al*, 2005).

A - YIELD ou Produtividade

É a relação entre a energia gerada (kWh) e a potência FV instalada (kWp), normalmente vinculada a um ano de operação, *yield* anual, porém pode ser também considerado o *yield* mensal. A Equação (1) apresenta a grandeza em questão e a unidade de tal grandeza é kWh/kWp. A Tabela 2 mostra o *yield* mensal em 2016 e 2017.

$$Y = \text{Energia Gerada} / \text{Potência Fotovoltaica} \qquad (1)$$

ISSN 1809-3957

Tabela 2 – *Yield* mensal do SFVCR da Neoville (kWh/kWp)

Mês	2016	2017
Janeiro	0	118
Fevereiro	5	123
Março	108	92
Abril	130	84
Maio	79	0
Junho	90	0
Julho	108	0
Agosto	76	0
Setembro	124	0
Outubro	96	0
Novembro	114	0
Dezembro	106	0
Anual	1237	

A produtividade de 2016 e 2017 (excluindo-se fevereiro/2016) revela que o sistema produziu em média, aproximadamente 103 kWh/kWp por mês. Notou-se uma maior produtividade nos meses em que a incidência da irradiação solar é mais elevada, como em Setembro, Novembro e Dezembro para o ano de 2016, e em Janeiro e Fevereiro para o ano de 2017.

B. Performance Ratio ou Taxa de Desempenho

É a relação entre a produtividade (kWh/kWp) e a quantidade de horas de sol a 1.000W/m² incidentes no painel FV, também normalmente vinculada a um ano de operação, *performance ratio* anual, porém, pode ser também considerada a *performance ratio* mensal. Esta grandeza é expressa em porcentagem. A Equação (2) apresenta a grandeza em questão que é dada em porcentagem (%) e a Tabela 3 apresenta a *Performance Ratio* mensal em 2016 e 2017.

$$PR = Yield/\ Irradiação/1000 \qquad (2)$$

Tabela 3 – *Performance Ratio* mensal do SFVCR da Neoville

Mês	2016	2017
Janeiro	0,00%	75,24%
Fevereiro	3,70%	77,89%
Março	76,51%	73,54%
Abril	83,54%	77,56%
Maio	88,72%	
Junho	100,44%	
Julho	88,57%	
Agosto	61,93%	
Setembro	75,91%	
Outubro	74,26%	
Novembro	76,02%	
Dezembro	72,85%	
Anual	79,88%	

A taxa de desempenho média em 2016 e início de 2017 (excluindo-se janeiro e fevereiro/2016) foi de 78,8%, valor esse que representa um excelente resultado para um SFVCR.

C. Fator de Capacidade

É sua capacidade real de gerar energia em função da energia que ele geraria se operasse em potência nominal durante 24 horas por dia, também expresso em percentual (Oliveira, 2000). A Equação (3) apresenta a grandeza em questão, que é dada em porcentagem (%) e a Tabela 4 o Fator de Capacidade para 2016 e início de 2017.

$$FC = Energia\ Gerada/\ Potência\ FV * 24 * dias \qquad (3)$$

Tabela 4 – Fator de Capacidade mensal do SFVCR Neoville

Mês	2016	2017
Janeiro	0,00%	15,86%
Fevereiro	0,71%	18,31%
Março	14,51%	12,35%
Abril	18,10%	11,67%
Maio	10,57%	
Junho	12,51%	
Julho	14,58%	
Agosto	10,22%	
Setembro	17,21%	
Outubro	12,90%	
Novembro	15,77%	
Dezembro	14,27%	
Anual	14,06%	

O Fator de Capacidade médio em 2016 e início de 2017 (excluindo-se janeiro e fevereiro/2016) foi de 14,2%. Tal fator é influenciado diretamente pelos índices de irradiação, ou seja, nos meses em que os índices de irradiação são mais altos, o fator de capacidade também o será, como foi o caso dos meses de Setembro e Novembro de 2016 e janeiro e fevereiro de 2017.

IV. CONCLUSÃO

O SFVCR da Neoville gerou, em média, aproximadamente, 1.235 kWh/mês nesse ano de operação, que é um ótimo resultado se comparado aos outros SFVCR instalados em Curitiba.

Quanto aos índices de mérito: *Yield*, *Performance Ratio* e Fator de Capacidade, os valores estão adequados e similares aos divulgados por outras Universidades que desenvolvem pesquisas com SFVCRs, como UFSC e USP por exemplo. Os valores de irradiação considerados para o cálculo do *Performance Ratio*, foram obtidos através da estação meteorológica do INMET (A807), que possui um piranômetro instalado na horizontal, fornecendo os valores de irradiação no plano horizontal, logo, com o uso do programa RADIASOL, obteve-se a irradiação no plano do painel FV da sede Neoville.

Durante o primeiro ano de operação, observou-se uma geração média de 12,70 MWh/ano; *Yield* anual médio 1.241 kWh/kWp; *Performance Ratio* médio de 78,8% e Fator de Capacidade médio de 14,2%, que são índices muito bons para este tipo de instalação.

Além disso, a característica desse SFVCR é utilizar um inversor trifásico sem transformador em 380V de alto rendimento e com eficiência máxima de 98%. Tal tipo de inversor sem transformador tem menos perdas do que o inversor com transformador, permitindo valores elevados de eficiência. Cabe ressaltar que esses inversores são mais leves, mais compactos e usam componentes com mais tecnologia que os inversores com transformador. Essa é a principal tendência do mercado de energia fotovoltaica no que diz respeito aos inversores, ou seja, utilizar inversores sem transformador com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema.

Em relação ao painel fotovoltaico, esse foi instalado nas condições ótimas, ou seja, orientado para o norte geográfico

ISSN 1809-3957

(sem desvio azimutal) e com inclinação igual à latitude de Curitiba (25º), fatores esses que contribuem para maximizar a incidência anual da irradiação e, consequentemente, a geração de energia elétrica.

Portanto, o estudo realizado nesse SFVCR permitiu perceber que tanto o inversor como o modo de instalação dos módulos fotovoltaicos são fatores determinantes para maximizar o desempenho do sistema fotovoltaico e por isso, devem ser escolhidos cuidadosamente durante a fase do projeto do sistema.

Finalmente, o acompanhamento nesse primeiro ano de operação do SFVCR da Neoville em Curitiba confirma ser um sistema de alta confiabilidade (opera de forma ininterrupta desde sua instalação), no qual a geração de energia elétrica está em conformidade com os valores esperados, opera de forma limpa e silenciosa e não necessita de área adicional, visto que o painel fotovoltaico foi instalado sobre o telhado da edificação. Estas características fazem da geração fotovoltaica, a forma mais promissora de geração distribuída para o ambiente urbano.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração Distribuída. Brasília**, 2017. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp> Acesso em 15 abr. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída,** Brasília, 2015a. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90> Acesso em 14 abr. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482**. Brasília, 2015b. Disponível em:<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em 17 mai. 2017.

COPEL. NTC 905200**: Acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema da COPEL**. Curitiba, 2016. Disponível em: < http://www.copel.com/hpcopel/root/ntcarquivos.nsf/E00A539C1F08DF2003257F69004DF8BC/$FILE/NTC%20905200%20Acesso%20de%20Micro%20e%20Minigera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADda.pdf>Acesso em 18 abr. 2017.

BENEDITO, R. S. **Caracterização da Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, no Brasil, sob os Aspectos Técnico, Econômico e Regulatório**, USP. São Paulo, 2009.

BOYLE, G. **Renewable Energy: Power for a Sustainable Future, Oxford University.** New York, 2004.

EPIA. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2016-2020.** 2016. Disponível em: < http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Events/SolarPower_Webinar_Global_Market_Outlook.pdf >. Acesso em 22 abr. 2017.

ESCRITÓRIO VERDE. **Escritório Verde**. Disponível em <http://www.escritorioverdeonline.com.br>. Acesso em: 22 abr. 2017.

INMET. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/>. Acesso em 21 abr. 2017.

MARION, B., ADELSTEIN, J., BOYLE, K., HAYDEN, H., HAMMOND, B., FLETCHER, T., CANADA, B., NARANG, D., SHUGAR, D., WENGER, H., KIMBER, A., MITCHELL, L., RICH, G., TOWNSEND, T. **Performance Parameters for Grid-Connected PV Systems,** 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition, Florida, 2005.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: Inserção de Edificações Fotovoltaicas à Rede no Estado** de São Paulo, USP, São Paulo, 2002.

PARIDA, B. INIYAN, S. GOIC, R. **A review of solar photovoltaic Technologies.** Renewable and Sustainable Energy Reviews. n. 15, p. 1625-1636, 2011.

PINHO, João T.; GALDINO, Marco A.; Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manua M_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em 15 abr. 2015.

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligadas à Rede Elétrica Pública**, Editora da UFSC, Florianópolis, 2004.

UFRGS. **Programa RADIASOL**, Laboratório de Energia Solar, 2012.

TIEPOLO,G., URBANETZ JR, J., PEREIRA, E., PEREIRA, S., ALVES, A. **Energia Solar no Estado do Paraná – Potencial, Barreiras e Políticas Públicas.** X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético – CBPE, Gramado - RS, 2016.

URBANETZ JR, J. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: Sua Influência na Qualidade da Energia Elétrica e Análise dos Parâmetros que Possam Afetar a Conectividade**. UFSC, Florianópolis, 2010.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVI International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE II: MISTURADOR DE RF

DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART II: MIXER

HUMBERTO X. ARAUJO; MAXWELL D. B. MELO; DAVID N. PRATA; PATRICK L. MOREIRA;
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
hxaraujo@uft.edu.br; maxwellgap@gmail.com; ddnprata@gmail.com; letouze@gmail.com

Resumo – Neste trabalho, é apresentado o projeto do segundo estágio do bloco microeletrônico de recepção de sistemas de telefonia móvel celular, responsável por realizar o translado em frequência do sinal recebido em alta frequência. Para tal, foi empregado a tecnologia CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor da Foundry Austria Microsystem. A partir dos resultados obtidos é possível concluir que os dispositivos aqui projetados estão aptos para fabricação.

Palavras-chave: Microeletrônica. Telefonia móvel. Semicondutor. Misturador de RF.

Abstract - In this work, the design of the second stage of the microelectronic reception block for mobile telecommunicatios systems is presented, which is responsible for perform the frequency transfer of the received signal at high frequency. To this end, the CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor technology from the Foundry Austria Microsystem was employed. From the obtained results it is possible to conclude that the designed devices are suitable for manufacturing.

Keywords: Microelectronics. Mobile telecommunications. Semiconductor. Mixer.

I. INTRODUÇÃO

O misturador de RF ou simplesmente *mixer*, é o segundo estágio do front-end de recepção e realiza o translado do sinal RF em frequência para uma frequência mais baixa, com isso manipula-se com mais facilidade o sinal nos estágios posteriores. Este dispositivo possui três portas, onde a primeira é ligada ao LNA (amplificador de baixo ruído) e receberá o sinal a ser transladado, a segunda receberá o sinal vindo do oscilador local, enquanto que a terceira porta fornece o sinal da saída corresponde ao sinal RF transladado em frequência. Em linhas gerais, no front-end, o *mixer* mistura o sinal do LNA com sinal gerado pelo oscilador local (CAPOVILLA, C. E., 2014).

Pode-se entender o *mixer* como um dispositivo que realiza a propriedade trigonométrica da multiplicação de dois sinais senoidais, e essa multiplicação irá gerar duas componentes, uma soma e uma subtração, mas para o sinal ficar mais selecionável em frequência, a componente de interesse será sempre a de subtração.

Nesse contexto, tendo em vista as demandas dos atuais dispositivos móveis em relação a velocidade, taxa de erro, bem como sua miniaturização, o projeto adequado do misturador de RF se torna fundamental (CAPOVILLA, C. E., 2015). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto do bloco microeletrônico de recepção capaz de atender as aplicações de um smartphone brasileiro, mais especificamente aqui o *mixer*. A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que o bloco aqui apresentado está apto para ser fabricado.

II. BLOCO MICROELETRÔNICO - MISTURADOR DE RF

Os elementos não-lineares que formam o mixer, citados anteriormente, são basicamente constituídos por transistores MOS, os quais apresentam uma baixa característica de ruído e fácil integração do circuito. Pode-se também citar algumas vantagens dos transistores MOS em relação aos TBJ, motivos também, que os mesmos foram escolhidos:

- Devido a característica quase quadrática de transferência Id x Vgs do transistor MOS, na região de saturação, essa característica faz com que o MOS apresente menor distorção harmônica;
- Melhor desempenho com relação ao ruído gerado internamente;
- Devido à alta impedância entre porta e fonte, os projetos do amplificador de RF e do Oscilador Local podem ser feitos separadamente.

Com relação à topologia de *mixer* existem diversas, porém uma boa a ser considerada é a duplamente balanceada pois apresenta uma grande isolação entre as portas, rejeição do ruído em modo comum, maior linearidade e menor intermodulação. O projeto do mixer envolve o casamento de impedância das três portas, o que é complicado pelo fato de várias frequências e suas harmônicas estarem envolvidas, mas harmônicas indesejáveis podem ser dissipadas através de terminações resistivas ou blocos com terminações reativas (RAZAVI, B., 2005).

Uma das topologias mais utilizadas para esse caso é a célula de Gilbert e foi escolhida para se usar no projeto do

ISSN 1809-3957

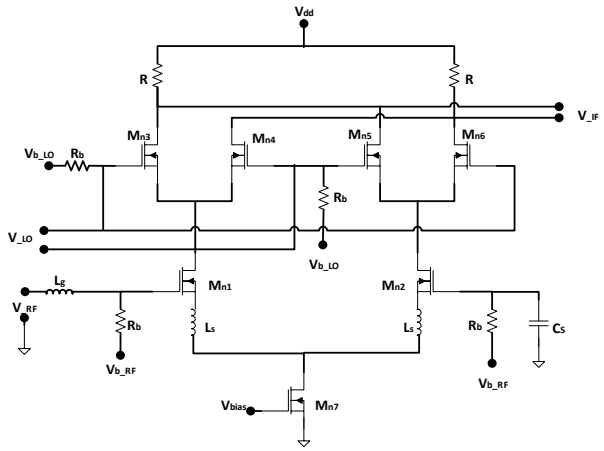
mixer. A célula de Gilbert possui as seguintes características:

- As cargas resistivas aumentam as perdas dos *mixers* enquanto que os blocos reativos são bastante sensíveis em termos de frequência;
- Estrutura inerentemente balanceada;
- Dispensa elementos reativos;
- Bom desempenho em relação ao ruído e de ganho de conversão.

A célula de Gilbert possui todas as portas isoladas entre si, entradas balanceadas e é menos susceptível a ruídos provenientes da fonte de alimentação. Apesar da célula Gilbert requerer alto nível de sinal de RF vindo do LNA, esta topologia de mixer atenderá ao projeto.

A figura 20 mostra um circuito de uma célula de Gilbert (LEE, T.H., 2004), onde os transistores Mn3, Mn4, Mn5e Mn6 formam o bloco de multiplicação do *mixer*. A tensão é convertida em corrente na fonte do transistor Mn1 e Mn2. Onde os valores do W dos transistores Mn1 e Mn2 são iguais ai valor de W dos transistores do LNA, em alguns casos. Na figura 20: V_LO corresponde a portadora vinda do oscilador local; V_RF corresponde ao sinal vindo do LNA; Vb_LO e Vb_RF correspondem às tensões de polarização dos ramos onde elas estão aplicadas.

Figura 1 - Célula de Gilbert



Fonte: Autores, 2017.

Deve-se observar quatro características importantes como resposta de um misturador, são elas: o ganho de conversão, figura de ruído, linearidade e isolação. O ganho de conversão é a relação entre o sinal IF de saída dado o sinal RF na entrada, é importante que o ganho de conversão seja pelo menos maior ou igual a uma unidade, uma vez que não é a função do misturador amplificar o sinal e tem-se um estágio posterior responsável por amplificar esse sinal da saída do misturador.

A figura de ruído é definida como a relação da SNR (Relação Sinal Ruído) na entrada (onde vai o sinal RF) dividido pela da saída (onde sai o sinal IF). Em um mixer tem-se dois sinais de entrada (Sinal RF e Sinal Imagem) e os mesmos irão gerar uma frequência intermediária. No caso em que se tem como sinal apenas a frequência do sinal RF tem-se a figura de ruído SSB (Single Side Band), quando tem-se além do sinal de RF o sinal de imagem contendo informação útil tem-se uma figura de ruído DSB (Double Side Band), a figura de ruído SSB é maior em 3 dB, geralmente, que a DSB, pois a SSB tem a potência do ruído concentrada apenas em uma banda lateral. As figuras de ruído em misturadores são, geralmente, maiores que nos amplificadores de baixo ruído, para o SSB tem-se em torno de 10 a 15 dB de figura de ruído.

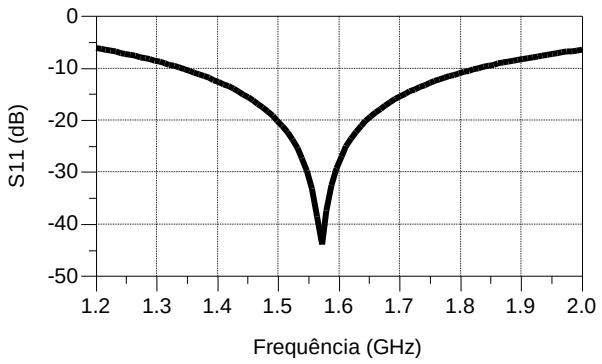
A compressão é uma medida da linearidade de um dispositivo. À medida que o nível do sinal de entrada de RF aumenta, a saída IF deve seguir para um dispositivo misturador. No entanto, quando a saída IF não segue a linearidade da entrada RF e desvia por 1 dB, o que é referido como o ponto de compressão de 1dB, que em linhas gerais é quando a curva de potência de entrada versus de saída perde a característica de linearidade devido a própria não-linearidade do circuito, com isso começa a haver distorções no sinal que irão atrapalhar em sistemas modulados em fase, pois irá ocorrer um maior número de erros de detecção.

O ponto de interceptação de terceira ordem é o ponto teórico sobre a curva de entrada de RF vs saída IF, onde o sinal de entrada desejado e produtos de terceira ordem tornam-se iguais em amplitude a medida que o sinal de RF é aumentado, ou seja, mostra a medida da interferência causada devido à não-linearidade do circuito que irá gerar harmônicas, essas harmônicas geram interferência no sinal desejado uma vez que são adjacentes (POZAR, D. M., 2004).

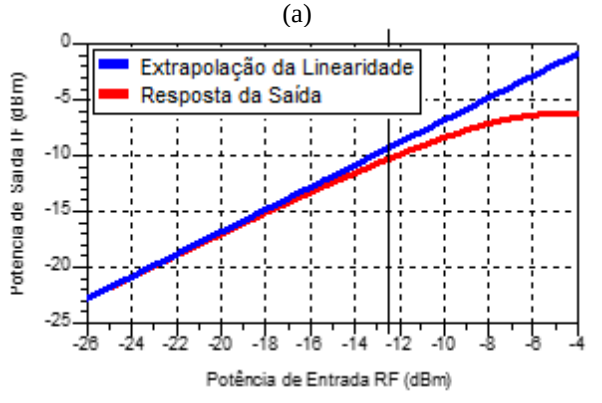
III. RESULTADOS

Para o GPS (1575 MHz) foram obtidos os seguintes resultados da figura 21, com os valores dos componentes otimizados durante a simulação. Rb = 10k Ω, R = 200 Ω, Cs = 2 pF, Lg = 19,06 nH (a 2,4 GHz), Ls = 2,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transístores utilizados foram: W1 = W2 = 800 µm, W3 = W4 = W5 = W6 = 85 µm, e W7 = 30µm.

Figura 2 - Resultados obtidos para o *mixer* do GPS. (a) S_{11}; (b) ponto de compressão e (c) interceptação de terceira ordem.

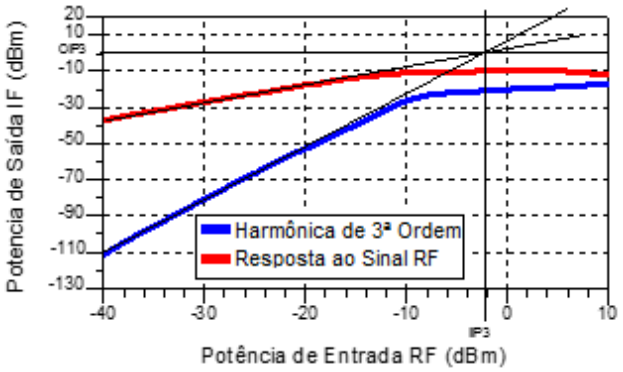


(a)



(b)

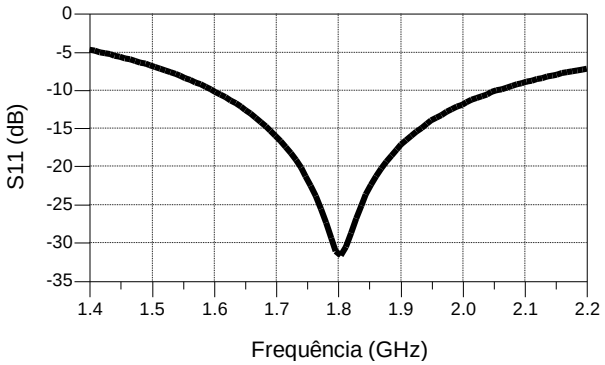
ISSN 1809-3957



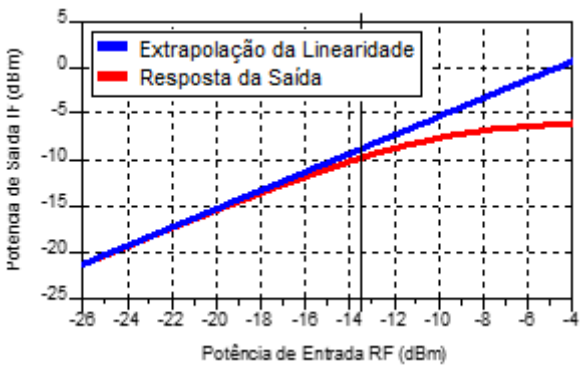
(c)

Para o GSM (1800 MHz) foram obtidos os seguintes resultados da figura 22, com os valores dos componentes otimizados durante a simulação. Rb = 10k Ω, R = 200 Ω, Cs = 2 pF, Lg = 19,06 nH (a 2,4 GHz), Ls = 1,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W1 = W2 = 370.96 µm, W3 = W4 = W5 = W6 = 31.5 µm, e W7 = 30µm.

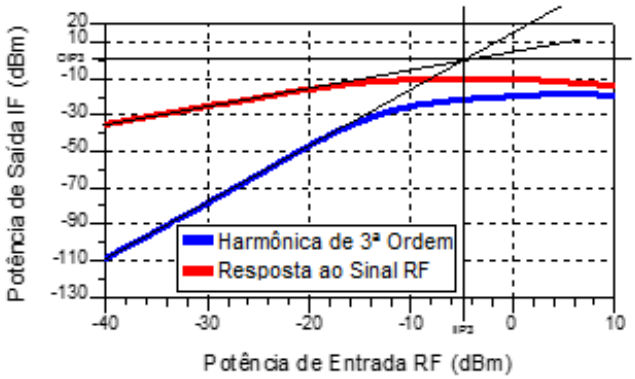
Figura 3 - Resultados obtidos para o *mixer* do GSM. (a) S_{11}; (b) ponto de compressão e (c) interceptação de terceira ordem



(a)



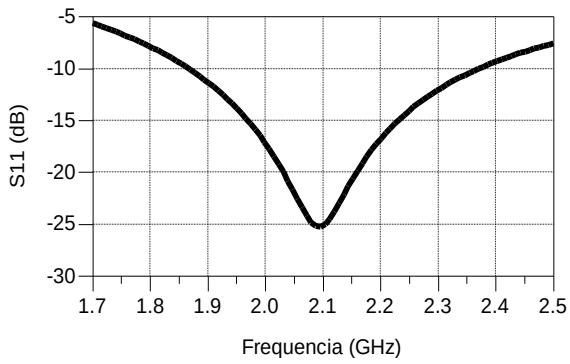
(b)



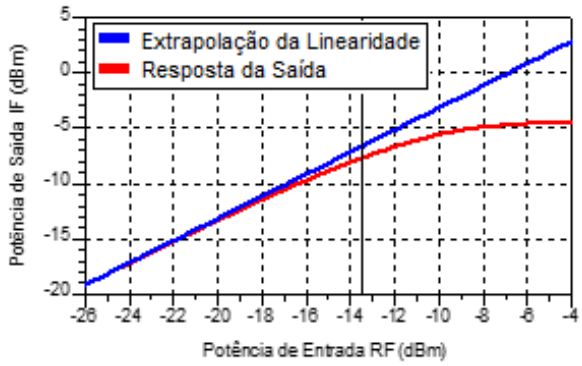
(c)

Para o 3G (2100 MHz) foram obtidos os seguintes resultados da figura 23, com os valores dos componentes otimizados durante a simulação. R_b = 10k Ω, R = 200 Ω, C_s = 2 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: $W_1 = W_2$ = 317 µm, $W_3 = W_4 = W_5 = W_6$ = 100 µm, e W_7 = 30µm.

Figura 4 - Resultados obtidos para o *mixer* do 3G. (a) S_{11}; (b) ponto de compressão e (c) interceptação de terceira ordem.

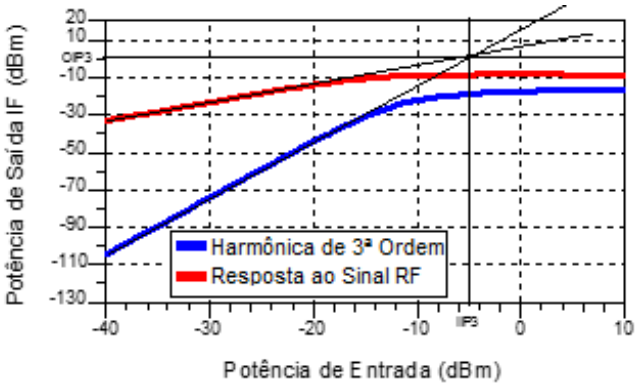


(a)



(b)

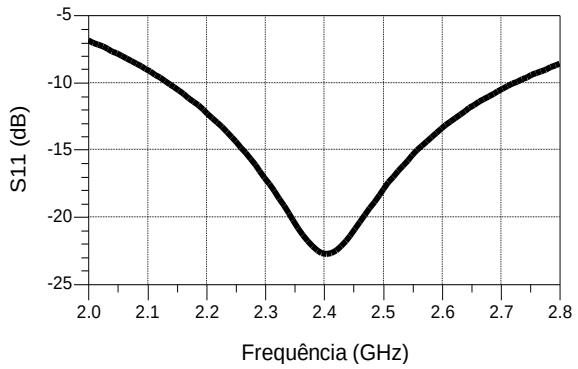
ISSN 1809-3957



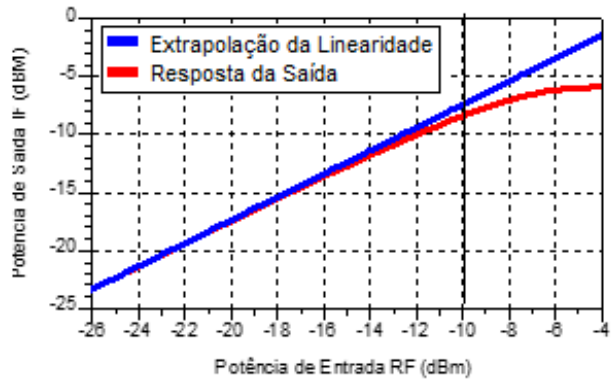
(c)

Para o WLAN (2.4 GHz) foram obtidos os seguintes resultados da figura 24, com os valores dos componentes otimizados durante a simulação. R_b = 10k Ω, R = 150Ω, C_s = 2 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 2,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = W_2 = 278.22 µm, W_3 = W_4 = W_5 = W_6 = 200 µm, e W_7 = 30µm.

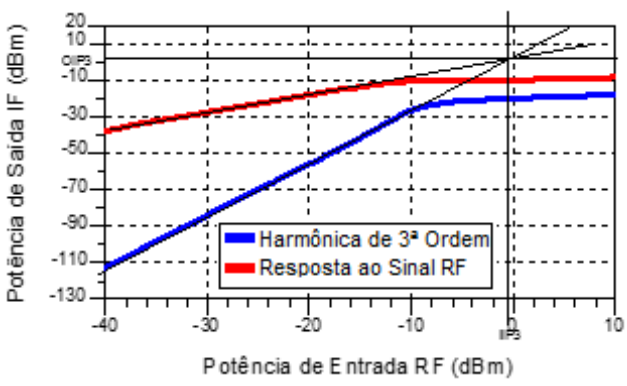
Figura 5 - Resultados obtidos para o *LNA* do *WLAN* de 2,4 GHz. (a) S_{21}; (b) S_{11} e (c) Figura de Ruído



(a)



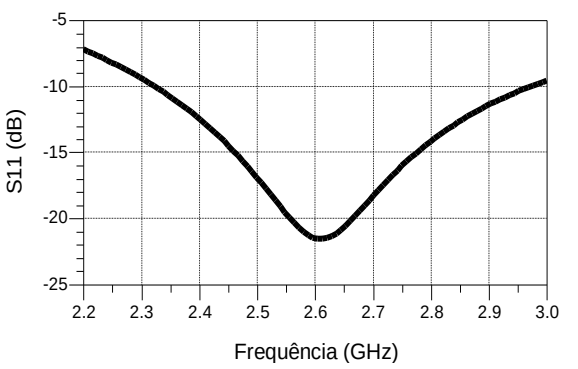
(b)



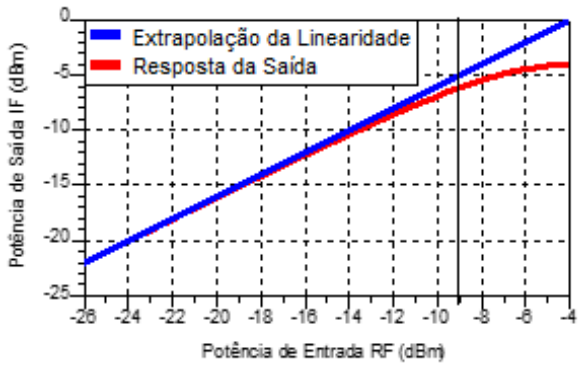
(c)

Para o 4G Brasileiro (2.6 GHz) foram obtidos os seguintes resultados da figura 25, com os valores dos componentes otimizados durante a simulação. R_b = 10k Ω, R = 200Ω, C_s = 2 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 2,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = W_2 = 200 µm, W_3 = W_4 = W_5 = W_6 = 150 µm, e W_7 = 30µm.

Figura 6 - Resultados obtidos para o *mixer* do 4G Brasileiro. (a) S_{11}; (b) ponto de compressão e (c) interceptação de terceira ordem

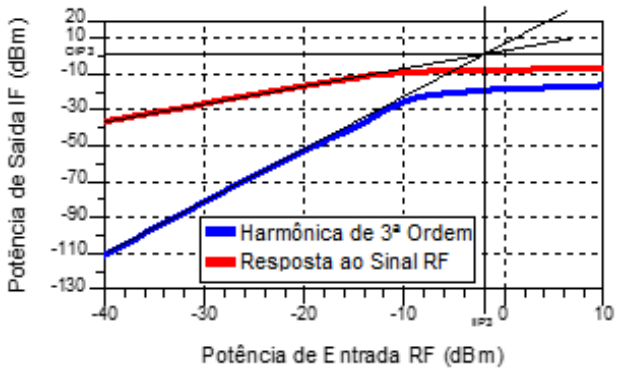


(a)



(b)

ISSN 1809-3957



(c)

Os resultados obtidos e apresentados através das Figs. 2-6, apresentam boa resposta em termos de sintonia, estando abaixo de -10dB nas frequências de operação, ponto de compressão satisfatório, em torno de -10dBm. Com isso, é possível afirmar que o misturador de RF aqui projetado, na tecnologia BiCMOS 0,35 µm da Austria Microsystem está apto a ser construído. Um resumo dos resultados obtidos é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1- Resultados do Misturador de RF.

Função	**Frequência Central**	**S_{11} (dB)**	**Ponto de Compressão -1 dB (dBm)**	**Interseção de Terceira Ordem (dBm)**		**Ganho de Conversão**	**Figura de Ruído (dB)**	
				OIP3	**IIP3**		**SSB**	**DSB**
GPS	1575MHz	-44,0	-12,5	0	-2	6,51	9,79	6,77
GSM	1,8 GHz	-31,6	-13,5	0	-5	1,81	10,56	7,54
3G	2,1 GHz	-25,2	-13,5	0	-5	9,11	8,26	5,25
WLAN	2,4 GHz	-22,8	-10,0	-2	0	8,32	10,26	7,24
4G Brasileiro	2,6 GHz	-21,6	-9,0	1	-2	8,13	9,55	6,53

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o projeto do segundo estágio de recepção microeletrônico para dispositivos móveis celulares, de forma a atender os recursos GSM, GPS, 3G, 4G Brasileiro e WLANs.

O misturador de RF aqui projetado mostrou-se promissor operando nas frequências desejadas, o que significa dizer que a perda por retorno está abaixo de -10dB. Dessa forma, o próximo passo é a integração do mixer com os outros dispositivos e em seguida fabricação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOVILLA, C. E. ; CASELLA, I. R. S. ; SGUAREZI FILHO, A. J. ; ARAUJO, H. X. **. Proposal of an RF CMOS Integrated Circuit Topology for Spatial Multiplexing of Local Elements (SMILE)**. Journal of Circuits, Systems, and Computers, v. 24, p. 1-10, 2015.

CAPOVILLA, C. E. ; ARAUJO, H. X. ; KRETLY, L. C. . **An Integrated Analog Demultiplexer for Spatial Multiplexing of Local Elements Using MOS Transistors**. Przeglad Elektrotechniczny, v. 90, p. 115-118, 2014.

LEE, T.H., **Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits**, *2nd edition.* Cambrige University Press, 2004.

POZAR, D. M., **Microwave Engineering**, 3rd edition, Wiley, 2004.

RAZAVI, B., **CMOS Technology Characterization for Analog and RF Design**, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, pp. 268-276, 2005.

VI. AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa contou com benefícios do Programa Produtividade em Pesquisa da UFT (PROPESQ/UFT).

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVI International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

PROJETO DE DISPOSITIVOS MICROELETRÔNICOS CMOS PARA SISTEMAS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR - PARTE I: AMPLIFICADOR DE BAIXO RUÍDO

DESIGN OF CMOS MICROELECTRONIC DEVICES FOR MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS - PART I: LOW NOISE AMPLIFIER

HUMBERTO X. ARAUJO; MAXWELL D. B. MELO; DAVID N. PRATA; PATRICK L. MOREIRA;
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
hxaraujo@uft.edu.br; maxwellgap@gmail.com; ddnprata@gmail.com; letouze@gmail.com

Resumo – Neste trabalho, é apresentado o projeto do primeiro estágio do bloco microeletrônico de recepção de sistemas de telefonia móvel celular. Para tal, foi empregado a tecnologia CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor da Foundry Austria Microsystem. A partir dos resultados obtidos é possível concluir que os dispositivos aqui projetados estão aptos para fabricação.

Palavras-chave: Microeletrônica. Telefonia móvel. Semicondutor.

Abstract - In this work, the first stage design of the microelectronic reception block for mobile telecommunications systems is presented. To this end, the CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor technology from the Foundry Austria Microsystem was used. From the obtained results it is possible to conclude that the designed devices are suitable for manufacturing.

Keywords: Microelectronics. Mobile telecommunications. Semiconductor. Low noise amplifier.

I. INTRODUÇÃO

No cenário da telefonia móvel atual deseja-se que um *smartphone* possua vários recursos móveis da atualidade como *wi-fi*, internet móvel de alta velocidade (3G e 4G) e GPS, além de outras facilidades já conhecidas e amplamente utilizadas, como *bluetooth*, roteamento de internet móvel e TV digital. É desejado que, hoje, no mundo se alcancem velocidades cada vez maiores para que possam ser realizadas chamadas de vídeo em tempo real com alta qualidade, assistir vídeos em TV online em alta definição, compartilhamento de mídias em redes sociais e acesso à internet móvel rápida em todos os lugares.

Para que isso ocorra, é necessário que se tenham velocidades de internet fornecidas por empresas de telefonia fixa ou móvel cada vez maiores, contribuindo mesmo que de forma indireta para uma certa tendência onde as telas dos aparelhos também aumentem para que possa ser melhor a experiência do usuário em utilizar os recursos de mídia em seus *smartphones* com tela de alta resolução.

Entretanto, em contrapartida ao aumento da dimensão da tela dos aparelhos há também a diminuição de sua espessura. Deseja-se que os aparelhos sejam cada vez mais finos, para que a discrição seja balanceada devido ao tamanho da tela. Sendo assim, para que um *smartphone* se torne cada vez mais compacto, torna-se necessária a diminuição dos componentes internos, como a fabricação de circuitos integrados (*front-end* de transmissão e recepção), em escalas micrométricas/nanométricas e também de antenas impressas com espessura extremamente pequena.

O *front-end* é composto por quatro blocos básicos que compõem o estágio de recepção, são eles: o *LNA* (*Low Noise Amplifier*), que é responsável por amplificar o sinal vindo da antena inserindo (ou amplificando) o mínimo de ruído possível, o misturador de RF que é responsável por fazer o translado em frequência do sinal vindo do *LNA* com a frequência do oscilador local, o qual por sua vez é responsável por gerar o sinal da portadora que será utilizado para transladar a frequência do sinal RF vindo do *LNA*, e o *PA* (*Power Amplifier*) que amplifica o sinal, mas desta vez sem se preocupar em inserir ruído.

Nesse contexto, tendo em vista as necessidades apresentadas em relação a velocidade demandada, bem como a miniaturização dos dispositivos móveis, o projeto adequado do bloco microeletrônico supracitado se torna fundamental. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto do bloco microeletrônico de recepção capaz de atender as aplicações de um smartphone brasileiro. A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que o bloco aqui apresentado está apto para ser fabricado.

II. BLOCO MICROELETRÔNICO - LNA

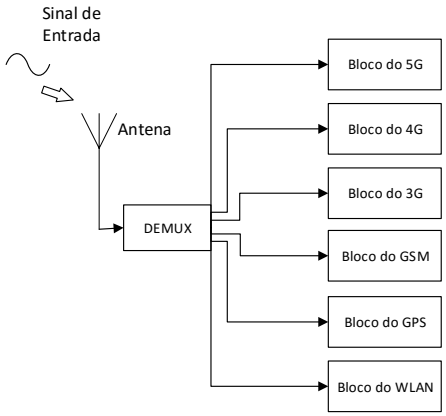
O *front-end* é o bloco microeletrônico presente no dispositivo logo após a antena, construído com transistores, indutores e capacitores, responsável pela recepção e tratamento do sinal recebido. Em linhas gerais, o *front-end* é formado por um *LNA* (Low Noise Amplifier), misturador de alta frequência, Oscilador Local e PA (Power Amplifier) (CAPOVILLA, C. E, 2014).

A proposta deste artigo é apresentar um *front-end* demultiplexado no tempo, de maneira a necessitar de apenas uma única antena multibanda. Para cada frequência de operação dos blocos mostrados na Figura 1 será desenvolvido um bloco de recepção. Os diagramas dos blocos e de cada bloco microeletrônico são mostrados nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Cada bloco deve ser desenvolvido na forma de circuitos integrados com o objetivo de se diminuir a dimensão dos circuitos de

ISSN 1809-3957

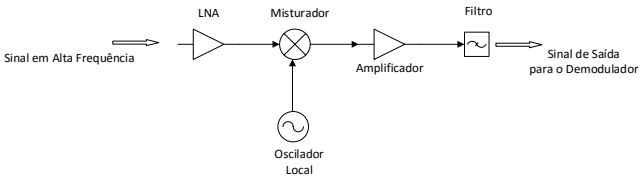
recepção. O projeto do demultiplexador não será abordado neste trabalho.

Figura 1 - Diagrama em blocos do sistema de recepção



Fonte: Autores, 2017.

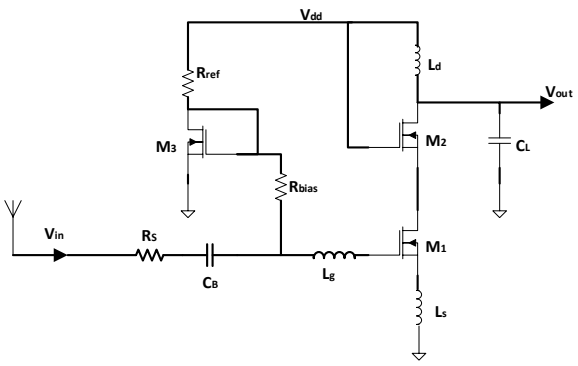
Figura 2 - Representação de cada bloco do *Front-End* de recepção.



Fonte: (POZAR, D. M., 2004)

O *LNA* é o primeiro estágio do receptor e é o responsável por amplificar o sinal recebido pela antena sem adicionar ruído (ou adicionando o mínimo de ruído possível), ou seja, degradando o mínimo possível a *SNR* da entrada em relação à observada na saída. A razão entre a *SNR* de saída e a *SNR* de entrada é denominada figura de ruído, valores entre 2 e 3 dB são aceitáveis (LEE, T.H., 2004). O *LNA* também é utilizado para casar a impedância da antena com os demais estágios do *front-end* de recepção. Para se projetar um *LNA* primeiramente deve-se escolher a topologia que será utilizada, o que no caso deste projeto foi a topologia *cascode*, com fonte degenerada por indutor. O LNA proposto neste trabalho é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Esquemático do amplificador de baixo ruído com fonte degenerada e cascode.



Fonte: Autores, 2017.

Como dito anteriormente, a fonte do transistor M_1 é degenerada com indutor, o qual tem como papel casar a parte real da impedância de entrada do *LNA*, e também é utilizado para controlar a frequência de ressonância do circuito, uma vez que a reatância indutiva varia em função do valor do indutor e da frequência (CAMBERO, E. V. V., 2016). É importante ressaltar que tal técnica é mais vantajosa do que se utilizar uma fonte degenerada com resistor, por exemplo, isso porque o resistor contribui com ruído térmico no circuito e já uma reatância pura não. Entretanto, o uso de tal tipo de degeneração torna o *LNA* inerentemente banda estreita, o que para determinadas aplicações é vista como problema, e dessa forma utiliza-se o transistor M_2 em cascata com M_1 para que a banda seja aumentada por conta do efeito Miller. O espelho de corrente formado com o transistor M_3 foi utilizado com a finalidade de polarizar parte do circuito, de forma que o resistor R_{bias} é escolhido grande o suficiente tal que a sua corrente de ruído seja suficientemente pequena para ser ignorada. Na entrada do circuito tem-se o capacitor C_B que deve ser utilizada para que não haja problema na polarização porta-fonte do transistor M_1. O valor dessa capacitância é escolhido de maneira a se obter, na frequência de operação do circuito, uma reatância que seja ignorada (CAPOVILLA, C. E, 2015). A partir deste ponto, é importante escolher a *foundry* (empresa que fabrica o circuito integrado) e o tipo de tecnologia fornecida pela mesma, no caso deste projeto a foundry escolhida foi a AMS (austriamicrosystems) e a tecnologia foi a 0,35µm). A importância dessa definição prévia se da em função do parâmetros de processo fornecidos pela foundry, os quais serão utilizados no projeto dos dispositivos. Por questões contratuais alguns desses parâmetros não serão divulgados neste trabalho.

De posse desses parâmetros podem ser calculados alguns parâmetros do circuito como, por exemplo, a largura do canal do transistor com equação dada por (RAZAVI, B., 2005):

$$W = \frac{1}{3 \times \omega \times L \times C_{ox} \times R_s} \quad (1)$$

onde L é a tecnologia (comprimento do canal do transistor), Rs é a resistência na entrada do circuito (50 Ω), C_{ox} a capacitância do óxido e ω é a frequência angular.

De posse dos parâmetros de processo fornecidos pela foundry, da frequência desejada e do valor do resistor de entrada podemos calcular o valor de W para cada frequência de operação dos front-ends, através da equação (1). Na Tabela 1 são mostrados os valores calculados para largura de canal para cada aplicação em função de sua frequência de operação.

Tabela 1 – Valores calculados para largura do canal.

Função	**Frequência Central**	**Largura do Canal**
GPS	1575 MHz	423,85 µm
GSM	1,8 GHz	370,96 µm
3G	2,1 GHz	317,97 µm
WLAN	2,4 GHz	278,22 µm
4G Brasileiro	2,6 GHz	256,84 µm

A partir dos valores de W apresentados na Tabela 1, pode-se observar um valor relativamente alto do comprimento dos transistores, o que implica em uma demanda de área de

ISSN 1809-3957

fabricação maior, dispositivos maiores e mais caros também. Sendo assim, utiliza-se a técnica de fingers, a qual é utilizada para se dividir um transistor com o valor de W muito grande em vários outros pequenos que serão conectados em paralelo, e com isso se pode otimizar a área necessária para a integração dos transistores. O número de fingers é limitado a 20 devido ao processo de fabricação da foundry, e cada finger tem no máximo 10 µm, com isso o valor máximo de W que se pode obter é de 200 µm. Quanto menor a frequência maior será o valor de W, por isso em alguns casos são utilizados transistores em paralelo com o objetivo de se ter um valor de W maior que 200 µm.

Depois de serem calculados os valores de W e de posse dos dados fornecidos pela *foundry* calcula-se também a capacitância entre a porta e a fonte do transistor para cada frequência de operação durante a saturação, através da seguinte equação:

$$C_{gs} = \frac{2}{3} \cdot C_{ox} \cdot W \cdot L + C_{cgo} \cdot W \quad (2)$$

Tabela 2 – Valores das Capacitâncias entre porta e fonte.

Função	Frequência Central	Capacitância
GPS	1575 MHz	448,99 fF
GSM	1,8 GHz	392,98 fF
3G	2,1 GHz	336,84 fF
WLAN	2,4GHz	294,73 fF
4G Brasileiro	2,6 GHz	272,06 fF

E por último outro parâmetro muito importante que deve ser calculado antes de se partir para a simulação é a soma dos indutores da degeneração da fonte e o indutor da porta do transistor. A soma dos indutores é o valor da indutância que fará com que estes entrem em ressonância com a capacitância da porta e fonte. Essa soma é a dada pela seguinte equação:

$$\left(L_g + L_s\right) = \frac{1}{\omega^2 + C_{gs}} \quad (3)$$

Os indutores L_g e L_s devem ser escolhidos conforme uma tabela fornecida pela *foundry* com o valor de seus indutores integrados de maneira que a soma dos dois obedeça a tabela acima, devemos levar em consideração que L_g (indutor do *gate*) seja maior que L_s (indutor da fonte). Os resultados para cada tecnologia serão mostrados a seguir, vale ressaltar que a largura do canal do transistor M_3 tem o valor em torno de 10% da largura dos outros dois transistores. As setas vermelhas mostradas nos gráficos a seguir são utilizadas para se destacar os valores das curvas na frequência de escopo. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.

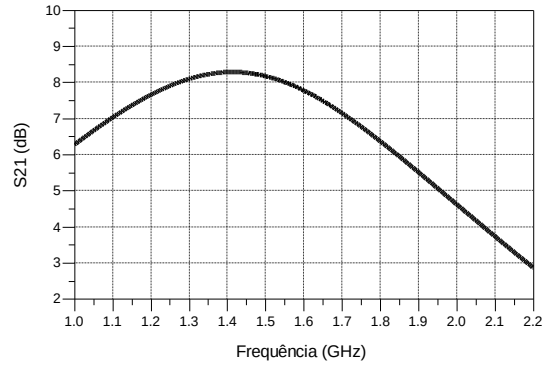
Tabela 3 – Valores de indutância da porta e fonte para todas aplicações.

Função	Frequência Central	Soma dos Indutores
GPS	1575 MHz	22,730 nH
GSM	1,8 GHz	19,894 nH
3G	2,1 GHz	17,052 nH
WLAN	2,4 GHz	14,921 nH
4G Brasileiro	2,6 GHz	13,773 nH

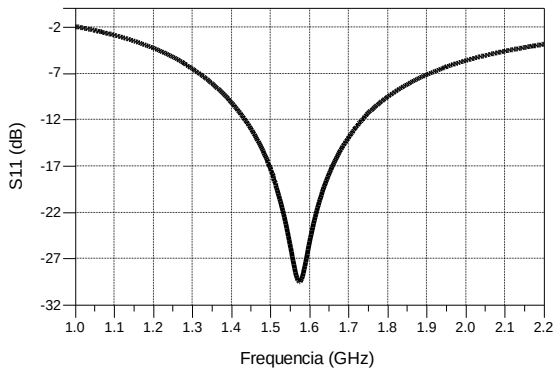
III. RESULTADOS

Para a aplicação GPS - Global Position System (1575 MHz) foram obtidos os seguintes resultados apresentados na Figura 4, com os valores dos componentes otimizados utilizando o software *Keysight ADS*. R_{ref} = 60 Ω, L_d = 8,11 nH (a 2,4 GHz), R_{bias} = 5k Ω, C_B = 6,5 pF, C_L = 0,2 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,32 nH (a 2,0 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = 423,85 µm, W_2 = 423,85 µm e W_3 = 42,385 µm.

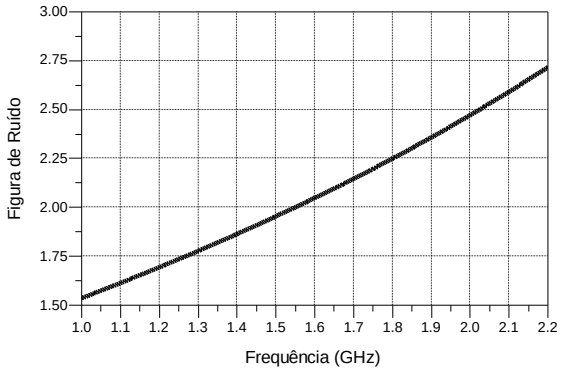
Figura 4 - Resultados obtidos para o LNA do GPS. (a) S21; (b) S11 e (c) Figura de Ruído.



(a)



(b)

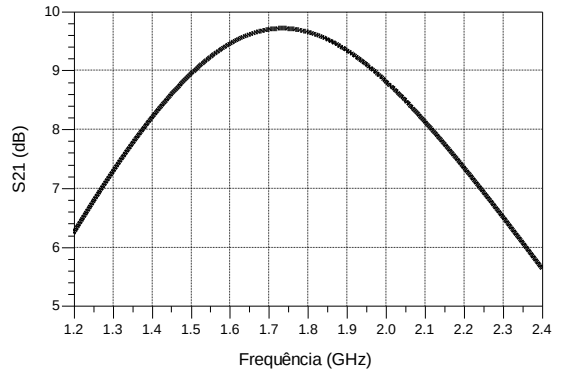


(c)

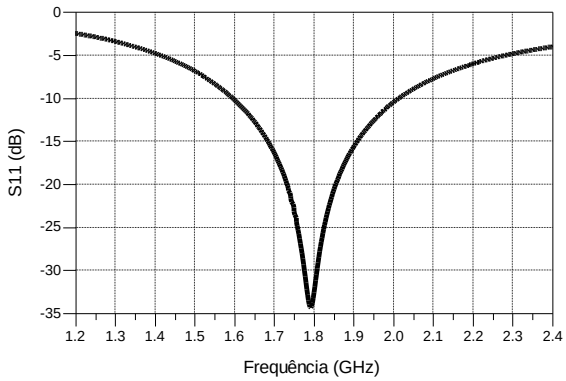
ISSN 1809-3957

Para o GSM (1800 MHz) foram obtidos os seguintes resultados observados na Figura 5, com os valores dos componentes otimizados R_{ref} = 60 Ω, L_d = 3,82 nH (a 2,4 GHz), R_{bias} = 5k Ω, C_B = 4 pF, C_L = 1 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,04 nH (a 2.4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = 370,96 µm, W_2 = 370,96 µm e W_3 = 42,385µm.

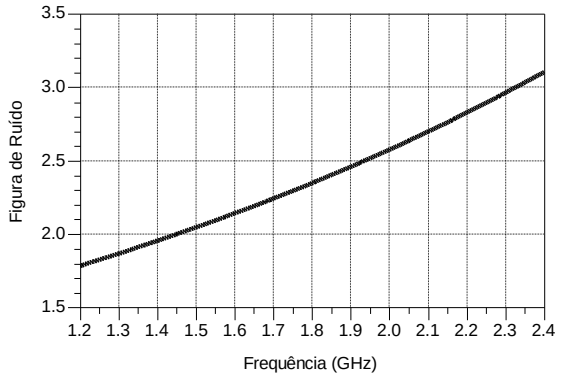
Figura 5 - Resultados obtidos para o *LNA* do GSM. (a) S_{21}; (b) S_{11} e (c) Figura de Ruído



(a)



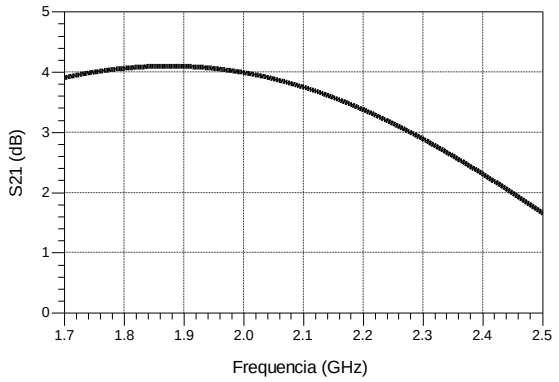
(b)



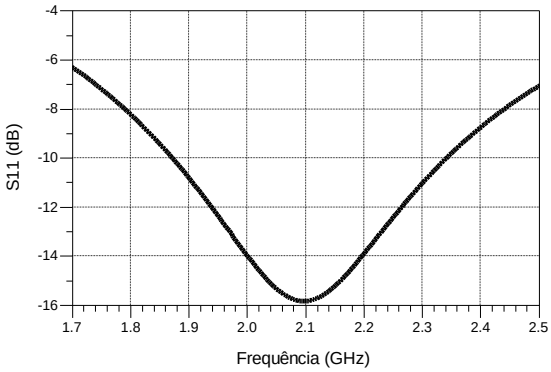
(c)

Para o 3G (2100 MHz) foram obtidos os seguintes resultados da Figura 6, com os valores dos componentes otimizados R_{ref} = 60 Ω, L_d = 3,82 nH (a 2.4 GHz), R_{bias} = 5k Ω, C_B = 1,5 pF, C_L = 1 pF, L_g = 19,06 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,04nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = 317,97 µm, W_2 = 317,97 µm e W_3 = 31,79µm.

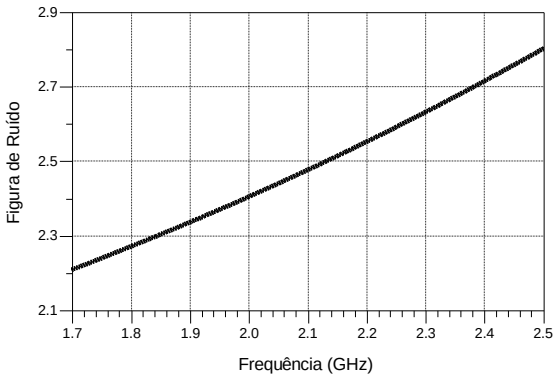
Figura 6 - Resultados obtidos para o *LNA* do 3G. (a) S_{21}; (b) S_{11} e (c) Figura de Ruído



(a)



(b)

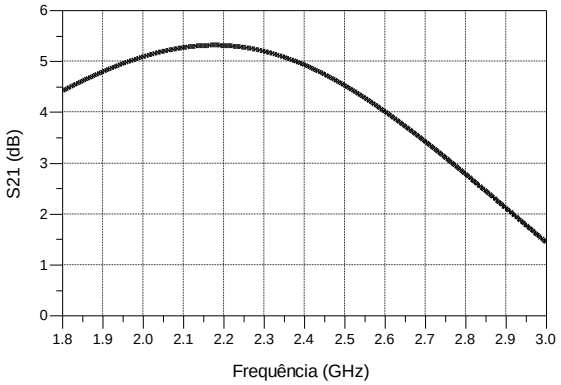


(c)

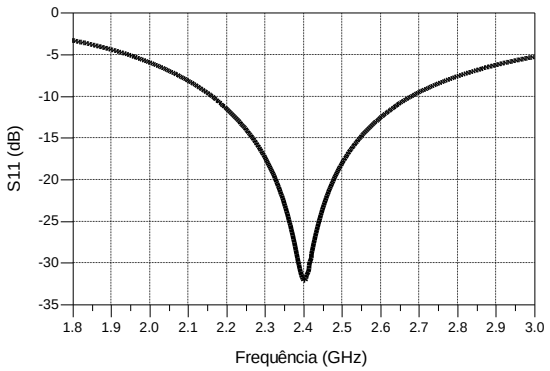
Para a *WLAN* (2,4 GHz) foram obtidos os seguintes resultados da Figura 7, com os valores dos componentes otimizados R_{ref} = 90 Ω, L_d = 8,11 nH (a 2,4 GHz), R_{bias} = 5k Ω, C_B = 1,77 pF, C_L = 0,1 pF, L_g = 12,08 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = 278,22 µm, W_2 = 278,22 µm e W_3 = 27,82µm.

ISSN 1809-3957

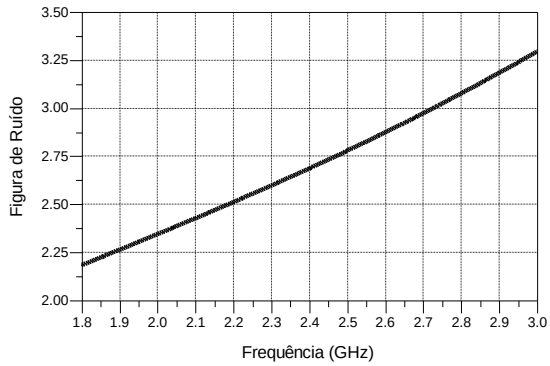
Figura 7 - Resultados obtidos para o *LNA* do *WLAN* de 2,4 GHz. (a) S_{21}; (b) S_{11} e (c) Figura de Ruído



(a)

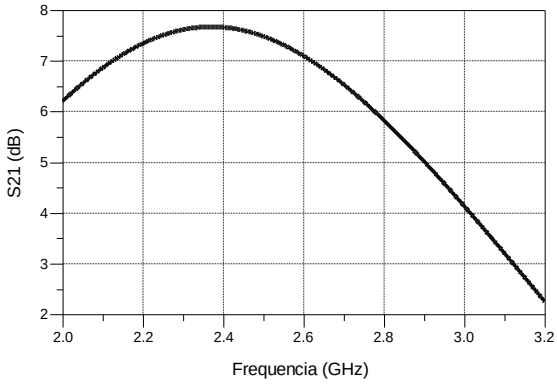


(b)

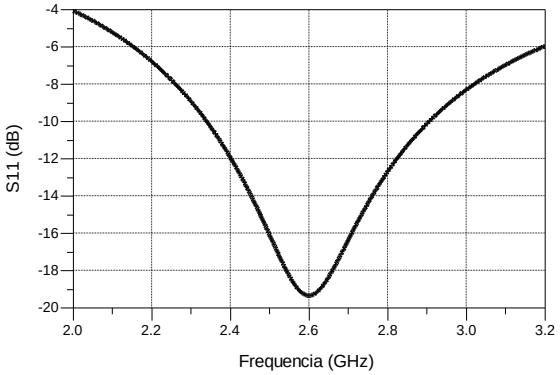


(c)

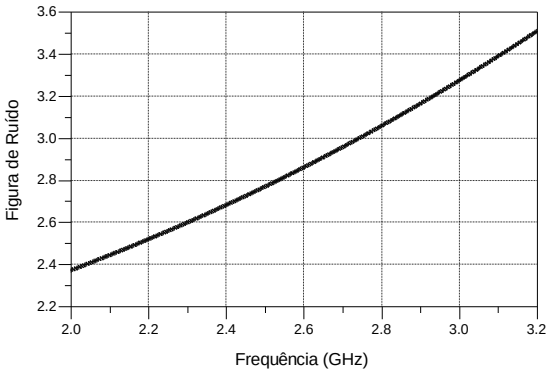
Figura 8 - Resultados obtidos para o *LNA* do 4G Brasileiro. (a) S_{21}; (b) S_{11} e (c) Figura de Ruído



(a)



(b)



(c)

Para o 4G Brasileiro (2,6 GHz) foram obtidos os seguintes resultados da Figura 8, com os valores dos componentes otimizados R_{ref} = 60 Ω, L_d = 2,10 nH (a 2,4 GHz), R_{bias} = 5k Ω, C_B = 1,52 pF, C_L = 2 pF, L_g = 12,08 nH (a 2,4 GHz), L_s = 1,04 nH (a 2,4 GHz), as larguras dos canais dos transistores utilizados foram: W_1 = 256 µm, W_2 = 256 µm e W_3 = 25,6µm.

Os resultados obtidos e apresentados através das Figs. 4-8, apresentam boa resposta em termos de sintonia, estando abaixo de -10dB nas frequências de operação, ganho satisfatório, em torno de 5dB ou mais e uma relação sinal ruído muito boa entre 2 e 3 dB. Com isso, é possível afirmar que o amplificador de baixo ruído aqui projetado na tecnologia BiCMOS 0,35 µm da Austria Microsystem está apto a ser construído. Um resumo dos resultados obtidos é mostrado na Tabela 4.

ISSN 1809-3957

Tabela 4 – Resultados do *LNA*.

Função	Frequência Central	S_{11} (dB)	Ganho (dB)	FNR (dB)
GPS	1575 MHz	-29,4	7,90	2,01
GSM	1,8 GHz	-33,2	9,64	2,35
3G	2,1 GHz	-15,8	3,75	2,48
WLAN	2,4 GHz	-32,1	4,92	2,68
4G Brasileiro	2,6 GHz	-19,4	7,10	2,86

IV. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o projeto do primeiro estágio de recepção microeletrônico para dispositivos móveis celulares, de forma a atender os recursos GSM, GPS, 3G, 4G Brasileiro e WLANs.

O amplificador de baixo ruído aqui projetado mostrou-se promissor apresentando figura de ruído dentro da faixa considerada aceitável (2 e 3 dB) para cada estágio e também apresentam um bom ganho e, o principal, operando nas frequências desejadas, o que significa dizer que a perda por retorno está abaixo de -10dB. Dessa forma, o próximo passo é a integração do LNA com os outros dispositivos e em seguida fabricação.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOVILLA, C. E. ; CASELLA, I. R. S. ; SGUAREZI FILHO, A. J. ; ARAUJO, H. X., **Proposal of an RF CMOS Integrated Circuit Topology for Spatial Multiplexing of Local Elements (SMILE).** Journal of Circuits, Systems, and Computers, v. 24, p. 1-10, 2015.

CAPOVILLA, C. E. ; ARAUJO, H. X. ; KRETLY, L. C., **An Integrated Analog Demultiplexer for Spatial Multiplexing of Local Elements Using MOS Transistors**. Przeglad Elektrotechniczny, v. 90, p. 115-118, 2014.

CAMBERO, E. V. V. ; CAPOVILLA, CARLOS E. , CASELLA, I. R. S. ; MUNOZ, R. R. ; ARAUJO, H. X., **A CMOS LNA Partially Degenerated Topology Proposal Using Active Inductors**. Journal of Circuits, Systems, and Computers, p. 1750078, 2016.

LEE, T.H., **Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits**, *2nd edition.* Cambrige University Press, 2004.

POZAR, D. M., **Microwave Engineering**, 3rd edition, Wiley, 2004.

RAZAVI, B., **CMOS Technology Characterization for Analog and RF Design**, *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, pp. 268-276, 2005.

VI. AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa contou com benefícios do Programa Produtividade em Pesquisa da UFT (PROPESQ/UFT).

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

QUALIDADE DE ENERGIA EM PARQUES EÓLICOS E ORIENTAÇÃO PARA CAMPANHAS DE MEDIÇÃO CONFORME NORMAS INTERNACIONAIS E REQUISITOS DO ONS

POWER QUALITY IN WIND FARMS AND GUIDANCE FOR MEASURING CAMPAIGNS IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL STANDARDS AND ONS REQUIREMENTS

SILVEIRA, CAMILO ASSUNÇÃO[1]; PEREIRA, CLEVER[1]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
camilo.ufcg@gmail.com; clever@ufmg.br

Resumo – Este trabalho apresenta os elementos gerais de qualidade de energia segundo as normas internacionais e do Operador Nacional do Sistema Elétrico para parques eólicos em operação no Brasil com foco no suporte para realização de campanhas de medição dos principais índices de qualidade de energia na turbina eólica. Ao final é proposto um conceito de quantização dos impactos econômicos na turbina eólicos referentes aos eventos de afundamentos/picos e interrupções de tensão.

Palavras-chave: Qualidade de energia. Normalização. Turbina Eólica. IEC 61400-21. ONS.

Abstract - This text contains the main elements of power quality in according with international standards and the ONS requirements applicable to operational wind farms in Brazil, regarding the measuring campaign of the main power quality parameters for wind farms. In addition, a concept will be proposed about measuring the economic impact of the wind turbine regarding the voltage dip/swell and interruption of the supply voltage.

I. INTRODUÇÃO

A estrutura clássica do sistema elétrico de potência formada pela geração, transmissão, distribuição e consumidores tem sofrido significativas mudanças nos últimos anos. Inicialmente esta estrutura possuía o fluxo de potência unidirecional a partir da geração até o consumidor final. Hoje o sistema elétrico é formado por uma estrutura distribuída e bidirecional principalmente devido às diversas fontes renováveis distribuídas em diferentes pontos da rede elétrica.

Este novo cenário que se intensifica cada dia mais é irreversível e traz consigo diversos desafios como a seguir [11]:

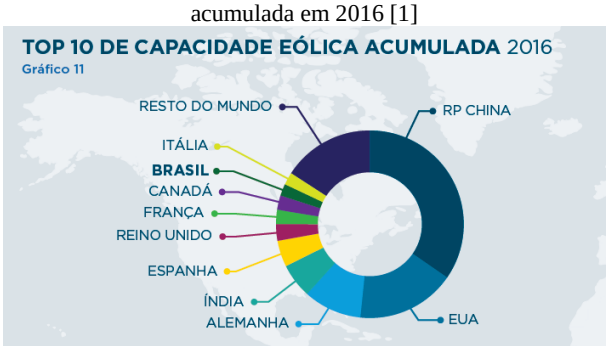
- Fontes de alimentação flutuantes provenientes de parques eólicos e sistemas fotovoltaicos de diferentes tamanhos;
- Mudança da direção do fluxo de potência incluindo linhas de transmissão em alta tensão;
- Fontes de harmônicos em média e alta tensão causadas pelos inversores e cargas não lineares;
- Picos de tensão e corrente em redes de distribuição, às quais estão ligadas as novas fontes de potência;
- Desequilíbrio de tensão, particularmente nas redes de baixa tensão.

O foco o presente artigo concentra-se na energia eólica que tem experimentado um crescimento em larga escala no mundo e no Brasil. Foram acrescentados à matriz energética brasileira mais de 2 GW em 2016 (81 novos parques eólicos) fazendo com que este número chegasse ao final deste mesmo ano com 10,75 GW de capacidade instalada. Em 2016, o Brasil ultrapassou a Itália no Ranking Mundial de capacidade instalada elaborado pelo GWEC (Global World Energy Council) e agora ocupa a nona posição [1], conforme pode ser visto no Quadro 1 a seguir.

Estes recentes dados de expansão da geração eólica são ainda mais surpreendentes em outros países como na China, pais com maior capacidade instalada de geração eólica do mundo. No final de 2016 este valor chegou a 168 GW. O potencial eólico na China cresceu 40 vezes de 2006 a 2015 com um crescimento de 45% neste período [12].

De 2020 a 2040 um rápido crescimento é esperado tanto o desenvolvimento da energia eólica quanto solar. Por volta de 2030 o mercado eólico terá uma expansão esperada para o total de mais de 1,1 TW, em uma combinação de turbinas eólicas on e off shore. Somente o mercado offshore eólico em Hebei, Shandong, Jiangsu e Zhejiang terá uma capacidade de 300 GW [12].

Quadro 1 - Os 10 principais países com capacidade eólica acumulada em 2016 [1]



PAÍS	MW	%
RP CHINA	168.690	34.7
EUA	82.184	16.9
ALEMANHA	50.018	10.3
ÍNDIA	28.700	5.9
ESPANHA	23.074	4.7
REINO UNIDO	14.543	3.0
FRANÇA	12.066	2.5
CANADÁ	11.900	2.4
BRASIL	**10.740**	**2.2**
ITÁLIA	9.257	1.9
RESTO DO MUNDO	75.577	15.5
TOTAL TOP 10	**411.172**	**84**
TOTAL	**486.749**	**100**

O presente artigo trata de explorar os aspectos de qualidade de energia na geração eólica para parques eólicos já na fase de operação.

II. DESENVOLVIMENTO

A norma internacional IEC 61000 provê descrições gerais dos diversos parâmetros de qualidade de energia, com métodos de medição, cálculos, etc. Por exemplo, a IEC 61000-4-30 [5] fornece um guia para as campanhas de medição e a caracterização dos diversos índices de qualidade de energia. Similar a esta norma internacional existe a IEEE 1159 [4] que inclui descrições dos fenômenos eletromagnéticos ocorridos em sistemas de potência, recomendações práticas de técnicas de medição de campanhas de monitoramento bem como a interpretação os resultados obtidos.

A norma internacional europeia EM 50160:2010 [2] fornece os limites e tolerâncias das principais características de tensão das redes de baixa, média e alta tensão em condições normais de operação. Esta norma é largamente utilizada por serviços de utilidade pública e órgãos regulares de forma a definir a qualidade de energia em redes de distribuição europeias. Já os métodos de medição para aplicação desta norma são descritos na IEC 61000-4-30 [5].

3.1 - Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável por coordenar e supervisionar a operação centralizada do sistema interligado brasileiro. O mesmo acompanha e avalia permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento de energia elétrica. Portanto este órgão define os requisitos mínimos que devem ser atendidos para conexão de um parque eólico à Rede Básica do Sistema Interligado Nacional (SIN) no tocante a qualidade de energia elétrica.

Para o gerenciamento dos indicadores de qualidade de energia elétrica da rede básica deve-se atender os requisitos solicitados pelo ONS através do Submódulo 2.8 [9] quando ocorrem solicitações de acesso de um parque eólico bem como ao ONS NT 009/2016 – "Instruções para realização de estudos e medições de QEE relacionados aos novos acessos à rede básica para parques eólicos, solares e consumidores" [8]. Um desempenho satisfatório dos indicadores de qualidade garante que o Submódulo 3.6 [10] tenha seus requisitos técnicos mínimos atendidos no ponto de conexão do parque eólico.

Os indicadores de qualidade de energia medidos para atendimento a ONS seguem abaixo. O período de medição exigido pelo ONS é de sete dias completos e consecutivos.

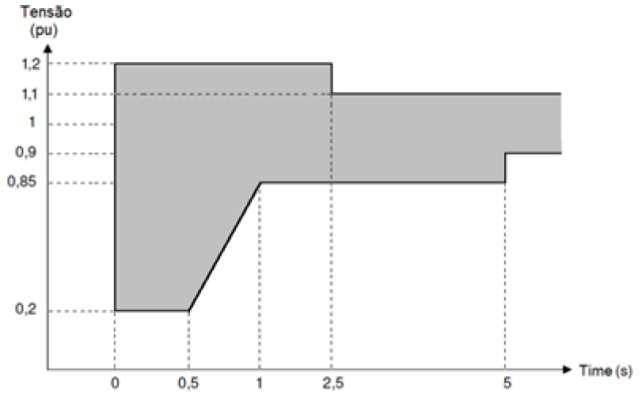
- Indicadores de frequência:
  - Conforme Tabela 1 – Limites para avaliação do desempenho da frequência durante distúrbios de [9];
- Tensão em regime permanente:
  - Conforme requisitos presentes no tem 9.2 de [9];
- Flutuação de tensão Pst e Plt:
  - A flutuação de tensão é uma variação aleatória do valor eficaz de tensão. Seus indicadores de flutuação de tensão são o Pst (Severidade de Curta Duração) e o Plt (Severidade de Longa Duração) onde os requisitos estão presentes no tem 9.3 de [9];
- Desequilíbrio de tensão;
  - Conforme requisitos presentes no tem 9.4 de [9];
- Distorção harmônica de tensão:
  - Conforme requisitos presentes no tem 9.5 de [9];
- Variações de tensão de curta duração (VTCD):
  - Conforme requisitos presente no tem 9.6 de [9]. Especial atenção para as classificações presentes no quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de variação de tensão de curta duração

Tipo de VTCD	Duração da VTCD	Amplitude da VTCD, em relação à tensão nominal
Interrupção momentânea de tensão – IMT	inferior ou igual a 3 (três) segundos	inferior a 0,1 pu
Afundamento momentâneo de tensão – AMT	igual ou superior a um ciclo e inferior ou igual a 3 (três) segundos	igual ou superior a 0,1 e inferior a 0,9 pu
Elevação momentânea de tensão – EMT	igual ou superior a um ciclo e inferior ou igual a 3 (três) segundos	superior a 1,1 pu
Interrupção temporária de tensão – ITT	superior a 3 (três) segundos e inferior ou igual a 1 (um) minuto	inferior a 0,1 pu
Afundamento temporário de tensão – ATT	superior a 3 (três) segundos e inferior ou igual a 1 (um) minuto	igual ou superior a 0,1 e inferior a 0,9 pu
Elevação temporária de tensão – ETT	superior a 3 (três) segundos e inferior ou igual a 1 (um) minuto	superior a 1,1 pu

Para determinados eventos do quadro 2, a turbina eólica será desacoplada da rede de forma a proteger-se dos danos que as máquinas sofrem com tais perturbações. Os limites são definidos pelo ONS [10]. A região cinza da Figura 1 refere-se à zona onde as turbinas eólicas devem permanecer em funcionamento conectadas a rede. Caso os afundamentos ou picos de tensão ultrapassem esta região, a turbina irá interromper a sua geração e entrar no estado de emergência (irá parar de girar aguardando a normalização das condições de rede).

Figura 1 - Tensão nos terminais dos aerogeradores [10].



Porém cabe ressaltar que para o ONS o desempenho da rede é obtido através de medições no ponto de acoplamento comum (PSC) correspondente da instalação.

3.2 - Norma IEC 61400-21

A norma IEC 61400-21, "Wind Turbine Generators Systems – Part 21: Measurements and Assessment of Power Quality Characteristics of grid Connected Wind Turbines" [6] fornece a metodologia para a apresentação, teste e avaliação dos principais parâmetros de qualidade de energia de redes elétricas conectadas a turbinas eólicas. A sua aplicação é ampla e aborda desde cálculos de projeto para novas turbinas eólicas utilizadas pelos fabricantes, que precisam atender os diversos requisitos de qualidade de energia, como também suporte ao operador da turbina, planejamento de órgãos reguladores e autoridades certificadoras.

O presente artigo irá tratar das recomendações existentes na IEC 61400-21 para preparação de campanhas de medição e avaliação dos parâmetros de qualidade de energia de redes elétricas em uma determinada turbina eólica em fase de operação. Conforme item 8.1 [6] o órgão regulamentador do Brasil define os limites de cada índice, porém os princípios utilizados nesta norma poderão ser utilizados como guia para realização de campanhas nas turbinas eólicas e para avaliações de novos parâmetros.

As normas da ONS não exigem limites de harmônicos de corrente, porém a IEC 61400-21, tópico 6.4, apresenta os requisitos para medição de harmônicos de corrente e interharmônicos até 50 vezes a frequência fundamental (no caso 60Hz). Para a realização da campanha de medição é necessário controlar a potência gerada da turbina em valores discretos de 0, 10, 20, ... até 100% da plena carga com o controle de potência reativa sempre em zero. Os resultados devem ser apresentados em tabelas cujo formato está no Anexo A desta norma.

A precisão dos transformadores de corrente e tensão deve ser classe 1,0 em atendimento a norma IEC 600044-1 e IEC 600044-2, respectivamente.

Algumas turbinas eólicas possuem transformadores em sua nacele, outras não. O ponto de medição poderá ser tanto no lado de baixa tensão como no de alta, a depender do fácil acesso do fabricante, pois não se esperam diferentes resultados dos indicadores de qualidade de energia para estes dois pontos, conforme item 7.1.1.

Nesta norma são incluídos também possíveis testes de resposta da turbina em frente a quedas de tensão e de set-points de controle de energia ativa, bem como de capacidade de geração de potência reativa. Também está incluído o tempo de restabelecimento de operação da turbina após falhas de rede.

3.3 - Variações de tensão de curta duração (VTCD), interrupções de energia e impactos econômicos

A norma internacional de projeto de turbinas eólicas IEC 61400-1 [7] define que não mais de 20 interrupções de serviço deverão ocorrer ao longo de um ano. Um número elevado de desacoplamento das turbinas eólicas, devido a variações de tensão de curta duração, implicaria em perdas econômicas de geração e possíveis danos elétricos e mecânicos, que poderiam demandar manutenções corretivas nestes equipamentos. [12]

Uma proposta dos autores deste artigo seria utilizar os estudos presentes na referencia [3], para mensurar quantitativamente o impacto econômico das quedas de tensão de rede. Basicamente através de campanhas de medição anuais seria preenchida a tabela 8 do submódulo 2.8 [9] com todas as variações de tensão de curta duração. Para as quedas que ultrapassem a área cinza da figura 1 seria dado um peso maior no custo do que as pequenas quedas, que não implicam no desacoplamento da turbina da rede elétrica. Ao final seria calculado o custo total das quedas de tensão que, ao ser normalizado, poderia ser comparada ano a ano para definição da qualidade da rede elétrica com relação a este evento.

A solução final para um resultado de má qualidade da rede elétrica será trabalhar com todas as partes envolvidas em uma solução que se possa garantir a melhoria contínua nos índices de qualidade de energia de interesse tanto dos fabricantes de turbina eólica quanto dos responsáveis pela manutenção dos parques eólicos e do sistema elétrico de transmissão e distribuição.

III. CONCLUSÃO

O presente trabalho inicia apresentando como o sistema elétrico atual está se tornado a cada ano mais complexo e com novos desafios, diante da expansão de fontes renováveis ao redor do mundo. O Brasil teve significativo crescimento da capacidade eólica instalada em 2016 onde a liderança desta expansão eólica encontra-se na China com 168 GW.

Diversas normas internacionais foram escritas com o intuito de definir o adequado desempenho do sistema elétrico, oferecendo suporte ao correto processo de medição e tratamento dos resultados encontrados para os principais indicadores de qualidade de energia.

Foi visto também que IEC 61400-21 fornece a metodologia para a apresentação, teste e avaliação dos principais parâmetros de qualidade de energia de redes elétricas conectadas a turbinas eólicas. Através desta norma é possível complementar os requisitos mínimos exigidos pelas normas do ONS, de forma a realizar a adequada campanha de medição de qualidade de energia na turbina eólica, bem como incluir os requisitos de harmônicos de corrente, não incluídas nas solicitações do ONS.

Por fim foi esclarecida a influência dos eventos de variação de tensão de curta duração e interrupções de serviço no desempenho das turbinas eólicas, assim como a criação de um método para mensurar o impacto econômico e classificar a rede elétrica do parque eólico ao longo dos anos de campanhas de medição de qualidade energia.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ABEEÓLICA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA ELÉTRICA, **Boletim Anual de Geração Eólica 2016**. Disponível em:< http://www.abeeolica.org.br/> Acesso em: 10 maio 2017.

[2] EUROPEAN COMMITTEE FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION. **Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems**: EN 50160. 2010.

[3] HOFMANN, M.; SELJESETH, H.; VOLDEN, H.; KUOLLE, G. **Study on Estimation of Costs due to Electricity Interruptions and Voltage Disturbances**. SINTEF Energi AS, SINTEF Energy Research, Sluppen, 12.2010, p.112-126.

[4] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Recommended practice for monitoring electric power quality:** IEEE 1159. 2009.

[5] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques— Power quality measurement methods:** IEC 61000-4-30. 2015.

[6] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Wind Turbine Generators Systems – Part 21: Measurements and Assessment of Power Quality Characteristics of grid Connected Wind Turbines:** IEC 61400-21. Edition 2.0, 08.2008.

[7] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Wind Turbines. Part 1: Design Requirements:** IEC 61400-1**.** Third Edition, 08.2005.

[8] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **ONS NT 009/2016 – Instruções para realização de estudos e medições de QEE relacionados aos novos acessos à rede básica para parques eólicos, solares e consumidores livres.** Rev. 1.0, 04.2016.

[9] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Submódulo 2.8 – Gerenciamento dos indicadores de qualidade da energia elétrica da Rede Básica**. Rev. 2.0, 12.2016.

[10] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Submódulo 3.6 – Requisitos Técnicos Mínimos para a Conexão às Instalações de Transmissão**. 12.2016.

[11] SCHWENKE, M.; UNTERWEGER, M. **Power Quality: New Tendencies in Standardization and Challenges of Energiewende. 23rd International Conference on Electricity Distribution.** Lyon, 15-18, June 2015.

[12] WEISHENG, W.; YONGNING, C.; ZHEN, W.; YAN, L.; RUIMING, W.; MILLER, N.; BAOZHUANG, S. **On the Road to Wind Power**. IEEE Power&Energy Magazine, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854 USA, v.14, n.6, p.24-34, Nov/Dec 2016.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE ESTRUTURAL EM UM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

STRUCTURAL ANALYSIS IN AN ACTIVATED CARBON FILTER USING THE FINITE ELEMENT METHOD

JAYANN ISMAR LIRA ALMEIDA[1], JUAN FILIPE BRITO FIGUEIRA[2], FERNANDA FIGUEREDO SANTOS[3]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

jayann.almeida@ufba.br, juan_figueira91@yahoo.com.br, ffernaand@gmail.com

Resumo – O trabalho visa a aplicação do método de elementos finitos (MEF) no estudo da estrutura de um filtro de carvão ativado, visando avaliar se a espessura do vaso, e o material da sua parede, fornecem resistência suficiente para as condições reais de operação do vaso de pressão. Para atingir tal objetivo, desenvolveu-se uma modelagem gráfica do filtro, na qual todas as condições de carga, contorno, além da malha de elementos finitos, foram aplicadas para a realização da simulação. Consequentemente, puderam-se alcançar inúmeros resultados, tais como tensão máxima encontrada, ponto de maior esforço no filtro e existência de deformações. Os filtros de carvão ativado são vastamente utilizados em indústrias visando a obtenção de fluidos com baixos índices de impurezas. Em alguns casos, estes filtros são submetidos a pressões acima da atmosférica, resultando em um somatório de esforços devido a carga hidrostática, pressão do fluido e peso de componentes que tornam o equipamento mais susceptível à falha da sua estrutura. O método dos elementos finitos, que vem sendo cada vez mais aplicado em análises de estruturas devido a sua capacidade de simular esforços reais atuantes no corpo, atribuir materiais, restrições e refinamento do elemento da malha onde o estado de tensão é analisado possibilita a obtenção de resultados confiáveis.

Palavras-chave: Elementos Finitos. Filtro de Carvão Ativado. Integridade Estrutural.

Abstract - The aim of this work is the application of the finite element method (MEF) in the study of the structure of an activated carbon filter, in order to evaluate if the thickness of the vessel and the material of its wall provide sufficient resistance to the actual conditions of operation of the vessel Of pressure. In order to achieve this objective, a graphic filter model was developed in which all load conditions, contour, in addition to the finite element mesh, were applied to the simulation. Consequently, it was possible to achieve numerous results, such as maximum tension found, point of greatest effort on the filter and existence of deformations. Activated carbon filters are widely used in industries to obtain fluids with low impurities. In some cases, these filters are subjected to pressures above atmospheric, resulting in a sum of stresses due to hydrostatic loading, fluid pressure and component weight which make the equipment more susceptible to failure of its structure. The finite element method, which has been increasingly applied in structural analysis due to its ability to simulate real forces acting on the body, assigning materials, constraints and refinement of the element of the mesh where the stress state is analyzed allows the obtaining of Reliable results.

Keywords: Finite elements. Activated Carbon Filter. Structural Integrity.

I. INTRODUÇÃO

Os vasos de pressão são equipamentos amplamente empregados e de considerável importância nas indústrias Químicas; Petroquímicas; Refinarias; Termoelétricas, dentre outras. O nome vaso de pressão designa genericamente todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensões, formato ou finalidade, capazes de conter um fluído pressurizado TELLES (1996).Ou ainda, como afirma a NR 253, os vasos de pressão são reservatórios não sujeitos à chama, que contenham qualquer fluido em pressão manométrica igual ou superior a pressão atmosférica.

Uma das aplicações para um vaso de pressão é a purificação de fluidos, tais como, água ou soluções aquosas, óleos e ar comprimido. BAI (2015) afirmou que, para este tipo de aplicação, um dos equipamentos frequentemente utilizados na indústria é o filtro de carvão ativado. O filtro de carvão ativado, quando submetido a uma pressão acima ou inferior à atmosférica, também é considerado como um vaso de pressão. Neste filtro, o carvão fica acumulado no vaso formando o leito filtrante. Devido a sua grande porosidade é possível à captura de contaminantes através da adsorção, onde as moléculas aderem na superfície do carvão e ficam retidas, caracterizando a adsorção física. Caso ocorram reações químicas entre substâncias presentes no fluido e o carvão ativado, o contaminante adere através de ligações mais forte ao adsorvente, caracterizando a adsorção química.

Tratando-se de equipamentos que desempenham tarefas de risco, torna-se fundamental a execução criteriosa do projeto de um vaso de pressão, atendendo a normas regulamentais e visando a manutenção da integridade física durante sua operação no ciclo de vida útil desejado. Consequentemente, a eficiência e êxito no desenvolvimento do projeto de vasos de pressão, impossibilita a ocorrência de desastres de caráter social e econômico.

Sabendo-se da responsabilidade associada ao uso do equipamento em questão, torna-se necessário valer-se de normas técnicas que sejam capazes de instruir devidamente o responsável pela implantação de um projeto de vasos de pressão.

A filtragem das impurezas do fluido se dá através da adsorção física, a qual caracteriza-se pela adesão da impureza ao material filtrante por meio de forças de van der

ISSN 1809-3957

Waals, ou da adsorção química, a qual caracteriza-se pela formação de ligações químicas entre as impurezas do fluido e o material filtrante.

Uma vez que as forças de van der Waals são forças entre moléculas resultantes da atração entres pólos formados pelo acúmulo permanente ou induzido de elétrons, tais ligações são mais fracas que as ligações químicas resultantes do compartilhamento de elétrons ou ligações iônicas, sendo por isso a adsorção física considerada menos resistente que a adsorção química (SKOUTERIS, SAROD, *et al.*, 2015).

Uma das mais conhecidas é a ASME (American Society of Mechanical Engineers), que apresenta uma seção voltada para projetos de vaso de pressão (Seção VIII). A norma mais empregada no Brasil é a BS-5500, que foi publicada pela British Standards Institution, desenvolvida na Inglaterra. Tem-se, ainda, conhecimento da A. D. Merkblatt, norma desenvolvida na Alemanha.

BAKER (2012) diz que, atualmente, o desenvolvimento de produtos vem ocorrendo em laboratórios computacionais onde o método dos elementos finitos (MEF) é largamente empregando, possibilitando uma modelagem mais precisa do modelo final e consequentemente uma economia maior nos custos com materiais e repetição de testes.

Deste modo, torna-se viável a aplicação do MEF para inferir resultados como tensão máxima encontrada, ponto de maior esforço e existência de deformações para os filtros de carvão ativado.

II. METODOLOGIA

Realizou-se a modelagem 3D do filtro de carvão ativado, com o objetivo de aplicar o método dos elementos finitos e obter melhor visualização do vaso de pressão.

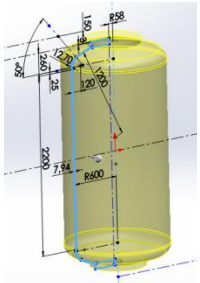
O filtro de carvão ativado apresenta as seguintes especificações: Fabricante: USFilter Brasil; Material: Aço Carbono; Diâmetro interno: Φ1200 mm; Comprimento entre tangentes: 2250 mm; Pressão de projeto: 8,5 kg/cm2; Pressão máxima admissível: 8,5 kg/cm2; Pressão de operação: 5,0 kg/cm2; Pressão de teste hidrostático: 12,8 kg/cm2; Temperatura de projeto: 50 oC; Temperatura de operação: 34 ^{o}C; Peso do vaso vazio: 1355 kgf; Peso do vaso cheio d'água: 4245 kgf e Tipo de tampo: Toriesférico 10% com raios: 120 e 1200 mm.

2.1 - Modelagem do Corpo do Vaso

O primeiro passo da modelagem é o desenho do esboço que, por sua vez, serve como base para a revolução em torno de uma linha de referência vertical de comprimento infinito. O resultado oriundo da revolução em torno da linha de centro, gerando o corpo do vaso com seu interior oco, pode ser visto na Figura 1, e, o resultado final da revolução do esboço, está ilustrado na Figura2.

Vale ressaltar que a tampa do vaso é soldada ao tampo, assim como o tampo é soldado ao corpo do filtro; e o esboço inicial considera todos os elementos citados, como um único elemento.

Figura 1 – Seção revolucionada do esboço.



Fonte: Autores, 2016

Figura 2 – Corpo do vaso de pressão.

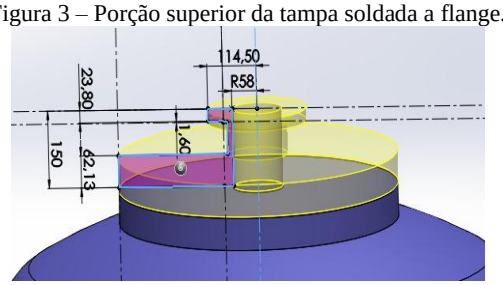
Fonte: Autores, 2016

2.2 - Modelagem das Tampas (Superior e Inferior) do Vaso com o Flange

Sabendo que a porção superior da tampa do vaso é soldada a seu flange, desenhou-se um esboço das duas partes como um único corpo. As dimensões do flange foram tomadas com base na informação contida no desenho do fabricante; sendo o flange superior de 4 in, plano. No entanto, o flange inferior possui dimensões iguais a 3 in.

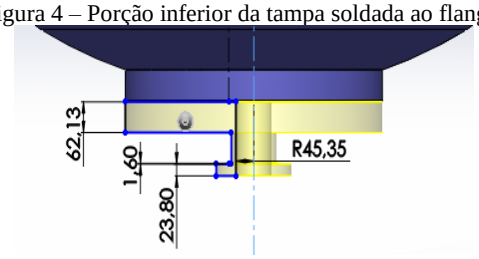
Após a conclusão do esboço, aplicou-se a extrusão por revolução em torno da linha de centro, obtendo deste modo os desenhos observados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Porção superior da tampa soldada a flange.



Fonte: Autores, 2016.

Figura 4 – Porção inferior da tampa soldada ao flange.



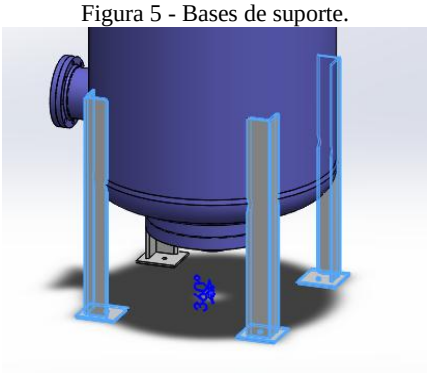
Fonte: Autores, 2016.

2.3. Modelagem da Base de Sustentação

Posteriormente, realizou-se a modelagem da base de sustentação do vaso. Conforme as medidas fornecidas pelo fabricante, pôde-se esboçar a base de sustentação. E, na sequência, gerar uma superfície de revolução ilustrada na Figura 5.

ISSN 1809-3957

Figura 5 - Bases de suporte.



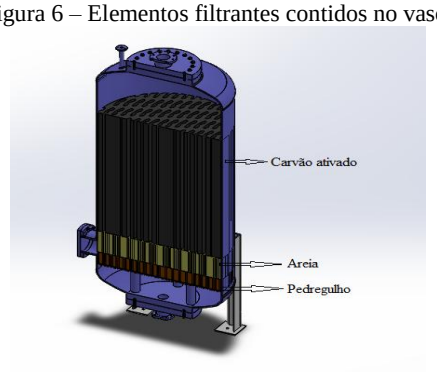
Fonte: Autores, 2016

2.4. Modelagem dos Filtros

O Filtro de Carvão Ativado possui 3 camadas de elementos filtrantes, sendo eles, carvão ativado, areia e pedregulhos. A camada de carvão ativada é a maior, possuindo 1410 mm de altura, em seguida existe a de areia com 250 mm e por último uma camada de pedregulhos com 150 mm.

Desenvolveu-se a modelagem a partir das especificações e medidas fornecidas pelo fabricante do vaso. E, através da extrusão de esboços circulares, pôde-se obter um resultado final, visto na Figura 6, que apresenta diversas geometrias empregadas para representar os furos por onde a água estaria passando.

Figura 6 – Elementos filtrantes contidos no vaso.



Fonte: Autores, 2016

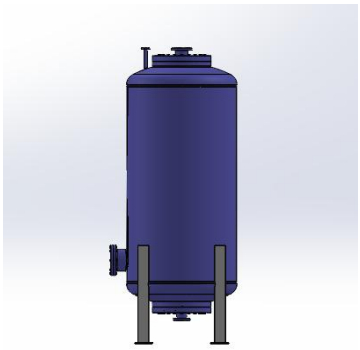
2.5. Finalização da Modelagem

Foram criados equipamentos de fixação, tais como: parafusos, chumbadores, porcas e arruelas para fixação das tampas.

Além disso, desenvolveram-se marcas de solda através da aplicação de filetes na interseção entre os elementos soldados. Por fim, todos os elementos foram posicionados em uma montagem de modo a obter-se a representação do filtro trabalhado.

Na Figura 7 é possível observar o resultado final da modelagem, após todos os passos descritos anteriormente.

Figura 7 – Vista lateral do filtro de carvão ativado.



Fonte: Autores, 2016.

2.6. Definição dos Parâmetros de Simulação para as Análises Numéricas

Na Tabela 1 é possível observar as propriedades mecânicas dos materiais que compõem o corpo do vaso e o suporte. Tais materiais serão considerados durante a simulação visando à obtenção de resultados confiáveis.

Tabela 1 – Materiais que formam a carcaça do vaso e suas propriedades.

	Material	**Densidade (g/cm³)**	**Tensão última (MPa)**	**Limite de escoamento (MPa)**	**Módulo de elasticidade (GPa)**	**Coeficiente de Poisson**
Costado	ASTM A 285 Gr. C	7.84	450	230	210	0.29
Tampos	ASTM A 285 Gr. C	7.84	450	230	210	0.29
Flanges	ASTM A 105	7.90	485	250	173	0.30
Suporte	ASTM A36	7.80	480	270	210	0.26

O vaso funciona nas condições de operação mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 – Condições de operação do filtro.

Condições de operação	
Regime de serviço	Contínuo
Fluido	Água
Massa específica do fluido	1 kg/m^3
Vazão	25 m^3/h
Pressão de operação	5 kgf/cm^2
Temperatura de operação	34 ^{o}C

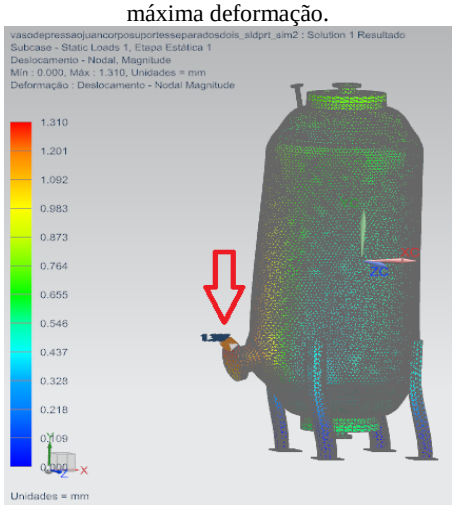
III. RESULTADOS

3.1. Resultados com Base nos Parâmetros Reais de Operação do Filtro

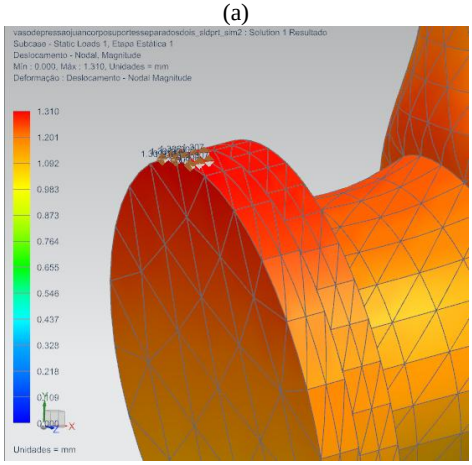
O primeiro passo foi a simulação considerando as condições reais de operação do vaso. Posteriormente, obtiveram-se os seguintes resultados; a Figura 8 mostra os resultados da deformação do vaso após a aplicação da pressão interna 0,49 MPa.

ISSN 1809-3957

Figura 8 - Nível de deformação em a) todo o filtro e b) na região de máxima deformação.



(a)



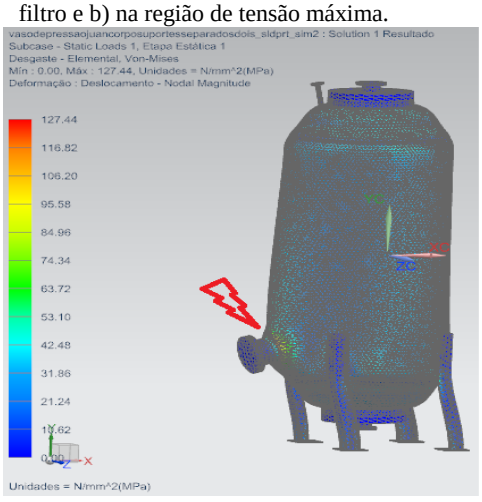
(b)

Fonte: Autores, 2016

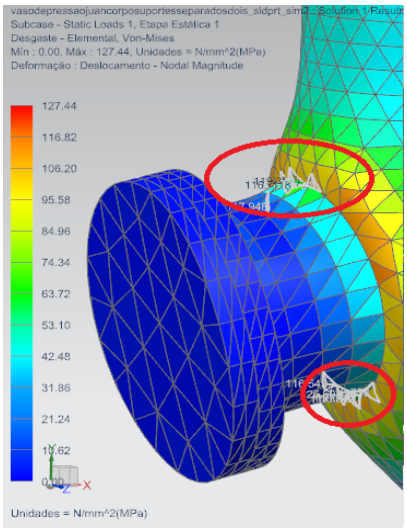
A deformação máxima observada ocorreu na extremidade do tampo cego lateral, com um valor igual a 1,31 mm. Embora o vaso apresente grande deformação no resultado da simulação, a escala de deformação está contida numa faixa entre 0 e 1,31 mm. A deformação mínima, constatada na base dos suportes, apresentou valor igual a 0 mm.

A Figura 9 mostra os resultados da tensão de Von Misses resultantes da pressão de trabalho aplicada de 0,49 MPa.

Figura 9 - Nível de tensões de Von Misses em a) em todo o filtro e b) na região de tensão máxima.



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016

A tensão de Von Misses máxima observada foi de 127,44 MPa, localizada na região entre o corpo do vaso e o flange de saída lateral, como pode ser observado na Figura 9 (a).

Uma vez que a tensão de escoamento do vaso corresponde a 230 MPa, é possível concluir que o vaso opera em condições seguras, não ocorrendo nenhuma deformação plástica durante sua operação. Não houve nenhum movimento de rotação em nenhuma parte do vaso.

3.2. Tensão Máxima na qual o Filtro pode Operar

Visando a obtenção da pressão de operação máxima que resultaria em uma deformação plástica do vaso e, consequentemente, no comprometimento de sua segurança, executaram-se inúmeras simulações variando a pressão de operação. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Variação da tensão máxima e deformação em função da pressão de operação

Pressão de Operação (MPa)	Deformação Máxima (mm)	Tensão Máxima (MPa)
0,49	1,310	127,44
0,55	1,467	142,95
0,65	1,728	168,80
0,75	1,99	194,66
0,85	2,251	220,51
0,88	2,329	228,26
0,89	2,355	230,65
0,9	2,381	233,44
0,95	2,512	246,36

Em todas as pressões de operação aplicadas, o resultado da simulação revelou que o ponto de deformação e tensão máxima coincide no mesmo local. Sendo a deformação máxima localizada na extremidade da tampa do flange cego lateral e a tensão máxima na região de interseção entre o flange lateral e o corpo do vaso.

Analisando os resultados é possível concluir que ao atingir uma pressão de operação entre 0,88 e 0,89 MPa o vaso iniciará um processo de deformação plástica na região de máxima tensão, tendo em vista que a tensão máxima observada nas simulações ultrapassam o limite de

ISSN 1809-3957

escoamento do material do corpo do vaso, que é de 230 MPa.

3.3. Simulação considerando o Peso dos Filtros no Interior do Vaso

Buscando avalizar o impacto do peso dos elementos filtrantes no vaso, fez-se mais um processo de simulação. Entretanto, desta vez, valendo-se somente da porção inferior do vaso, possibilitando, deste modo, a visualização da distribuição de tensões na região interna.

Com base nas informações conhecidas a respeito das dimensões (diâmetro e altura), tornou-se possível calcular o volume ocupado por cada elemento no filtro por meio da Equação. 1:

$$V = \pi . r^2 . h \quad (1)$$

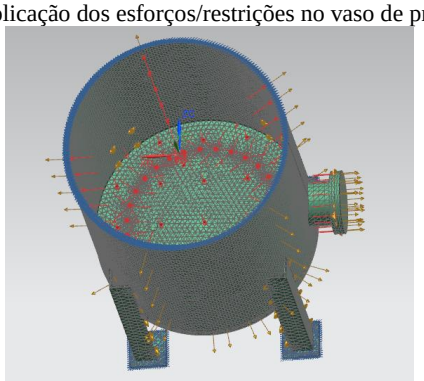
Sendo r o raio e h a altura. Valores aproximados da densidade dos elementos foram obtidos visando o cálculo do peso dos mesmos. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros para o cálculo de peso de cada elemento filtrante.

Elemento	Densidade (kg/m³)	r (m)	h (m)	V (m³)	Massa (kg)	Gravidade (m/s²)	Peso (N)
Pedregulho	1950,0	0,6	0,15	0,17	330,81	9,81	3245,24
Areia	2100,0	0,6	0,25	0,28	593,76	9,81	5824,80
Carvão ativado	500,0	0,6	1,41	1,59	797,34	9,81	7821,87

Com a aquisição do peso de cada elemento pôde-se aplicar uma carga sobre o suporte, no qual, estariam localizados os filtros. Como observado na Figura 10.

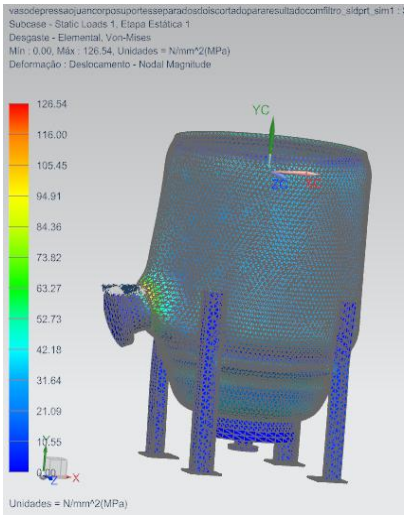
Figura 10 – Aplicação dos esforços/restrições no vaso de pressão.



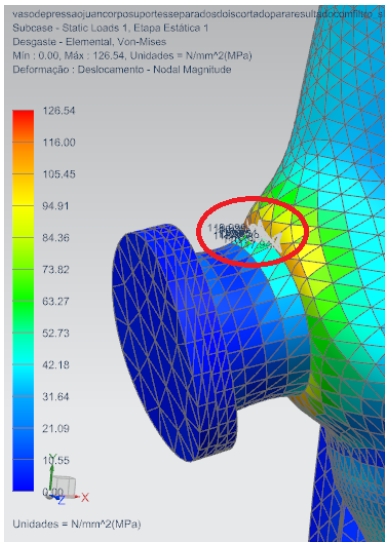
Fonte: Autores, 2016

O resultado alcançado está representado na Figura 11.

Figura 11 - Distribuição de tensões ao longo do vaso em (a) e ponto de tensão máxima em (b).



(a)



(b)

Fonte: Autores, 2016.

Nota-se que o ponto de tensão máxima continuou sendo a interseção entre o costado do vaso e o flange lateral. Além disso, vê-se que o valor encontrado, igual a 126,54 MPa, apresentou proximidade com o valor, correspondente a 127,44 MPa, encontrado na simulação do vaso no Tópico 3.1 (Resultados com Base nos Parâmetros de Operação Reais do Filtro). Portanto, pode-se inferir que o peso dos elementos filtrantes não possui grande influência na região de máxima tensão; e que, simular o filtro sem considerar o peso dos elementos, não distorce os resultados obtidos ao longo do costado.

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho reflete umas das aplicações e demonstra a confiabilidade do método dos elementos finitos, que ainda pode ser empregado não só em análises estruturais, mas também em estudos de escoamentos, condução de calor, vibrações, fadiga, impacto, dentre outros.

Diversos outros estudos podem ser desenvolvidos em vasos de pressão buscando a redução de custos e definição

ISSN 1809-3957

da espessura ótima. Fatores como, temperatura de operação ou pontos de geração de calor, existência de esforços cíclicos e consideração de revestimentos podem ser levados em conta, dentre uma vasta gama de possibilidades.

É possível realizar a análise considerando todos os elementos presentes no vaso, tais como, válvulas, distribuidores, parafusos, estojos, juntas. No entanto, se o objetivo é avaliar uma determinada região ou um componente específico, é importante observar que considerações podem ser feitas de modo que não comprometa o resultado e não utilize mais tempo que o necessário para criação de malhas e faça a simulação propriamente dita.

Vasos de pressão comumente possuem grandes dimensões e diversos componentes, o que resulta em uma grande quantidade de tempo que seria requerido para considerar todos os elementos presentes, portanto vale a pena um estudo prévio visando estabelecer quais os principais elementos que devem estar presentes na simulação.

O emprego de análises computacionais na indústria, devido a qualidade dos resultados, pode evitar gastos excessivos com ensaios destrutivos de materiais, fraturas inesperadas devido a fatores concentradores de tensão não observados durante o projeto, encurtar o tempo de desenvolvimento do produto e facilitar melhorias requeridas de design, dentre muitas outras vantagens.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAI, B.C., Kim, E.A, LEE, C.W., et al., 2015, **"Effects of surface chemical properties of activated carbon fibers modified by liquid oxidation for CO2 adsorption"**, Applied Surface Science, 353 (2015), 158-164

BAKER, A.J., 2012**, "Finite Elements: Computational Engineering Sciences"**, 1o Edition, John Wiley & Sons, Ltd, USA

Telles, P. C. da Silva, **"Vasos de Pressão"**, 2ª edição, Ed. LTC – Livros Técnico e Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro, Brasil, 1996.

VINOD, K.S., KUMAR, E.A., 2015, **"Measurement and analysis of adsorption isotherms of CO2 on activated carbon",** Applied Thermal Engineering,

SKOUTERIS, G., SAROJ, D., MELIDIS, P., et al., 2015, **"The effect of activated carbon addition on membrane bioreactor processes for wastewater treatment and reclamation – A critical review"**, Bioresource Technology, 185 (2015), 395-410

VI. COPYRIGHT

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VISCOSIDADE DINÂMICA DE ÓLEOS VEGETAIS

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DYNAMIC VISCOSITY OF VEGETABLE OILS

CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA JUNIOR[1]; CARLA NAIANA PIRES DA SILVA[1]; VICTOR NOGUEIRA CORTEZ GOMES[1]; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE /UFRN

cleitonformiga@gmail.com,carla-naiana@hotmail.com, cleiton@ufrnet.br

***Resumo** – O conhecimento da viscosidade dos fluidos é de fundamental importância para cálculos que envolvam a seleção e dimensionamento de diversos equipamentos, assim como para a implementação de um efetivo controle de processos e garantia de qualidade de produto final. Para mensurar a viscosidade dinâmica dos óleos vegetais de algodão, canola, soja, milho e girassol foi utilizado um aparato experimental contendo reômetro, banho termostático e sistema de aquisição de dados computadorizado. A viscosidade de cada óleo investigado foi determinada nas temperaturas entre 20°C e 70°C. Para todos os óleos, infere-se que a viscosidade dinâmica é fortemente reduzida com o aumento da temperatura. O modelo matemático de Vogel foi o que melhor representou os valores de viscosidade dinâmica dos óleos vegetais.*

***Palavras-chave:** óleos vegetais, viscosidade, reologia*

***Abstract** - Knowing the viscosity of fluids is of fundamental importance for calculations involving the selection and sizing of various equipment, as well as for the implementation of an effective process control and final product quality assurance. To measure the viscosity of the vegetable oils of cotton, canola, soybean, corn and sunflower was used an experimental apparatus with rheometer, thermostatic bath and computerized data acquisition system. The viscosity of each oil investigated was determined at temperatures between 20 ° C and 70 ° C. For all oils, it is inferred that the dynamic viscosity is greatly reduced with increasing temperature. The mathematical model of Vogel was the one that best represented the values of dynamic viscosity of vegetable oils.*

***Keywords:** Vegetable oil, dynamic viscosity, rheology.*

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a procura por combustíveis renováveis tem aumentado muito, seja pelo crescente preço do petróleo ou pela preocupação com o meio ambiente, devido às mudanças climáticas induzidas pelo uso de combustíveis fósseis, tornando as fontes renováveis de energia extremamente importantes (SILVA, 2011).

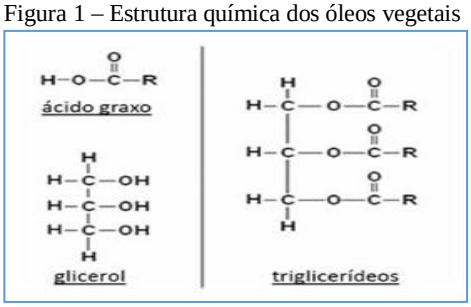
Neste contexto, tem-se verificado atualmente um aumento acentuado na demanda de mercado em relação a óleos vegetais das mais diversas fontes naturais, com destaque para o emprego dos óleos vegetais na formulação combustíveis minerais (BROCK et al, 2005). O estudo da utilização dos óleos vegetais para fins industriais e energéticos data do início do século passado, quando em 1900, Rudolph Diesel operou seu motor com óleo de amendoim em uma exposição de motores em Paris.

Nos últimos anos registra-se no Brasil e no mundo grandes avanços nas pesquisas experimentais de óleos vegetais para utilização como combustível do ciclo diesel (MATOS, 2011). O presente estudo teve como propósito investigar experimentalmente a viscosidade dinâmica de óleos vegetais numa larga faixa de temperatura.

II. CARACTERÍSTICAS DOS ÓLEOS VEGETAIS

Os óleos vegetais são um tipo de biomassa que pode ser definida como um conjunto de materiais orgânicos cultivados, coletados ou colhidos para usos energéticos. A biomassa é uma fonte renovável de hidrocarbonetos que pode ser convertida em energia (tanto em forma de calor, quanto em eletricidade). Os óleos vegetais são formados predominantemente de produtos de condensação entre glicerol e ácidos graxos chamados de triglicerídeos (90 a 98%), como representado pela Figura 1.

Figura 1 – Estrutura química dos óleos vegetais



A Tabela 1 relaciona a composição dos óleos de algodão, arroz, canola, girassol, milho e soja e do azeite de oliva em termos de ácidos graxos saturados, mono-insaturados e poli-insaturados. Os valores são expressos em gramas (g) e determinados a partir de 100g de cada tipo de óleo.

A análise química de óleos vegetais compreende a determinação de uma série de compostos e propriedades que relacionam a qualidade do produto final com os processos industriais de produção, embalagem e estocagem.

Por outro lado, o conhecimento das propriedades físicas dos óleos vegetais de viscosidade e densidade é essencial para o dimensionamento de equipamentos industriais de bombeamento, destilação, tanques de estocagem, entre outros.

ISSN 1809-3957

Tabela 1 – Composição Química dos óleos vegetais

Espécie vegetal	Ácidos graxos saturados (g)	Ácidos graxos monoinsaturados (g)	Ácidos graxos poliinsaturados (g)
Algodão (*Gossypium ssp*)	25,50	19,55	53,05
Arroz (*Oryza sativa*)	18,68	44,75	35,46
Canola (*Brassica ssp*)	7,9	62,6	28,4
Girassol (*Helianthus annus*)	10,85	24,24	65,33
Milho (*Zea mays*)	10,85	24,24	48,79
Soja (*Glicine max*)	16,40	34,15	59,26
Oliva (*Olea europaea*)	14,77	23,50	12,94

Por fim, de acordo com MENDONÇA (2008) conhecer a composição de um óleo é desejável para avaliar seu potencial emprego como biodiesel, que é uma importante e recente aplicação dos óleos vegetais. Eles apresentam vantagens por serem livres de compostos de enxofre, excelente lubricidade, não são tóxicos, são biodegradáveis e apresentam alto fulgor.

III. APLICAÇÕES DOS ÓLEOS VEGETAIS

A busca por alternativas às fontes tradicionais abre espaço para o estudo da aplicação dos óleos vegetais em diversos ramos. Eles apresentam vantagens por serem livres de compostos de enxofre, excelente lubricidade, não são tóxicos, são biodegradáveis e apresentam alto fulgor

Para INOUE et al (2008) a utilização do óleo vegetal na forma bruta pode trazer vantagens em relação ao biodiesel, tais como a facilidade de produção do combustível, não necessitar de produtos para a produção do combustível, produção do combustível utilizando espécies de oleaginosas encontradas na propriedade rural, sendo que quando o óleo é extraído na propriedade haverá produção de resíduos que poderão ser transformados em farelo para alimentação de animais ou em adubo orgânico

CLEVENGER et al (1988) apresentaram quatro principais diferenças entre óleos vegetais e o diesel:

a. As viscosidades de óleos vegetais são relativamente maiores, enquanto as densidades são apenas moderadamente mais elevadas;
b. Óleos vegetais têm poderes caloríficos mais baixos;
c. A razão estequiométrica combustível/ar é maior para óleos vegetais devido à presença de oxigênio molecular;
d. Pode ocorrer o craqueamento térmico com óleos vegetais nas temperaturas encontradas no spray de combustível dos motores diesel naturalmente aspirados.

Os principais problemas no uso de óleo vegetal em motores a diesel são: a dificuldade de partida a frio, em razão da elevada viscosidade dos óleos vegetais; a formação de gomas nos bicos injetores; o desgaste de componentes da bomba injetora, devido à acidez do óleo; e a formação de depósitos de carvão na câmara de combustão, nos cilindros e nas válvulas (INOUE, 2008).

A Tabela 2, adaptada de NETTLES e OLSEN (2009), relaciona as principais propriedades dos óleos vegetais e seus impactos em aplicações em motores.

Murayama et al. (1984) constataram que óleos vegetais geram desempenho do motor e níveis de emissão de poluentes aceitáveis para aplicações de curta duração, porém, após longa operação podem ser observados depósitos de carbono e aderência dos anéis do pistão. Foram sugeridos ainda, como soluções práticas para estes problemas, o aumento da temperatura do combustível para 200ºC e a mistura dos óleos vegetais com combustíveis fósseis.

Tabela 2 – Efeitos de óleos vegetais em motores térmicos

Propriedades do óleo	Eficiência do motor	Emissões	Durabilidade do motor
Alta viscosidade	Baixa eficiência	Afeta as emissões De formas adversas	Limita a vida do motor
Poder calorífico inferior	Baixo PCI resulta em alto consumo	Aumenta as emissões	Desconhecido
Fosfatos	Altos níveis diminuem a potência de saída	Desconhecido	Limita a vida do filtro
Alta densidade	Mais energia por volume diminui o consumo	Diminui as emissões	Desconhecido
Alta temperatura do combustível	Temperaturas maiores que 90°C podem causar danos em componentes	Pode aumentar Nox	Aumenta a vida do motor devido à redução de viscosidade

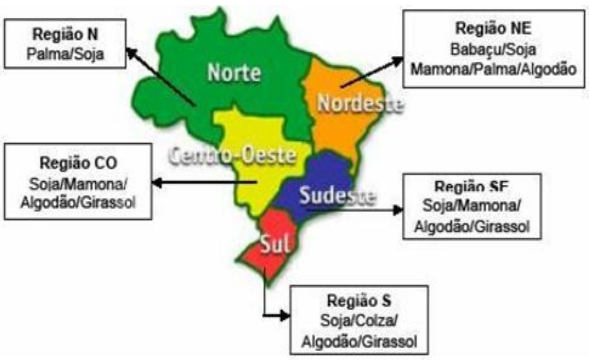
Devido ao grande tamanho das moléculas de óleos vegetais, a tendência à formação de depósitos é maior com eles. VELLGUTH (1984) e SUDA (1983) constataram que óleos vegetais podem abastecer motores diesel, mas haverá coqueamento nos motores com injeção direta, caso estes não sejam modificados, para qualquer período de operação. O uso de óleos vegetais resulta em níveis significativos de formação de depósito em bicos injetores.

O estudo da utilização dos óleos vegetais para fins industriais e energéticos data do início do século passado, quando em 1900, Rudolph Diesel operou seu motor com óleo de amendoim em uma exposição universal de motores em Paris. No Brasil, as primeiras referências ao uso de óleos vegetais para fins energéticos datam da década de 20 do século passado.

Em 1975, o Governo Federal criou o "Pro Óleo – Plano de produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos", entre os seus principais objetivos, este plano pretendia substituir o óleo diesel pela aplicação dos óleos vegetais. Nos últimos anos, notou-se um grande crescimento da pesquisa dos óleos vegetais para aplicação como biodiesel no óleo diesel nacional (MATOS, 2011).

O grande destaque o Brasil na produção de biodiesel encontra-se na sua grande biodiversidade e produtividade de grãos que podem ser utilizados na fabricação de óleos vegetais (soja, mamona, pinhão-manso, girassol, canola, amendoim, dendê, entre outros). Isto se deve, em parte, à sua dimensão continental, localização em uma região tropical, pela existência de recursos hídricos abundantes (22 a 24% da água doce do planeta), além de imensas áreas desocupadas. A Figura 2 apresenta a biomassa típica de cada região do Brasil.

Figura 2 – Oleaginosas típicas das regiões do Brasil



Fonte: Adaptado de Melo, 2010

ISSN 1809-3957

Além de terem importante função em relação à tendência de redução das emissões de poluentes em comparação com o óleo diesel mineral, os óleos vegetais podem representar uma importante solução para os problemas energéticos de comunidades isoladas, localizadas, principalmente, na Amazônia. O Brasil é um país de dimensões continentais e possui diversas comunidades, que por estarem excessivamente distantes dos principais centros urbanos, não estão ligadas ao sistema de abastecimento de energia elétrica. Estas comunidades devem, portanto, ter a capacidade de gerar sua própria energia.

Normalmente a geração de energia nesses sistemas isolados é feita por meio de grupos geradores a óleo diesel. No entanto, devido às grandes distâncias e dificuldade de acesso, o fornecimento de combustível pode sofrer atrasos, deixando a comunidade sem energia. Além disso, destacam-se os altos custos de transporte do óleo diesel.

Uma solução para estes problemas seria, portanto, a capacidade de uma comunidade isolada gerar o próprio combustível que será consumido. CAVALIERO e SILVA (2000) estudaram a viabilidade de geração de energia a partir do óleo de buriti na localidade de Vila Campinas, município de Manacapuru, AM. Eles descobriram que há uma grande variedade de sementes oleaginosas na Região Amazônica, como o buriti, a andiroba e o babaçú. A extração do óleo a partir das sementes ocorre através de processos simples, envolvendo a desidratação das mesmas seguida pela sua prensagem.

No entanto, deve-se observar que, devido à sua alta viscosidade quando não aquecidos, óleos vegetais in natura não podem ser utilizados na partida e na parada dos motores. Para estas aplicações pode-se utilizar o óleo diesel mineral ou o biodiesel, o qual poderia ser fornecido pronto ou produzido na própria comunidade isolada a partir de seus óleos vegetais mediante uma reação de transesterificação com álcool. No entanto, haveria neste caso, necessidade de importação do álcool. Nota-se, desta maneira, que o uso de óleos vegetais não garante a completa autonomia do sistema isolado, mas reduz substancialmente a sua dependência externa, seja de óleo diesel mineral, de biodiesel ou de álcool.

IV. DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE

De acordo com FOX (2001), não é possível calcular com precisão por meios teóricos a viscosidade de um líquido, pois o fenômeno da transferência de momento pelas colisões moleculares é ofuscado pelo efeito da interação dos campos de força das moléculas no líquido.

Entretanto, a viscosidade de um líquido pode ser estimada a partir de equações empíricas. A expressão de Vogel-Fulcher-Tammann-Hesse (Equação 1) é comumente aceita como a mais precisa relação para variações de viscosidade com a temperatura.

$$\ln(\mu) = A + \frac{B}{C+T} \qquad (1)$$

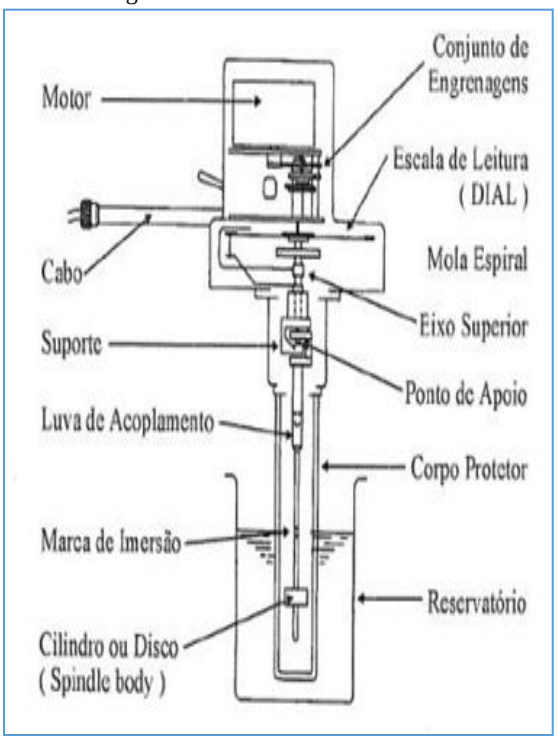
Onde A, B e C são constantes e T é a temperatura absoluta. Esta equação de três parâmetros serve como uma base para tratamento de sistemas viscosos, sendo capaz de modelar variações de viscosidade em uma ampla extensão de temperaturas para muitos líquidos diferentes.

O viscosímetro rotativo de cilindros coaxiais Brookfield é um instrumento do tipo Searle, isto é, um copo cilíndrico interno (ou em forma de disco) gira, imerso em um fluido e mede o torque necessário para vencer a resistência viscosa do fluido devido ao cisalhamento provocado.

A leitura da deflexão, transmitida por uma mola espiralada conectada ao corpo cilíndrico através do eixo principal, é lida em uma escala circular ou dial, ou através de um painel digital.

A Figura 3 apresenta uma representação geral das partes do viscosímetro Brookfield. A deformação da mola, indicada pela posição do dial ou cursor, é proporcional à viscosidade do fluido para uma certa velocidade de rotação do corpo imerso (MACHADO, 2002).

Figura 3 – Viscosímetro Brokfield

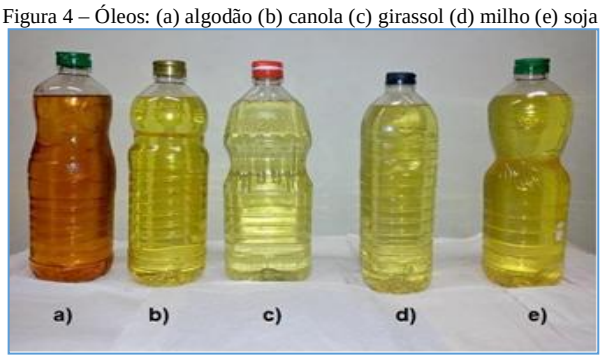


V. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Todos os óleos vegetais utilizados na presente pesquisa foram adquiridos no mercado local e usados sem nenhum tratamento adicional.

A Figura 4 apresenta as amostras de óleos vegetais selecionados para testes.

Figura 4 – Óleos: (a) algodão (b) canola (c) girassol (d) milho (e) soja



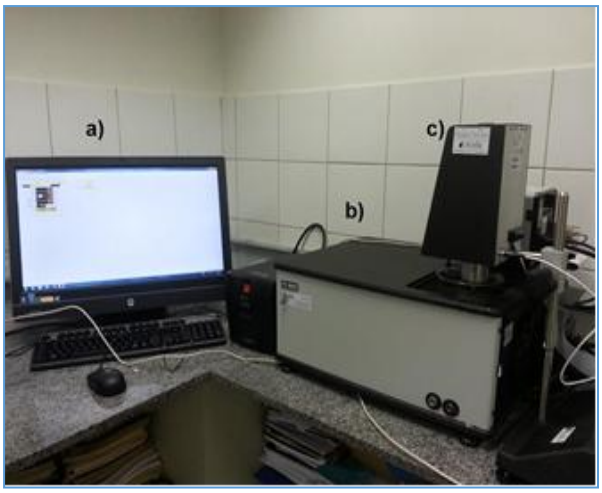
Fonte: Autor

Para medição da viscosidade dos óleos vegetais foi utilizada uma bancada experimental (Figura 5) do

ISSN 1809-3957

Laboratório de Energia/UFRN, contendo (a) computador com software Rheocalc para monitoramento e aquisição de dados (b) banho termostático Brookfield modelo TC550 e (c) Reômetro Brookfield - modelo DV – III Ultra, com spindle LV -1. A viscosidade dinâmica dos óleos foi determinada no intervalo de temperatura entre 20 ^{0}C e 70 ^{0}C.

Figura 5 – Equipamentos usados na medição da viscosidade



Fonte: Autor

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os valores de viscosidade medidos para os diferentes óleos vegetais no intervalo de temperatura de 20 a 70°C que foram obtidos a uma velocidade de rotação do spindle constante para todos os óleos de 70 rpm.

Tabela 3 – Viscosidades dos óleos vegetais de teste

T (°C)	Viscosidade (mPa.s)				
	Algodão	Canola	Girassol	Milho	Soja
20.0	69.7	69.7	52.7	62.0	52.5
30.0	49.6	45.0	42.9	41.5	39.3
40.0	32.4	32.1	29.6	27.9	27.9
50.0	24.3	23.9	22.1	20.6	21.3
60.0	18.9	18.7	17.1	16.2	16.6
70.0	15.1	15.1	14.0	13.1	13.7

A Figura 6 apresenta as curvas de viscosidade dinâmica destes óleos vegetais, objeto desta pesquisa, no intervalo de temperatura de 20^{0}C a 70°C. Para todos os óleos, observa-se que a viscosidade dinâmica diminui com o aumento da temperatura.

Os óleos de soja, milho e girassol apresentam os menores valores de viscosidade em toda faixa de temperatura investigada. Enquanto os óleos de algodão e canola apresentam os maiores valores para mesma faixa de temperatura.

Os resultados de viscosidade dinâmica mensurados no experimento estão consoantes com aqueles apresentados na literatura para os óleos vegetais.

A Figura 7 mostra um gráfico obtido a partir da plotagem dos valores experimentais e dos valores obtidos dos modelos matemáticos.

Figura 6 – Curvas de viscosidade dos óleos vegetais

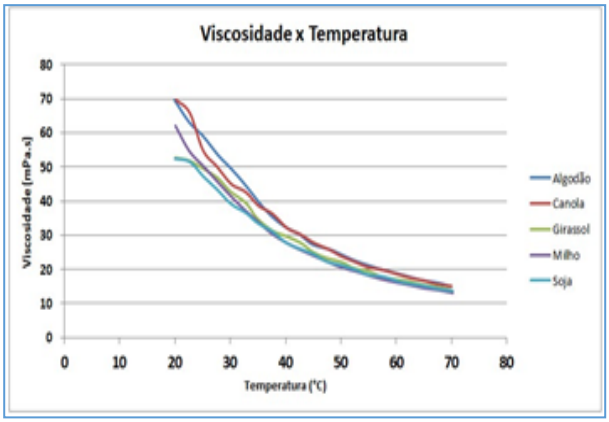
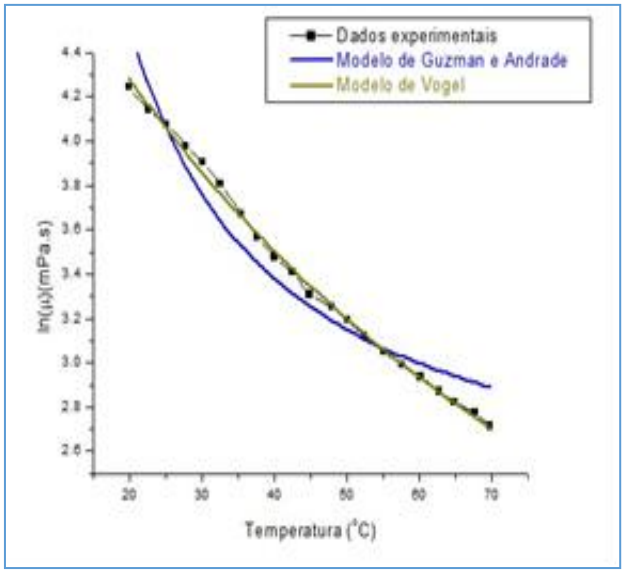


Figura 7 – Curvas de viscosidade dos óleos vegetais.



Fonte: Autor

Da Figura 7, observa-se que o modelo matemático de Vogel mostrou-se mais adequado para estimativa da viscosidade dos óleos vegetais investigados.

VII. CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais da viscosidade dinâmica obtidos para os diferentes óleos vegetais investigados, concluir que:

a. A viscosidade dos óleos é fortemente influenciada pela variação da temperatura.

b. A elevação da temperatura do óleo promove uma diminuição acentuada da sua viscosidade.

c. Acima de 60°C, a viscosidade de todos os óleos vegetais tende a um mesmo valor.

d. O modelo matemático de Vogel reproduziu com muita fidelidade os dados de viscosidade dinâmica que foram obtidos.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROCK, JOSIANE. NOGUEIRA, MARIA RITA. ZAKRZEVSKI, CLÁUDIO. CORAZZA, FERNANDA DE CASTILHOS. CORAZZA, MARCOS LÚCIO. OLIVEIRA,

ISSN 1809-3957

JOSÉ VLADIMIR DE. **Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais**. Ciênc. Tecnol. Alimentos, Campinas,28(3): 564-570, jul.-set. 2008.

CAVALIERO, C.K.N., SILVA, E.P., "**Estudo de viabilidade da introdução do uso de óleos vegetais na geração de energia elétrica nos sistemas isolados**", In Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural, 2000, Campinas (SP, Brazil)

CLEVENGER, M.D. et al. **Developing an Accelerated Test of Coking Tendencies of Alternative Fuels**, ASAE, v. 31, no. 4, 1988, pp. 1054-1058.

FOX, R. W.; McDonald, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 504p.

INOUE, GERSON H. VIEIRA, LUCIANO B. SANTOS, GUILHERME L, FERNANDES, HAROLDO CARLOS. SIQUEIRA, WAGNER DA CUNHA. **Viabilidade da utilização de óleos vegetais em motores diesel**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.16, n.3, 329-336 Jul/Set. 2008.

MACHADO, JOSÉ CARLOS V. **Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na indústria do petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2002.

MATOS, PAULO ROBERTO RODRIGUES DE. **Utilização de Óleos Vegetais como Bases Lubrificantes**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. Brasília, 2011

MENDONÇA, CARLA ROSANE BARBOZA - **Desenvolvimento de metodologias para análise direta de óleos vegetais empregando microemulsões de água em óleo e meios não aquosos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MURAYAMA T, OH T, MIYAMOTO N and CHIKAHISA T (1984) **Low carbon flower buildup, low smoke, and efficient diesel operation with vegetable oils by conversion to monoesters and blending with diesel oil or alcohols**. SAE Technical Paper no. 841161

NETTLES-ANDERSON, S., OLSEN, D., **Survey of Straight Vegetable Oil Composition Impact on Combustion Properties**, SAE Technical Paper, 2009-01-0487, 2009

SILVA, TATIANA APARECIDA ROSA DA. **Biodiesel de óleo residual produção através da transesterificação por metanólise e etanólise básica, caracterização físico-química e otimização das condições reacionais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011.

SUDA, K.J. **Vegetable Oil Or Diesel Fuel: A Flexible Option**, SAE Technical Paper, 840004, 1984.

VELLGUTH, G. **Performance of Vegetable Oils and their Monoesters as Fuels for Diesel Engines**, SAE Technical Paper, 831358, 1983.

IX. COPYRIGHT

O (s) autor (es) é (são) o único responsável pelo material incluído no artigo.

XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza - CE

CAPRON: AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SIMULADOR NA APRENDIZAGEM DE PROGRAMAÇÃO ON-LINE DO ROBÔ PEGASUS

CAPRON: SIMULATOR-BASED LEARNING EFFECTIVENESS IN TRAINING PROCESS OF PEGASUS ROBOT ON-LINE PROGRAMMING

FELYPPE LABORDE M. SANTOS[1]; RAFAEL R. SANTOS[1]; FELIPE A. A. MACEDO[1]; LEONARDO C. O. MARQUES[1]; LUIZ PAULO G. RIBEIRO[1]
1 - INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME / LABORATÓRIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL E DE DEFESA – IDR LAB
felyppelaborde@hotmail.com; rafael.s@globo.com; felipeaamacedo1@gmail.com; leonardomarques@prof.educacao.rj.gov.br; ribeiro@ime.eb.br

Resumo – A globalização da economia mundial tem estimulado as empresas a se tornarem mais competitivas. Como uma solução importante para as indústrias assegurarem um desenvolvimento contínuo, a automação industrial, usando robôs industriais, fornece vantagens competitivas. Porém, o uso destes implica em algumas desvantagens, como a complexidade de integração para realizarem tarefas automaticamente. Isso exige treinamento de pessoal em programação on-line dos robôs, o que requer tempo e recursos financeiros. Este artigo propõe um simulador de treinamento, intitulado CAPRON, utilizando modelos 3D e ambiente de Realidade Virtual, para comparar os tempos de programação on-line dos estudantes de uma tarefa padrão, usando o robô Pegasus, com e sem treinamento prévio no CAPRON. Os resultados sugerem que o simulador pode ser explorado como um meio motivacional e de aprendizagem eficaz.

Palavras-chave: Robôs Industriais. Treinamento. Programação on-line. CAPRON. Robô Pegasus.

Abstract – The globalization of the world economy is a factor that leads enterprises to the need of becoming more competitive. As an important solution for industries to ensure continuous development, the automatization of processes, using industrial robots, provides competitive advantages. However, the use of robots carries some disadvantages, such as; the complexity of integrating industrial robots to automatically perform tasks. This requires personal training on robot on-line programming, that demands time and financial output. This paper proposes a simulation-based training software, named CAPRON, using 3D models and a virtual reality environment, to compare the students on-line programming time of a standard task using Pegasus robot, with and without previous training in the CAPRON. The results suggest that the simulator can be exploited as an effective interactive learning and motivational environment.

Keywords: Industrial Robots. Training. On-line programming. CAPRON. Pegasus Robot.

I. INTRODUÇÃO

A implementação rápida dos adventos tecnológicos nas mais diversas áreas do conhecimento é uma necessidade cada vez mais real na busca constante por vantagens estratégicas no mundo globalizado. O crescimento da economia de um país está fortemente relacionado com a capacidade do setor industrial, no que tange à alta produtividade total a baixo custo e à fabricação de produtos robustos, com alto potencial competitivo, na busca por fatias, cada vez maiores, de mercado.

Muitas nações tecnologicamente desenvolvidas, investem em automação dos processos de manufatura, como fator estratégico que favorece a robustez dos produtos.

Segundo Slack et al. (2002), a vulnerabilidade de um produto começa a despontar quando surge no mercado um produto similar de uma empresa concorrente, que desempenha a mesma função e possui um preço de mercado menor. Esta situação agrava-se bastante quando o produto concorrente possui ainda melhor qualidade e confiabilidade, menor tempo de entrega, melhor adequação às necessidades do cliente ou ainda, quando agrega inovações a cada versão produzida. No caso de utilização de robôs, um novo produto requer nova programação. Assim sendo, a necessidade de profissionais bem treinados, com acesso a metodologias e sistemas computacionais que auxiliem na redução do tempo de programação, ganha em motivação e relevância de investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) na área da Robótica Industrial.

No que tange ao treinamento de pessoal, a PD&I em ferramentas computacionais que promovam um aumento de motivação da aprendizagem e da performance dos estudantes, pode favorecer a capacitação quantitativa e qualitativa de um corpo técnico para integrar robôs aos processos de manufatura e programá-los de forma eficiente.

Este artigo tem como objetivo principal apresentar os indicadores de eficiência da utilização do sistema CAPRON (*Computer-Aided Pegasus Robot On-line Programming*), um simulador que auxilia o processo de ensino e aprendizagem da programação *on-line* do robô Pegasus. O CAPRON foi desenvolvido no Laboratório de Robótica Industrial e de Defesa (IDR Lab) do IME, onde foram monitorados os tempos de programação no treinamento de quatorze alunos do último ano de graduação em Engenharia Mecânica, bem como o respectivo tempo de realização da tarefa pelo robô. São apresentados indicadores de desempenho levantados em experimentos supervisionados na programação *on-line* do robô Pegasus para realizar uma tarefa padronizada. Os alunos foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos, onde o primeiro utilizou apenas o robô Pegasus, enquanto o segundo usou o simulador CAPRON antes de realizar a programação no

ISSN 1809-3957

robô. Porém, todos os alunos receberam instrução prévia de segurança, foram apresentados às etapas de programação do robô e treinados por um mesmo instrutor.

A estrutura deste artigo inicia na seção 2, com uma apresentação sumária sobre robótica industrial, além das características da programação *on-line*. A seção 3 apresenta o sistema CAPRON, mostrando as funcionalidades implementadas. Um estudo de caso é apresentado na seção 4, de modo a formular experimentos realizados pelos programadores-aprendizes, com e sem o uso prévio do simulador. São apresentadas, na seção 5, análises e comparações de resultados dos indicadores de desempenho de cada grupo. Finalmente, uma conclusão é apresentada na seção 6.

II. ROBÓTICA INDUSTRIAL

Genericamente, é possível dividir a robótica em: **robótica avançada**, que estuda robôs que atuam em ambientes pouco estruturados, com demanda de autonomia alta em função dos ambientes com características físicas desconhecidas ou pouco conhecidas, *a priori*; e, **robótica industrial**, que estuda robôs em ambientes industriais, onde a necessidade de autonomia é relativamente menor, um dos motivos pelo qual, esta apresenta maior maturidade tecnológica quando comparada à primeira, além é claro, do alto aporte financeiro investido (SCIAVICCO; KHATIB, 2008).

Segundo Sciavicco e Siciliano (2009), o robô industrial é um componente típico dos Sistemas Automáticos Programáveis, em virtude da sua capacidade de ser reprogramável; entretanto, também são passíveis de serem utilizados nos Sistemas Automáticos Rígidos e nos Flexíveis.

O robô industrial é o Sistema Mecatrônico mais vendido e utilizado no mundo, sendo considerado estratégico na automação de processos por, potencialmente, proporcionar: (1) redução do custo de fabricação; (2) aumento da produtividade; (3) padronização da qualidade dos produtos; (4) eliminação de postos de trabalhos humanos em tarefas insalubres, perigosas e repetitivas; e, (5) proporcionar ao ser humano, a aplicabilidade em execução de tarefas mais nobres (SCIAVICCO; SICILIANO, 2009).

Além destas vantagens, admite-se como consenso em países industrialmente desenvolvidos, as Leis da Aplicabilidade dos Robôs, enunciadas por Nof (1999), que tratam das atividades nas quais os robôs devem substituir os humanos, ou seja, em atividades: **perigosas –** onde existam níveis excessivos de ruído, temperatura, pressão ou radiação; em locais com atmosferas tóxicas; onde haja radiação, e sempre que riscos físicos e outras periculosidades estejam presentes; **indesejáveis ou impossíveis –** em atividades repetitivas ou complexas e em trabalho em escalas nano, micro ou macrométricas e, **onde são mais produtivos e econômicos –** os robôs padronizam o nível de qualidade do produto, trabalham noite e dia sem serem afetados por desgastes emocionais e problemas familiares, embora sejam passíveis de desgaste mecânico.

Entretanto, é importante ressaltar que não existem somente vantagens na utilização de robôs industriais. Surgem também desafios e oportunidades de melhorias devido à complexidade associada à integração dos processos, sincronização, calibração e programação (*on-line e off-line*) dos robôs, que demandam tempo e pessoal qualificado.

É importante ressaltar a crescente implementação de robôs industriais, no sentido de diminuir a vulnerabilidade dos produtos fabricados. Segundo o Departamento de Estatística da IFR, *International Federation of Robotics* (IFR, 2016), cinco países foram responsáveis pela implementação de quase 75% do total de novas unidades de robôs industriais instalado no mundo em 2015, ou seja, dos 253.748, foram instalados: na China, 68.556 (27,01%); na Coreia do Sul, 38.285 (15,09%); no Japão, 35.023 (13,80%); nos EUA 27.504 (10,84%); e na Alemanha 20.105 (7,92%). Enquanto 55,90% do total em nível mundo foram instalados na China, Coreia do Sul e Japão, no Brasil, apenas 1.407 novas unidades, ou seja, 0,55%.

Outro dado que merece foco, principalmente por parte dos tomadores de decisão, é o valor das vendas de robôs industriais em 2015, que aumentou 9% em relação ao ano anterior, alcançando um novo patamar em torno de USD 11.1 bilhões. Entretanto, este valor não contempla o custo de software, periféricos e de engenharia, que, se fossem incluídos, resultariam em valores cerca de três vezes maior, totalizando USD 35 bilhões, valor de mercado associado aos sistemas robóticos em 2015 (IFR, 2016).

Esses dados dão margem a uma reflexão sobre a relevância de PD&I em Robótica Industrial. O simulador CAPRON se alinha neste sentido, sendo uma ferramenta computacional de auxílio ao treinamento de novos profissionais, na programação *on-line* do robô Pegasus.

Segundo NOF (1999), a programação de um robô industrial pode ser alcançada basicamente por dois métodos: *on-line* e *off-line*. Enquanto a primeira utiliza o robô real para executar a programação da tarefa, demandando que o equipamento deixe de estar disponível para produção; a segunda utiliza ambientes virtuais, objetivando reduzir/dispensar o uso do robô real na programação, todavia requer aquisição de software específico, bem como, que o pessoal esteja habilitado na operação deste software, o que resulta em mais investimentos.

Na programação *on-line*, existe a possibilidade de se verificar o resultado imediatamente; possui baixo custo inicial; e é de aprendizado relativamente fácil, não necessitando de conhecimento específico de outro software. Todavia, é uma atividade que consome um tempo relativamente alto e demanda pessoal treinado, pois o programador movimenta o robô usando um dispositivo, conhecido como *Teach Pendant (TP)*, para o posicionamento da garra, tornando o processo dependente da habilidade do operador. É possível observar na Figura 1 (a) e (b), o TP real do robô Pegasus, e o virtual desenvolvido para o CAPRON, respectivamente, ressaltando que a disposição do teclado real e do virtual são rigorosamente as mesmas, por se tratar de um simulador para treinamento.

A programação de robôs para realizar tarefas demanda tempo, que são diretamente proporcionais ao grau de complexidade do processo a ser automatizado, podendo apresentar uma diferença muito grande entre os seus tempos de programação e de execução. Reduzir a razão entre tais tempos é meta relevante, para que o robô possa entrar em operação com a maior brevidade possível.

ISSN 1809-3957

Figura 1 – TP do robô Pegasus real e virtual

(a) (b)

Fonte: Autoria própria

Segundo Pan (2012), a programação *on-line* de uma grande linha automotiva de soldagem a arco pode levar mais de 8 meses, enquanto que o tempo de execução do processo de soldagem é de "apenas" 16 horas, o que resulta em uma razão de 360 vezes, entre o tempo de programação e o de execução.

Em atividades de menor complexidade, como a de *pick-and-place*, a razão entre esses tempos é relativamente menor, porém ainda é alta, conforme exemplificado por Santos et al. (2016), onde experimentos com o robô Pegasus em execução de uma tarefa que demanda 10 minutos, foram necessários para programação, 1.955 minutos, ou seja, uma razão de 192 vezes. Outro exemplo, de acordo com Santos et al. (2017), em uma tarefa de montagem, relativamente mais complexa do que a anterior, também realizada pelo robô Pegasus, o tempo de programação foi de cerca de 45 horas, enquanto o de execução, em torno de 16 minutos, ou seja, aproximadamente 169 vezes.

III. O SISTEMA CAPRON

A ferramenta empregada na implementação do CAPRON é a versão acadêmica do RAD Studio 10.1 Berlin, que é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) para construir aplicações Windows, iOS, Android, Mac OS X. Além disso, conforme Frerking et al. (1996), combina um desenvolvimento visual com uma linguagem OOP (*Object Oriented Programming*). No RAD, foi utilizado o DELPHI integrado à biblioteca livre GLScene, permitindo criar objetos e cenas 3D, em tempo de execução em cenário de Realidade Virtual (VR – *Virtual Reality*).

Para modelagem de cenários, utilizou-se a versão acadêmica da ferramenta de CAD 3D SolidWorks, que possibilitou a criação de modelos de peças e montagens.

Para permitir simular os movimentos e atualizar a localização dos corpos do robô Pegasus no CAPRON, foi implementado o Método dos Deslocamentos de Helicoides Sucessivos (TSAI, 1999) na resolução da cinemática direta.

O TP foi modelado usando a versão acadêmica do 3DS Max, contendo a mesma disposição/funcionalidade das teclas do TP real, porém o invólucro sofreu adaptações. A lógica de atuação sobre o robô virtual teve implementação computacional em DELPHI, após um cuidadoso mapeamento das funcionalidades do TP real.

O TP é composto por um display, 25 teclas multifuncionais e um botão de emergência. O display, alterna 7 menus distintos de opções de comandos. Assim sendo, existe uma variedade de funcionalidades, que precisam ser bem conhecidas e, com o tempo de uso, são memorizadas, permitindo a correta operação do robô real. Todavia, para o iniciante, é natural ser complicado navegar entre teclas e menus para achar determinada funcionalidade, o que particularmente torna as primeiras programações um processo ainda mais demorado. Com o tempo de manipulação do TP, a dificuldade inicial dá lugar a um automatismo mental por parte do programador, que passa a acessar naturalmente as funcionalidades do TP.

Para a explicação das funcionalidades do TP, as diversas possibilidades de menu são apresentadas na Figura 2, dividida em índices de (a) até (j). Ao explicar cada menu, o respectivo índice referente à Figura 2 é associado para facilitar a entendimento.

Ao ligar o controlador, os motores elétricos das juntas do robô encontram-se desenergizados e o display do TP apresenta ao usuário o menu inicial (a).

O primeiro passo é energizar os motores das juntas, pressionando a tecla "F1" (a), que se relaciona com a função "STA" de *Start*. Em seguida, "F2" (b), ativa o robô, por meio da função "ENA" (c) de *Enabled*.

Para retornar à tela inicial, visando escolher outras funcionalidades, é necessário pressionar o botão "ESC" (d).

O segundo passo é informar ao controlador as velocidades máxima (*Fast*) e mínima (*Slow*), nas quais o usuário deseja mover o robô. Para isso, deve-se pressionar o botão "F4" (e), referente à função "JOG". As velocidades de default (f) para *Fast* e *Slow* são 200 e 10, respectivamente, sendo que a maior velocidade possível a ajustar é 255.

Para alterar o *Fast*, pressiona-se o botão "F1" (g), de forma que o respectivo campo relativo para alterar os valores da velocidade *Fast* fique editável. Em seguida, define-se a velocidade, por meio das teclas alfanuméricas e, por fim, basta pressionar a tecla "ENTER" (g) para confirmar o valor desejado. É possível observar que o valor de *Fast* foi alterado de 200 (f) para 225 (h).

Procedimento análogo pode ser adotado para a alterar a velocidade *Slow*, porém a tecla a ser pressionada passa a ser "F2" (i), onde em (j) passa de 10 para 20.

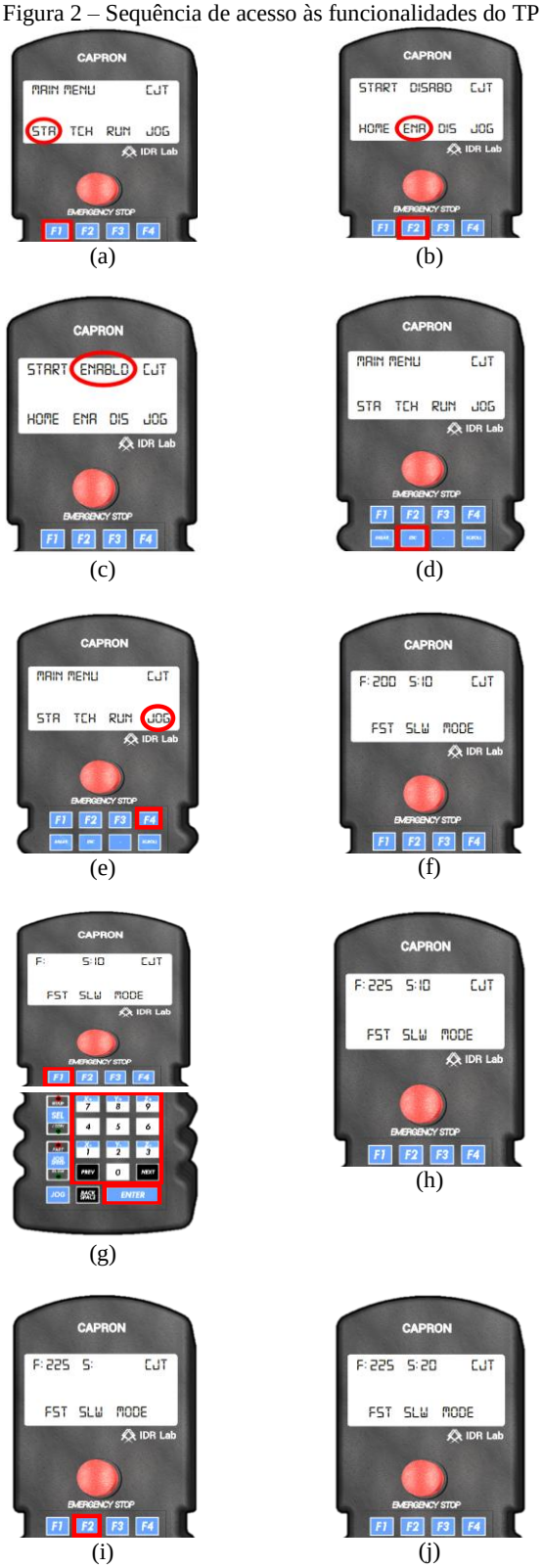
Com as velocidades definidas, é necessário zerar os *encoders*, colocando o Pegasus na posição de HOME, por meio da tecla Esc (d), seguida de F1, que passa a representar o HOME (c).

O terceiro passo, para permitir o movimento do robô, é pressionar o botão "JOG", a fim de habilitar as teclas "SEL" e "JOG SPEED". Assim sendo, a cada acionamento da tecla "SEL", é possível alterar o sentido (*Right/Up* ou *Left/Down*) da junta a ser movida. Analogamente, pressionando alternadamente a tecla "JOG SPEED", a velocidade *Fast* ou *Slow* é empregada para movimentar as juntas do robô. Tais procedimentos podem ser visualizados na Figura 3 (a) e (b), respectivamente.

Após cumprir as três etapas, por meio das teclas alfanuméricas, pode-se controlar cada uma das juntas do Robô Pegasus, o qual possui 5 graus de liberdade, pressionando as teclas de "1" a "5", além da tecla referente ao número "7" para a junta prismática que provê translação à base do Pegasus.

ISSN 1809-3957

Figura 2 – Sequência de acesso às funcionalidades do TP



(a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j)

Fonte: Autoria Própria

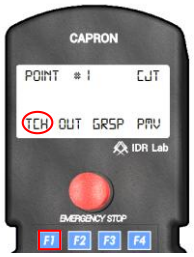
Figura 3 – Função SEL

(a) (b)

Fonte: Autoria Própria

Após movimentar a garra do robô para uma posição desejada, surge a etapa quatro, correspondente ao *TEACH POINT*, ou seja, a posição de cada *encoder* é gravada na memória do controlador, a fim de que as varáveis de junta fiquem armazenadas no arquivo do programa. Para isso, pressiona-se a tecla "F2", como mostrado na Figura 2 (d), e, em seguida, "F1", referente à função "TCH" de *Teach*, que pode ser visualizado na Figura 4. Entretanto, é possível escolher a posição em que se deseja ensinar o ponto. Para isso, existem os botões "Prev" de *Previous* e "Next", os quais permitem ir para a posição anterior ou para a posterior, respectivamente.

Figura 4 – Função TCH



Fonte: Autoria Própria

A etapa cinco se refere à movimentação entre pontos ensinados para validação e testes via TP, o que ocorre ao pressionar a tecla "F4", referente à função "PMV", como pode ser visualizado na Figura 5 (a) (b) e (c), onde um novo menu aparece no display, possibilitando digitar o número do ponto para o qual se quer mover, por meio das teclas alfanuméricas, estando a função "JOG" desabilitada. Por fim, é preciso acionar o botão "ENTER" para confirmar a movimentação para o ponto digitado.

Figura 5 – Função PMV

(a) (b) (c)

Fonte: Autoria Própria

Diante das inúmeras etapas supracitadas, é natural que o programador iniciante leve tempo para localizar as funções e menus, o que demanda treinamento com o TP, motivando o desenvolvimento de um simulador.

IV. ESTUDO DE CASO

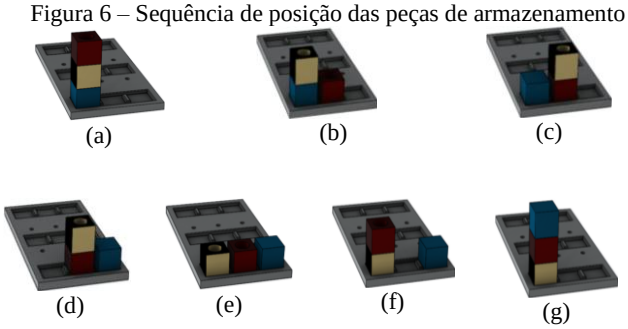
Para a análise da efetividade do uso do simulador na diminuição do tempo de treinamento com o robô real, foi montado um experimento com uma tarefa padronizada, em que foram treinados 14 alunos sem experiência prévia em programar o Pegasus, sendo divididos em dois grupos, com e sem o uso prévio do simulador antes de utilizar o TP.

Foi estabelecida uma tarefa padrão para todos os alunos, que consiste em uma operação de *pick-and-place* de três peças cúbicas de cores azul, amarela e vermelha, empilhadas uma sobre as outras, no local de armazenamento, de forma determinada e ordenada e com o

ISSN 1809-3957

menor número de movimentos possível, na sequência apresentada na Figura 6 (a) – (g).

Figura 6 – Sequência de posição das peças de armazenamento



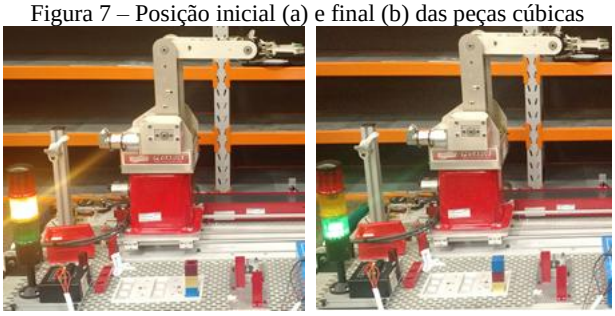
Fonte: Autoria Própria

Conforme Santos et al (2017), foi feito um planejamento prévio de cada etapa para evitar o desperdício do tempo de robô "parado" (destinado à programação *on-line*), pois, ao ser usado para programação da nova tarefa, fica impossibilitado de realizar outra atividade. Assim, cada aluno somente pôde agendar o treinamento, após ter cumprido as etapas relativas à elaboração do (*1) Diagrama Pictórico*, em que foi feito um esboço que facilitasse o entendimento e o planejamento da tarefa "padrão"; passando para a (2) *Sequência Geral de Operações*, na qual foi feita uma descrição geral de cada passo a ser executado pelo robô para realizar a tarefa.

A etapa (3), *Lista de Entradas e Saídas*, estabeleceu para o treinamento que sejam usadas as saídas de n^{os} 14, 15 e 16, referentes à torre de sinalização vermelha, amarela e verde, respectivamente. A próxima etapa, (*4) Sequência Detalhada de Operações*, consta toda ação ou processo de comunicação que o robô deverá executar para concluir a tarefa. A etapa (*5), Lista de Pontos*, consiste em levantar os pontos necessários para se alcançar a sequência detalhada de operações. Finalmente, na etapa (*6), Escrever o Programa*, o aluno escreve o programa em arquivo texto, para facilitar o treinamento e reduzir o tempo de programação.

O robô deve interagir com o local de armazenamento, sendo que a posição inicial do empilhamento das peças com a luz amarela ligada, e a posição final com a luz verde ligada, podem ser visualizadas na Figura 7 (a) e (b), respectivamente.

Figura 7 – Posição inicial (a) e final (b) das peças cúbicas

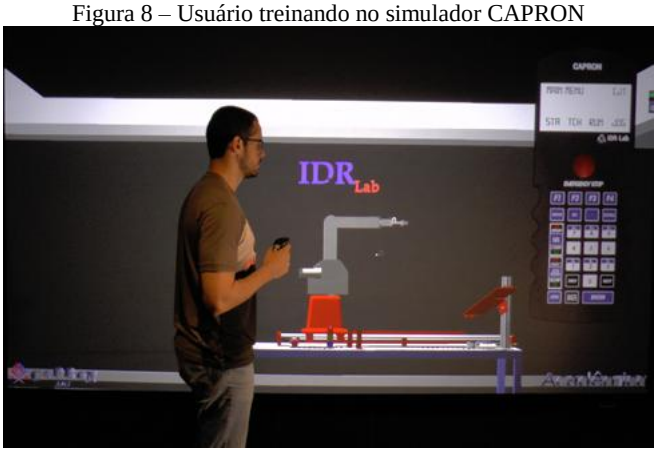


Fonte: Autoria Própria

A tarefa desejada foi dividida em três passos. O robô deve: (1) apanhar uma peça por vez no local de armazenamento de peças na posição de empilhamento inicial, como mostra a Figura 7 (a); (2) posicionar as peças, no local de armazenamento, com o menor número de movimentos possível; e (3) posicionar o robô para em "HOME", desligando a luz amarela e acendendo a verde (Figura 7 (b)).

Os alunos do Grupo 1 utilizaram apenas o robô Pegasus, enquanto os do Grupo 2 usaram o simulador CAPRON antes de realizar a programação no robô. A Figura 8 apresenta um aluno utilizando o CAPRON, enquanto que a Figura 9 mostra a sucessiva utilização no equipamento real.

Figura 8 – Usuário treinando no simulador CAPRON



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 – Usuário treinando no sistema Pegasus (real)

Fonte: Autoria Própria

O objetivo do experimento é comparar a efetividade do uso prévio do CAPRON no nível de destreza dos programadores-iniciantes, com o dos que não usufruíram do mesmo.

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 – Resultados do Grupo 1

No que tange aos tempos de programação, cada integrante do Grupo 1 necessitou, em média, de 2:21 horas no equipamento real, sendo o menor e o maior tempo obtido, 1:35 e 3:29 horas, respectivamente.

A comparação entre os tempos de execução da tarefa de manipulação/ordenação do robô, é relativamente pequena variando de 4:15 a 4:30 minutos. Todavia, a razão entre os tempos de programação e o de execução da tarefa variou de 21,4 a 45,4 vezes o tempo necessário à execução.

5.2 – Resultados do Grupo 2

Para a realização da programação, cada integrante do Grupo 2 precisou de, aproximadamente, 1:13 horas. No entanto, o menor tempo foi de 0:57 hora, enquanto o maior, de 2:00 horas. Já para a realização da tarefa proposta do

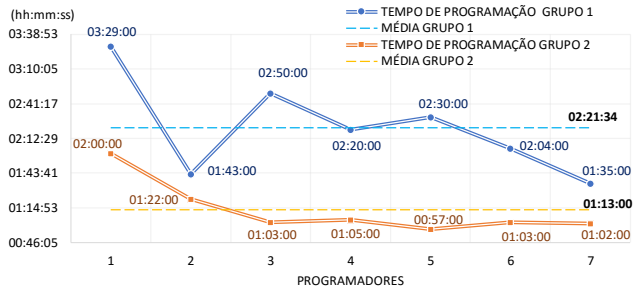
ISSN 1809-3957

robô, os tempos obtidos de cada programador tiveram pequenas variações, de 4:03 a 4:29 minutos. Com isso, o tempo de programação variou de 13,1 a 29,6 vezes o tempo médio de execução, ressaltando, no entanto, que a tarefa de *pick-and-place* em foco neste artigo, é relativamente simples.

5.3 – Comparação dos Resultados dos Grupos

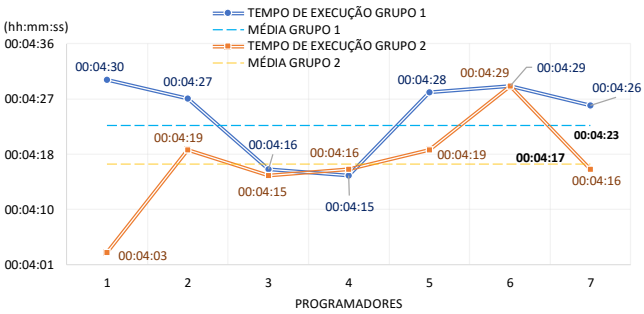
A comparação entre os tempos de programação e de execução da atividade de cada programador pode ser visualizada nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

Figura 10 – Tempos de programação



Fonte: Autoria Própria

Figura 11 – Tempos de Execução da Tarefa



Fonte: Autoria Própria

Basicamente, não houve variação no número total de linhas da programação da tarefa padrão, de cada membro dos dois grupos continha, que foi de 154 linhas de código e 16 pontos ensinados. Os tempos de execução também sofreram pouca redução.

O tempo médio por aluno no Grupo 1 foi de 02:21 horas, enquanto que o do Grupo 2, que utilizou simulador, foi de 01:13 horas. Cabe ressaltar que houve duas horas de uso do simulador, todavia os alunos utilizaram simultaneamente o CAPRON instalado em computadores distintos, deixando o Pegasus livre para outra atividade.

Finalmente, é possível estimar um tempo total de utilização do robô necessário para treinamento de 14 programadores-iniciantes, sem o uso do simulador de 33:02 horas. Já com o uso do simulador, a estimativa da necessidade de tempo cairia para 17:04 horas, resultando em uma economia de 15:58 horas, caso toda a turma fosse treinada com o CAPRON previamente.

VI. CONCLUSÃO

A utilização de um software de simulação em sistemas robóticos traz vantagens, como a diminuição no tempo de uso do robô real. Ganha ainda mais relevância, nas fases de treinamento, pois proporciona maior destreza do programador-iniciante quanto às funcionalidades do *Teach Pendant* e na redução dos riscos de colisão e acidentes, causados, muitas vezes, por falta de habilidade do aprendiz no início do treinamento.

Este artigo procurou quantificar a eficiência da utilização prévia do simulador CAPRON, nas fases iniciais de ensino-aprendizagem, resultando em redução do tempo associado à programação *on-line* de uma tarefa do tipo *pick-and-place*, tanto de utilização do Pegasus, quanto de comprometimento do instrutor.

O software mostrou potencial de aplicação, visto que houve redução significativa no tempo de programação *on-line*, para desenvolvimento de plataformas de ensino e aprendizagem da programação *on-line* de robótica de baixo custo, com resultados promissores na fase inicial de assimilação das funcionalidades do TP, possibilitando trabalhos futuros de PD&I em Sistemas de Treinamentos de Robôs.

Finalmente, cabe ressaltar que a continuidade de PD&I do CAPRON, poderá permitir que este seja usado como um meio auxiliar para as etapas de planejamento prévio de tarefas por programadores experientes, cabendo levantar novos indicadores de eficiência, para quantificar o efeito potencial, cumprindo um dos objetivos do IDR Lab do IME, que é incentivar e disseminar a importância da robótica industrial para o país.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRERKING, G; WALLACE, N; NIDDERY, W. **Borland Delphi how-to.** Editora Ciência Moderna Ltda, 1996.

IFR. **Executive Summary: World Robotics 2016 Industrial Robots**. Disponível em: <http://www.ifr.org/downloads/>. Acesso em 01/11/2016.

NOF, S. Y. **Handbook of Industrial Robotics**. 2nd. ed. John Wiley & Sons, 1999.

PAN, Z. et al. Recent Progress on Programming Methods for Industrial Robots. **International Symposium on Robotics**, 2012.

SANTOS, F., SANTOS, R. e RIBEIRO, L. P. **Fatores de influência da programação on-line no tempo de execução de uma tarefa realizada pelo robô pegasus.** Revista Sodebras [online]. v. 11, n.129, set./2016, p. 174-179. ISSN 1809-3957, 2016.

SANTOS, R., MACEDO, F., SANTOS, F. e RIBEIRO, L. P. **O uso de cad 3D no planejamento da programação on-line de uma operação de montagem usando robô pegasus.** Revista Sodebras [online]. v. 12, n.135, mar/2017, p. 185-190. ISSN 1809-3957, 2017.

SICILIANO, B.; KHATIB, O. **Handbook of Robotics.** Springer, 2008.

SICILIANO, B.; SCIAVICCO, L.; VILLANI, L. e ORIOLO, G. **Robotics: Modelling, Planning and Control.** Springer Verlag, 2009.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** Atlas, 2002.

TSAI, L.-W. **Robot analysis: the mechanics of serial and parallel manipulators**. Maryland, USA: John Wiley & Sons, 1999.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

THE TRENDS OF MAGNETIC LEVITATION WITH SUPERCONDUCTORS APPLIED TO VEHICLES

CARLA NAIANA PIRES DA SILVA[1]; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA JUNIOR[1]; CLEITON RUBENS FORMIGA BARBOSA[1]; FRANCISCO DE ASSIS OLIVEIRA FONTES[1]

1 – FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

carla-naiana@hotmail.com; cleiton@ufrnet.br; cleitonformiga@gmail.com; franciscofontes@uol.com.br

***Abstract** - The flying cars of science fiction movies, which are seen as distant dreams, are increasingly plausible through the development of the magnetic levitation science. Magnetic levitation happens because there are the phenomena of superconductivity and quantum locking, which occurs when a superconducting material is cooled below the critical temperature of 77K. When this technology is effectively applied on trains, this type of vehicle can reach a speed of 3,000 to 10,000 km/h. The initial cost for the deployment of this technology is high; however, the expectations are of cost reduction and great energy savings starting from 2025.*

***Keywords:** Superconductors. Magnetic Levitation. Transportation.*

I. INTRODUCTION

Achieving a state of levitation, and defying the laws of gravity seem like science fiction stories or human imagination. When we were children, we wondered how the future of other generations would be, in which cars would levitate, and people would travel freely as in The Jetsons cartoon, which premiered in 1962 on ABC-TV; the story supposedly took place in 2063. What in our childhood seemed fiction, is possible now. In 1945, the scientist V. Arkadiev first demonstrated the levitation of a superconducting material over a magnetic field generated by a magnet. In other words, he overcame gravity with electromagnetism. Scientists have been improving this discovery for more than a century, and today, the use of electromagnetism in transportation is something plausible. Superconductors have many applications in the transportation market that can revolutionize the way of human locomotion improving speed, energy savings, and comfort; In addition, the cost-benefit ratio of implementing superconducting magnetic levitation is considerably favorable.

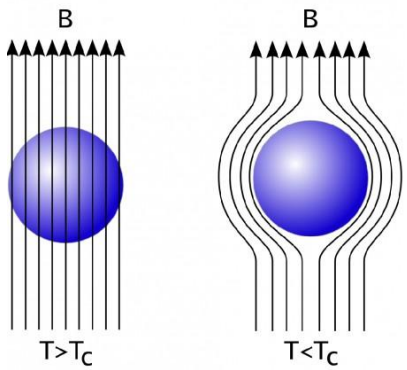
II. MAGNETIC LEVITATION

The levitation of a body can be defined as no contact of the body with any solid or fluid material on Earth. This levitation of bodies can be achieved in some materials known as superconductors under certain environmental conditions. According to Tinkhan (1996), superconductivity was discovered in 1911 by the Dutch physicist Heike Kamerlingh Onnes in Leiden who was the first to liquefy helium in 1908, which gave him the required technique to reach really low temperatures. The superconductivity phenomenon was noticed while he was studying the electrical resistance of a sample of mercury as a function of temperature. On cooling Hg to the temperature of liquid helium, he found that the resistance abruptly disappeared at approximately 4.2 K. In 1913 he won the Nobel Prize for the liquefaction of helium and the discovery of superconductivity.

After this discovery, other materials with superconducting characteristics were found. Superconducting materials are often composite materials of ceramic or metal. According to Almog (2012) in order to generate the phenomenon of superconductivity and consequent magnetic levitation, three important factors are needed: magnetic field, zero electrical resistance in the superconducting material, and expulsion of the magnetic field by the superconductor.

Electrical resistance is the ability of a material of hindering conductivity; in other words, the flow of electrons. Achieving zero resistance in superconducting materials, it is required low working temperatures and magnetic field generated by a magnet. These low working temperatures or critical temperatures vary between materials. In 1933 the physicists Walther Meissner and Robert Ochsenfeld discovered that not only a magnetic field is excluded from entering a superconductor, as might appear to be explained by perfect conductivity, but also that a field is expelled as a sample material is cooled through the critical temperature (Tinkhan, 1996). This field expulsion phenomenon is known as the Meissner effect and is shown in figure 1 when the temperature is below the critical.

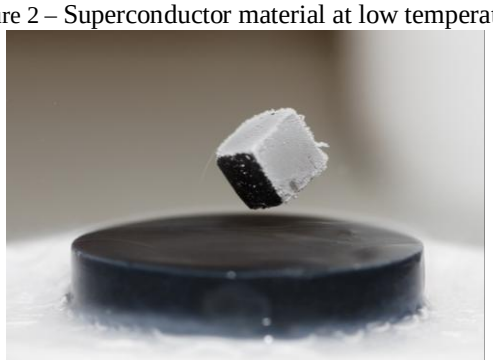
Figure 1 – Meissner effect



Source: Gizmodo website

ISSN 1809-3957

Figure 2 – Superconductor material at low temperature

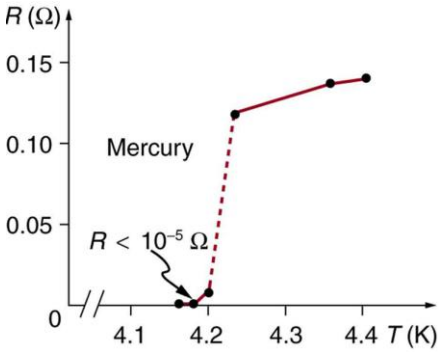


Source: ExtremeTech website

According to Yaghoubi (2013), in most of the superconductors discovered recently the critical temperatures Tc are around 77 K or -321.07º F, and it can be achieved with the help of liquid nitrogen as a coolant. In figure 2 you can see a superconducting material that reached the critical temperature with the help of liquid nitrogen; figure 3 shows the behavior of temperature versus resistance of mercury, where the critical temperature for this material is approximately 4.2 K for a resistance tending to zero. When Moreover, Moon (2008) says that "Vortex-like supercurrent structures in the material creates paths for the flux lines. When the external sources of these lines move, however, these supercurrent vortices resist motion or are pinned in the superconducting material" (p.10). In other words, the low temperature makes the magnetic field passing through the superconductor behaves as quantum particles; the magnetic field is locked inside the superconductor as shown in figure 4.

As a result of this process, quantum locking occurs only in the state of vertical levitation material. Thus, the material can move any direction within the magnetic field as long as it complies with the height of the vertical lift. According to Almog (2012) when the superconductor is locked, it can freely move within the magnetic field. The locking force is enormous, and consequently, a thin layer of a superconducting material can support high loads.

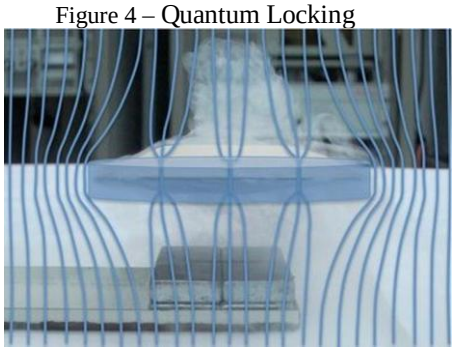
Figure 3 – Mercury superconducting transition



Source: Openstaxs CNX website

This gap between materials that supports high loads solves one of the biggest problems in today's industry in general - friction and the wear that accompanies it. Tribology is the study of friction, and scientists in this field estimate that around 30% of all energy produced by any means is lost as friction; it means the loss of billions of dollars every year in a waste of energy that humans cannot control (or at least could not). With the utilization of magnetic levitation, the only existent friction would be the air friction, which is almost negligible in terms of applicability. One area that would make extensive use of this new technology is the transportation in general.

Figure 4 – Quantum Locking



Source: ExtremeTech website

Yaghoubi (2013) says in his article "The Most Important Maglev Applications" that the application of superconducting transport is extensive, including personal cars flying, levitated trains, and rockets. Of these applications mentioned above, the bulk use of magnetic levitation trains would be one of the largest industrial applications with a huge impact because it is a way of transportation that is mostly public, and affects the entire world population. An application of this technology can be seen in figure 5, where the train uses magnetic levitation to reach the speed of 430 km/h, and is one of the attractions of Shanghai in China.

Figure 5 – Maglev train in Shanghai (China)

Source: Time magazine

III. ADVANTAGES

Magnetic levitated trains have many advantages over conventional trains and subways. Considering the variable speed, the average speed of an ordinary train can reach 100km / h while a train using magnetic levitation can reach a speed of 600km / h. With future development in infrastructure development in speed would be scary. According to the authors Jiasu, Suyu, Changyan, *et al.* (2005) an HTS (High Temperature Superconducting) Maglev vehicle can reach a speed of 3000km/h up to 10000km/h. With this speed, it is possible to move from Washington D.C. to Beijing in two hours. Despite the speed, the comfort of traveling on a train fitted with a magnetic levitation is infinitely greater than a common rail system. Why not contact exists between train and track, the problem of discomfort and noise caused by friction is absent. The stability is an important factor in levitating trains, because according to quantum locking, which was explained before, the train moves along the path of the magnetic field smoothly with no variances. In other words, the factor of safety is increased along with the comfort and speed causing

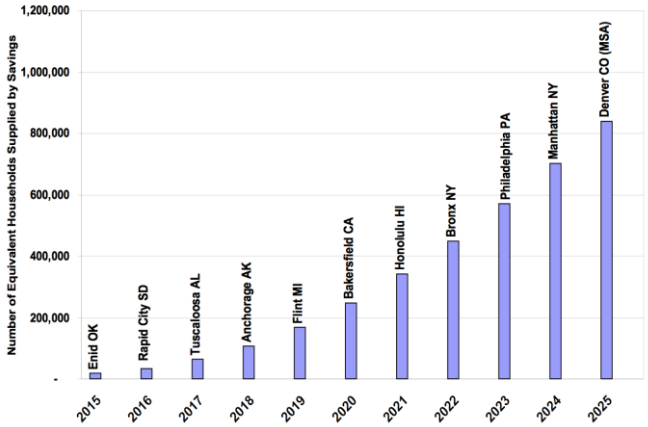
ISSN 1809-3957

the Maglev technology is preferable instead of conventional technology.

IV. COSTS

This preference is also because of the reduced costs that magnetic levitation trains bring related to maintance and energy savings. Primarily, the economy with maintenance of the trains that utilize levitation systems would be absurdly high (reducing costs in approximately 95%) since the presence of friction is almost zero. In addition, the electrical energy that is currently used in conventional light rails is a huge expense. This is a problem that would be reduced with the use of levitating trains since the only energy expended would be in the initial impulse and in the brake system, ie, during the entire path, energy would not be spended to move the train. A research done by Mulholland, Sheahen, and Mcconnell (2001) shows that "In 2013, the energy savings will be equivalent to the electricity used by a small American town the size of Westborough, Massachusetts. However, by 2025, the savings from HTS would supply all the households in metropolitan Denver, Colorado". The prediction for 2016 has already been reached although it is not as significant. However, in 2025 the energy savings will be huge, as appears in Figure 6.

Figure 6 – Electricity Savings Due to Superconductivity Efficiency Improvement



Source: Analysis of future prices and markets for high temperature superconductors

V. CONCLUSION

In conclusion, magnetic levitation is a quantum phenomenon that occurs in specific materials (known as superconductors) and is an advanced technology that has been developed by the scientific society for over a century. The application of this phenomenon is vast. Nonetheless, when they are applied on a large scale in the transportation industry, the benefits are countless. Superconductive materials are the future of locomotion in a more developed society, and the use of such materials in transportation are the output for many contemporaries mobility problems, which also cause great environmental impact as conventional cars that use fossil fuels and light rails using large amounts of electrical energy.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMOG, B. (2012, June). The Levitating Superconductor. Retrieved from TED: https://www.ted.com/talks/boaz_almog_levitates_a_superconductor

JIASU, W., SUYU, W., CHANGYAN, D., YOUWEN, Z., HONGHAI, S., & HAIYU, H. (2005). A Superhigh Speed HTS Maglev Vehicle. **International Journal Of Modern Physics B: Condensed Matter Physics; Statistical Physics; Applied Physics**, 19(1-3), 399-401.

MOON, F. C. (2004). Superconducting Levitation (2 ed.). Germany: **Wiley-VHC Verlag GmbH & Co**. KGaA.

MULHOLLAND, J., SHEAHEN, T. P., & MCCONNELL, B. (2001). Analysis of future prices and markets for high temperature superconductors. **Unpublished report to US Dept. of Energy**, (March 2000).

TINKHAN, M. (1996). Introduction to Superconductivity. **McGraw Hill**. 2nd ed.

YAGHOUBI, H. (2013, February 19). The Most Important Maglev Applications. **Retrieved from Hindawi - Journal of Engineering:** http://www.hindawi.com/journals/je/2013/537986/

Figure 1 available on: http://io9.gizmodo.com/5850729/quantum-locking-will-blow-your-mind--but-how-does-it-work

Figure 2 available on: https://www.extremetech.com/extreme/188448-the-first-metamaterial-superconductor-one-step-closer-to-futuristic-physics-defying-contraptions

Figure 3 available on: http://cnx.org/contents/SDYO23Ns@5/High-temperature-Superconducto

Figure 4 available on: https://www.thoughtco.com/quantum-levitation-and-how-does-it-work-2699356

Figure 5 available on: http://content.time.com/time/travel/cityguide/article/0,31489,1851908_1851830_1851792,00.html

VII. COPYRIGHT

Copyright: The author(s) is (are) solely responsible for the material included in the article.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

MODELAGEM E ANÁLISE NUMÉRICA ESTRUTURAL DE OLHAIS DE IÇAMENTO PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

MODELING AND NUMERICAL STRUCTURAL ANALYSIS OF LIFTING RINGS BY THE FINITE ELEMENT METHOD

JAYANN ISMAR LIRA ALMEIDA[1], PRISCILA NAIARA SANTOS ANDRADE[1], ILUA LUZIA MALTEZ MENDES[1] JANDERSON VIEIRA GUIMARÃES[1]

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

jayann.almeida@ufba.br, pryl_andrade@hotmail.com, iluamendes@gmail.com, jv_g@msn.com

Resumo – Este trabalho visa o projeto de dimensionamento de anéis de elevação feitos por chapa de aço e validar os resultados analíticos com a simulação computacional do método de elementos finitos (FEM). Estes equipamentos são amplamente utilizados em vários ramos da construção civil, offshore, mineração e outras indústrias, com o objetivo de auxiliar no processo de manipulação de cargas. A importância deste trabalho vem da grande necessidade e uso desses olhais de içamento, que é um equipamento muitas vezes negligenciado tanto em seu projeto, bem como no uso fora das condições de projetos em que a carga não é levado em conta as condições máximas e operacionais Os parâmetros e o método analítico das considerações utilizadas neste dimensionamento serão baseados na Norma N-2682 da Petrobras. Os objetivos serão avaliar os resultados obtidos analiticamente e analisar as tensões no anel de elevação pelo método dos elementos finitos para verificar o modelo proposto.

Palavras-chave: Elementos Finitos. Olhais de Içamento. Integridade Estrutural.

Abstract - This work aims at the design of elevation rings made by sheet steel and validate the analytical results with the computational simulation of the finite element method (FEM). These equipments are widely used in various branches of construction, offshore, mining and other industries, with the aim of assisting in the process of cargo handling. The importance of this work comes from the great need and use of these lifting rings which is a often neglected equipment both in its design as well as in the use outside the conditions of projects where the load is not taken into account the maximum and operational conditions The parameters and analytical method of the considerations used in this design will be based on the Petrobras Standard N-2682. The objectives will be to evaluate the results obtained analytically and to analyze the tensions in the elevation ring by the finite element method to verify the proposed model.

Keywords: Finite elements. Lifting rings, Structural Integrity.

I. INTRODUÇÃO

Os olhais de suspensão, ou anéis de içamento, são empregados em diversos ramos com a finalidade de auxiliar na movimentação de cargas, mas também podem ser empregados como elemento de suspensão permanente. Muitas vezes esses equipamentos são submetidos a condições críticas de operação, seja em ambientes com temperaturas variadas, com oscilações de cargas estáticas e dinâmicas entre outros.

A intenção é submeter o olhal de içamento à metodologias de projeto analítica e computacional, assim suas análises poderão ser aplicadas em desenvolvimento de projetos e produtos, com segurança, confiabilidade e redução de custos, além de desenvolver uma metodologia simplificada para cálculos de projetos futuros.

Os olhais de içamento são, muitas vezes, negligenciados, sendo confeccionados de maneira artesanal, e utilizados fora das condições de projetos. Assim, é imprescindível destacar a importância dessa estrutura e desenvolver com cuidado seu projeto a fim de evitar acidentes e perdas econômicas. Esses equipamentos podem ser classificados quanto ao tipo de conexão da base do olhal com carga a ser içada, como: fixo, soldável, parafusável ou do tipo fêmea. Outros tipos olhais são: os olhais giratórios, ganchos e os de linha de vida BAI (2015).

O objeto de estudo deste trabalho será o olhal fixo de chapa soldado a estrutura, composto por uma chapa plana com furo, para introdução do pino, fixada em uma estrutura com a finalidade de transferir a carga de um cabo, tirante ou aparelho de apoio.

Esse componente, quando necessário, otimiza o projeto, já que diminui a espessura da chapa principal. Isso ocorre quando a espessura da chapa principal consegue suportar a força axial, o momento fora do plano do olhal e o momento no plano do olhal (Verificações com base na AISC), mas não consegue suportar a força de contato entre o pino e o olhal, a força de rasgamento (cisalhamento da área em frente ao pino do olhal), entre outras verificações BAKER (2012).

Os olhais de içamento devem ser posicionados de forma a evitar interferência entre as lingas e a estrutura, e de forma que a força da linga atue no mesmo plano que a chapa principal do olhal. Para tanto, o projeto deve prever a possibilidade de modificação do ângulo de alinhamento do plano principal do olhal, permitindo o seu posicionamento e a sua fixação após a determinação do centro de gravidade da estrutura PETROBRAS (2000).

II. METODOLOGIA

A metodologia usada no projeto será elaborada para o dimensionamento que comporte as verificações presentes na norma Petrobras N-2683. Inicialmente será proposto um

ISSN 1809-3957

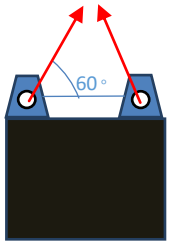
objeto de estudo, nas condições de operação. Em seguida serão realizadas verificações exigidas pela N-2683 tais como: a tensão de contato entre o pino e o furo, a tensão de cisalhamento na área efetiva e as tensões axiais e de cisalhamento na base de apoio do olhal.

Sendo aprovado em todas as verificações, o olhal estará apto pela norma N-2683, podendo ser elaborado outros testes posteriores para garantir uma melhor eficácia do projeto, ou invalidar o projeto realizado pela norma, no caso deste trabalho essa análise posterior será realiza por um estudo baseado no método dos elementos finitos.

2.1 - Objeto de estudo

Será verificado nesse trabalho se um olhal de içamento de aço estrutural é capaz de suportar o carregamento trabalhando em mar aberto, com pino de diâmetro de 63 mm e quatro cabos de aço. Uma carga de 40 toneladas será içada a 60º, como representado na Figura 1, a tensão de escoamento (Fy) do material do olhal é de 250 MPA, o módulo de elasticidade (E) =200 GPa, a tensão última é de 450MPa e a massa específica de 7.86 ton/m^3.

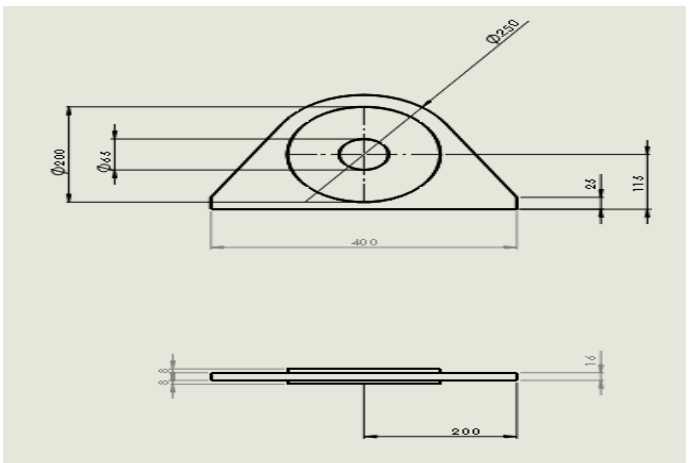
Figura 1 - Desenho esquemático do estudo de caso



Fonte: Autores, 2016.

As dimensões do olhal em estudo estão descritas abaixo na figura 2.

Figura 2 - Dimensões do olhal de içamento em estudo



d pino	Diâmetro do pino	63 mm
dfuro	Diâmetro do furo do olhal	65mm
r furo	Raio do furo do olhal	32,5mm
r anel	Raio do anel de reforço	100mm
t olhal	Espessura da chapa principal	16mm
Fy	Tensão de escoamento do aço	250 Mpa
T	Espessura total do olhal	32mm

Fonte: Autores, 2016.

III. VERIFICAÇÕES CONFORME A NORMA N-2683

Serão utilizados alguns fatores de majoração, para o cálculo das cargas, segundo a norma de referência Petrobras N- 2683: o fator de amplificação dinâmica (FAD), o fator de contingenciamento de peso (Fcp), fator desvio de carga (Fdc) e o de incerteza no centro de gravidade (Fcg). O FAD é um fator que leva em consideração a imprecisão da carga e efeitos dinâmicos. O mínimo a ser adotada como FAD, nos cálculos de majoração da carga, leva em conta o peso a ser içado e o local onde ocorre a operação conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Fator de amplificação dinâmica.

FAD	**Peso da estrutura a ser içada**			
	≤ 100ton	**100 a 2500 ton**	**1000 a 2500 ton**	**≥ 2.500 ton**
Em mar aberto	1,3	1,2	1,15	1,1
Em águas abrigadas	1,15	1,1	1,05	1,05
Em terra	1,1	1,05	1,05	1,05

O Fcp leva em consideração uma sobrecarga no carregamento devido incorreta precisão do peso a ser içado ou devido a uma avaliação incorreta, assim a norma sugere majorar no mínimo 10% da carga. Já o Fdc busca compensar o efeito da falta de precisão no comprimento da lingada e outras incertezas quanto à distribuição das forças como mostrado na Tabela 2. Por último o Fcg é, segundo a prática recomendada, de 5% ou 1,05.

Tabela 2 - Fator de desvio de carga.

Içamento	**Fator de desvio de carga**
Estaticamente determinado por 1, 2 ou 3 pontos.	1
Por 4 pontos com distribuição de carga através de balancim (spreader).	1,1
Por 4 pontos quando por cabos.	1,25

Os fatores de majoração para o caso serão: FAD = 1,3, Fcp = 1,1, Fdc = 1,25 e Fcg= 1,05. Inicialmente será analisado o diâmetro do pino, folga e diâmetro do furo e calculado a força de reação em cada olhal. Neste estudo de caso temos quatro cabos de aço, devido a isso, teremos quatro olhais de içamento.

Sendo o d_{pino} = 63 mm, a folga deverá ser igual ao valor obtido na equação 1.

$$\text{Folga} < 0.03 \times d_{pino} = 1.89\text{mm}. \qquad (1)$$

Segundo a norma N-2683 deve-se procurar o valor mais próximo de 1.89, que, portanto será 2 mm. Com isso, o diâmetro do furo será a soma da folga mais o diâmetro do pino, logo, o diâmetro do furo será 65 mm. Com isso é feito o calculo da carga total utilizando os fatores de majoração, apresentado na equação 2.

$$Flinga = FAD \times F_{cp} \times F_{dc} \times F_{cg} \frac{carga}{N^{\circ}\ olhal} \times \frac{1}{sen(\theta)} \qquad (2)$$

- F_{linga} = Carga efetiva de içamento linga
- Fr = Força resultante em cada olhal
- Fp = massa x gravidade

ISSN 1809-3957

- Gravidade (g) = 9,81 m/s^2
- $N° \ olhal$ = 4
- θ = 60 graus

A carga total será:

$$F_{linga} = 21{,}6723 \text{ toneladas}$$

Agora será calculada a força efetiva no pino, Fpino, que pela norma N-2683, é a multiplicação da Flinga, pelo fator de dimensionamento de acessório pino, neste caso, 1,3. Fpino será a mínima carga que o olhal deverá suportar sem falhar, segue cálculo na equação 3.

$$F_{pino} = 1{,}3 \times F_{linga} \times g \quad (3)$$

A força efetiva no pino será:

$$F_{pino} = 276.386{,}84 \text{ N}$$

Para garantir que o olhal desenvolva suas funções sem falhar, serão realizadas verificações com base na norma N-2683.

3.1 - *Primeira verificação*

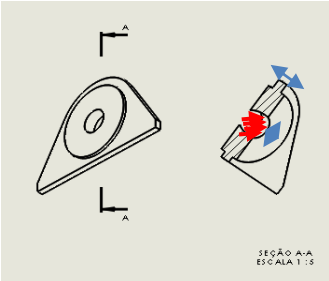
Nesta verificação será calculada, na equação 4, a tensão de contato ente o pino e o furo do olhal, que será a reação das tensões representada na Figura 3, onde a tensão de contato deverá ser menor que a tensão de escoamento do material multiplicada pelo fator de segurança 0.9.

$$F_p = \frac{F_{pino}}{d_{pino} \times (t_{olhal} + 2 \times t_{anel})} \leq 0{,}9 \times F_y \quad (4)$$

$$F_p = \frac{276.386{,}84}{63 \times (16 + 2 \times 8)} \leq 0{,}9 \times 250$$

$$F_p = 137{,}1MPa \leq 225 \ MPa$$

Figura 3- Tensão de contato entre o pino e furo



Fonte: Autores, 2016.

3.2 - *Segunda verificação*

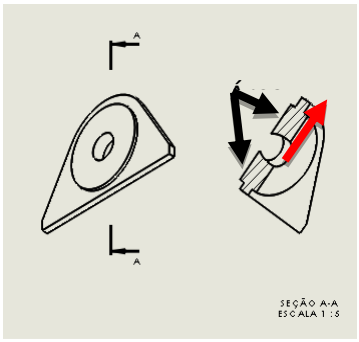
Nesta verificação, será calculada a tensão de cisalhamento na área efetiva do olhal, como pode ser observado na Figura 4.

$$F_v = \frac{F_{pino}}{2 \times [(R - r_{furo}) \times t_{olhal} + (r_{anel} - r_{furo}) \times 2 \times t_{anel}]} \leq 0{,}4 \times F_y \quad (5)$$

$$F_v = \frac{276.386{,}84}{2 \times [(125 - 32{,}5) \times 16 + (100 - 32{,}5) \times 2 \times 8]}$$

$$F_v = 54 \ MPa \leq 100MPa$$

Figura 4- Tensão de cisalhamento na área efetiva do olhal.



Fonte: Autores, 2016

3.3 - Terceira Verificação

Esta verificação visa garantir que a base de apoio do olhal não irá falhar, conforme a AISC contida na norma Petrobras N-2683. Para calcular a área da base, tem-se a equação 6:

$$A_{base} = Base \times t_{olhal} \quad (6)$$

$$A_{base} = 400 \times 19{,}05$$

$$A_{base} = 6\,400mm^2$$

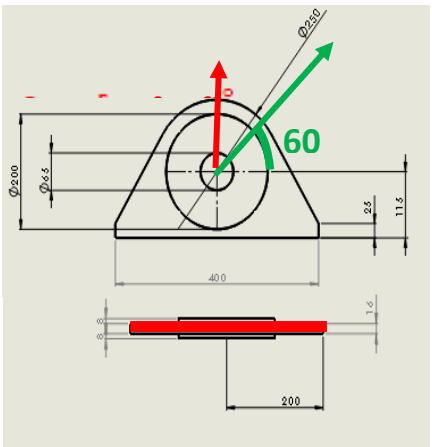
Verificação da força axial, na Figura 5:

$$Fa = \frac{Fpino \times \text{sen}(\theta)}{Abase} < 0{,}6 \times fy \quad (7)$$

$$Fa = \frac{276.386{,}84 \times \text{sen}\,(60°)}{6400} < 0{,}6 \times 250$$

$$Fa = 37{,}4MPa < 150MPa$$

Figura. 5- Força axial.



Fonte: Autores, 2016.

ISSN 1809-3957

3.4 - Quarta Verificação

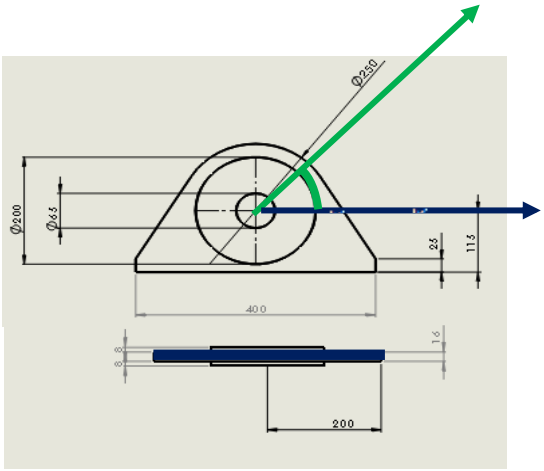
Esta verificação analisa a tensão de cisalhamento (fv) na base do olhal, na Figura 6 e equação 7.

$$fv = \frac{Fpino \times \cos(\theta)}{L \times t} < 0{,}4 \times fy \qquad (7)$$

$$fv = \frac{276.386{,}84 \times \cos(60)}{400 \times 16} < 0{,}4 \times 260$$

$$fv = 21.59\ \text{MPa} < 100\ MPa$$

Figura 6 – Tensão de cisalhamento na base do olhal.



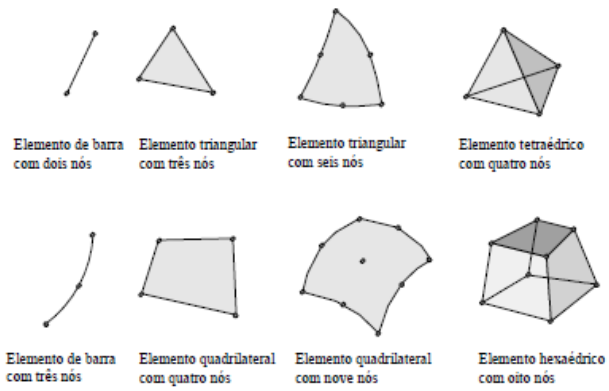
Fonte: Autores, 2016.

IV. MODELAGEM DO OLHAL POR ELEMENTOS FINITOS

Algumas etapas são necessárias na análise de elementos finitos, são elas a fase pré-processual, a do processamento e a dos pós-processamento. Para o cumprimento de cada etapa alguns passos importantes precisam ser cumpridos, estes serão explanados em seguida VINOD E KUMAR (2015).

Na fase do pré-processamento foi gerado um modelo em CAD, no SolidWorks e em seguida importado para o Software NX Nastran, onde foram definidas as condições de contorno, atribuindo o material ao olhal, aplicação das cargas do objeto de estudo, além da anexação das restrições e a definição da malha.

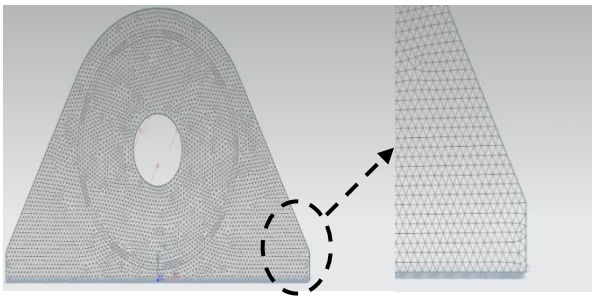
Figura 7 -Análise estrutural pelo MEF em um olhal de içamento.



Fonte: CHANDRUPTALA e BELEGUNDU, 2014.

A definição de malha visa dividir o corpo em um sistema equivalente de elementos finitos com nós associados, Figura 7, e com o tipo apropriado de elementos que mais se aproxime do modelo físico.

Figura 8 - Malha de elementos finitos.



Fonte: CHANDRUPTALA e BELEGUNDU, 2014.

Esses elementos devem ser o menor possível para possibilitar um resultado preciso e grande o suficiente para reduzir o esforço computacional. O arranjo desses elementos chama-se malha, como mostrado na Figura 8. A escolha do elemento geométrico a ser usado na análise de elementos finitos depende das características físicas do objeto sobre as condições de carregamento e o quão próximo do comportamento real o analista quer o resultado segundo LOGAN (5). Neste estudo foi utilizado o elemento tetraédrico com 10 nós e 4 mm de tamanho, essas condições de forma e tamanho foram as que apresentaram melhor performance e qualidade no resultado da malha dentro dos limites computacionais.

Na fase do processamento o modelo deve obedecer a condições para garantir que as soluções sejam convergentes o máximo possível aos resultados corretos. É nessa etapa que se obtém a matriz rigidez elementar, a montagem das equações algébricas para todo o domínio, a solução para os deslocamentos desconhecidos e também o cálculo das deformações e tensões elementares a partir dos deslocamentos nodais. No objeto de estudo essa etapa é executada pelo software NX Nastran após serem configuradas as condições de pré-processamento.

Na última etapa, de pós-processamento, ocorrerá a interpretação dos dados e adequação aos problemas enfrentados. Nessa etapa é possível realizar a aquisição de informações no modelo referente às seguintes situações: Deslocamento nodais, deformação da geometria, gradiente de tensão de acordo com o critério de resistência escolhido, tensão normal e cisalhante, tensão de von Misses.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

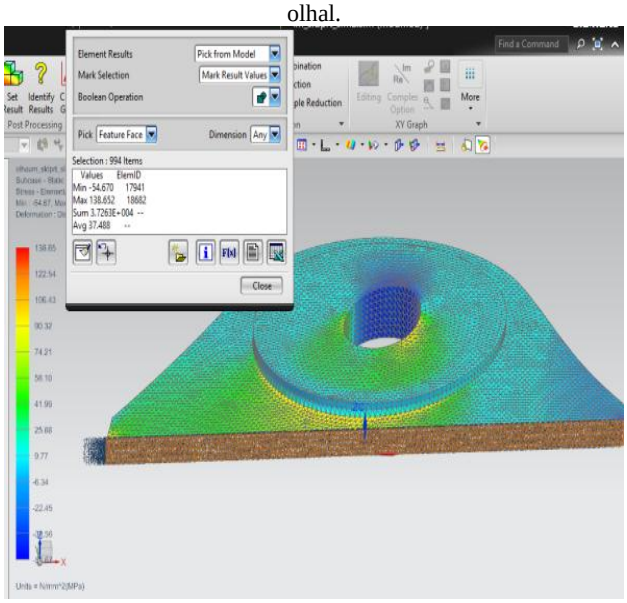
A metodologia de validação dos resultados consiste em avaliar se os resultados encontrados na análise por elementos finitos estão compatíveis com a verificação realizada na seção 3 deste trabalho. As verificações que serão analisadas por elementos finitos neste trabalho serão: Verificação da tensão axial normal na base do olhal conforme a AISC; Verificação do cisalhamento na base do olhal conforme a AISC; Tensão de contato entre o pino e o olhal e tensão de cisalhamento na área efetiva.

A primeira comparação consiste em verificar se a tensão axial normal na base do olhal está em conformidade com a calculada e se obedece aos critérios máximos estabelecidos por norma AISC, que deverá ser menor que 60% da tensão de escoamento do material da chapa, ou seja

ISSN 1809-3957

menor que 150MPa e em conformidade com a tensão média calculada de 37MPa. Os resultados encontrados foram de tensão média normal no eixo Y na base do olhal de 37,488MPa, possível verificar na Figura 9, valor muito próximo do valo calculado de 37 MPa, apresentando uma divergência de 1,4%.

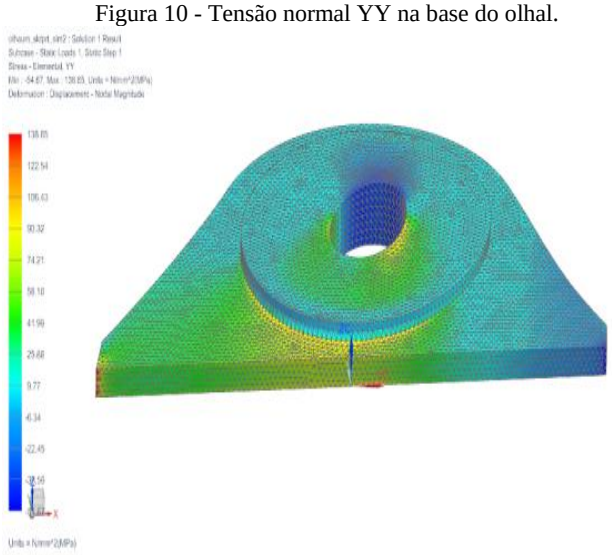
Figura 9 -Tensão normal média YY igual a 37,488MPa na base do olhal.



Fonte: Autores, 2016

Além da convergência dos valores encontrados, foi possível notar que na região da extremidade esquerda do olhal, que pode ser vista na Figura 10, ocorrem as tensões máximas. Sendo uma região que deve chamar atenção no processo de fabricação a fim de evitar imperfeições e possivelmente ser reforçada na soldagem que irão anexar o olhal a peça final.

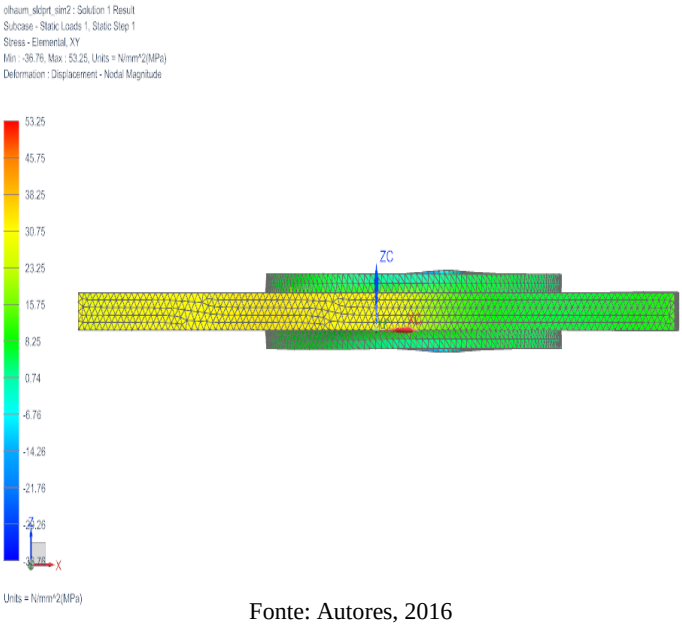
Figura 10 - Tensão normal YY na base do olhal.



Fonte: Autores, 2016

A segunda análise, Figura 11, é para verificar o resultado da tensão de cisalhamento na base do olhal está em conformidade com a calculada e se obedece aos critérios máximos estabelecidos por norma AISC, que deverá ser menor que 40% da tensão de escoamento do material da chapa, ou seja menor que 100MPa e em conformidade com a tensão cisalhante média calculada de aproximadamente de 21,59 MPa.

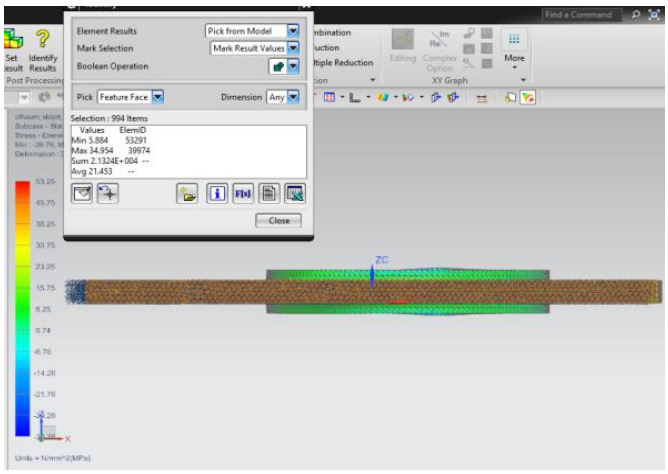
Figura 11-Tensão cisalhante XY na base do olhal.



Fonte: Autores, 2016

O resultado da tensão cisalhante na base do olhal foi de 21,45 MPa, como pode ser observado na Figura 12, valor muito próximo do valor calculado, apresentando uma divergência de 0,5 %. Assim, é possível concluir que os resultados convergiram nessa análise.

Figura 12 - Tensão cisalhante média XY igual a 21.4MPa na base do olhal.

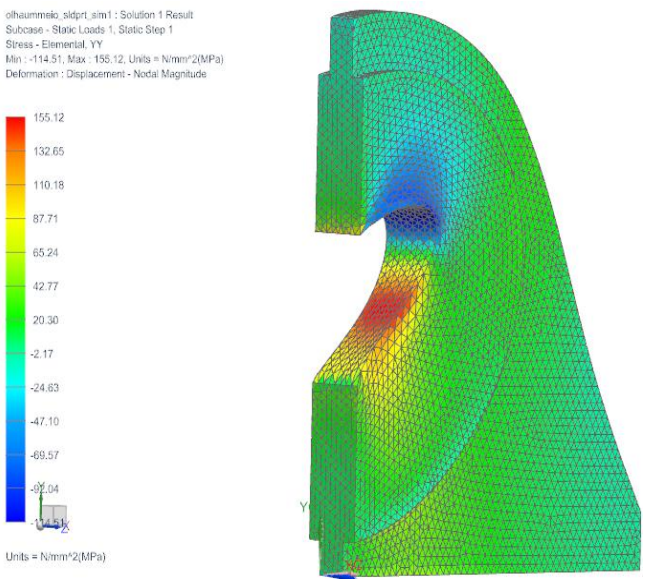


Fonte: Autores, 2016

A terceira análise realizada consiste em verificar a tensão de contato do pino com o olhal de içamento na região interna do olhal. Essa tensão deverá ser menor que 90% da tensão de escoamento do material da chapa, 225 MPa, e ter conformidade com a tensão calculada na sessão 2.2.1, de aproximadamente 137 MPa, segundo a Figura 13.

ISSN 1809-3957

Figura 13 - Tensão normal no eixo YY na região do furo.

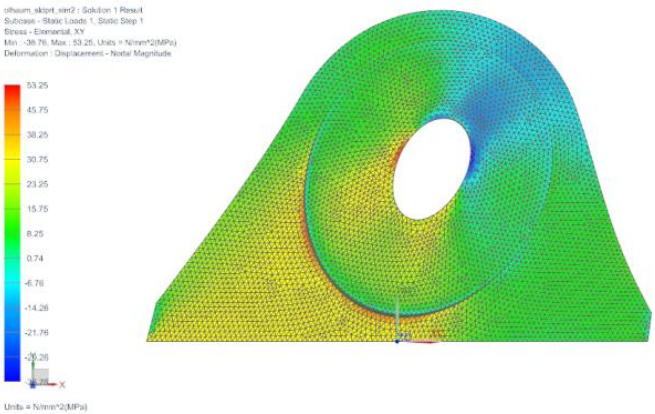


Fonte: Autores, 2016

Os resultados encontrados são compatíveis, uma vez que a tensão de contato na região do furo é aproximadamente de 155 MPa. Apesar de apresentar um erro de aproximadamente 13% do valor calculado, existe uma grande margem do valor máximo admissível para essa verificação que é de 225 MPa. Esses erros podem ser explicados devido algumas simplificações feitas na análise, como por exemplo, área de contado do furo com o olhal que foi aproximada como sendo metade da área da seção transversal do pino, porém na condição de operação essa área pode ser menor a depender da tensão aplicada e a deformação na região de contato.

A Figura 14 mostra a quarta análise, na qual verificou-se a tensão de cisalhamento na área efetiva do olhal de içamento e essa tensão deverá ser menor que 40% da tensão de escoamento do material da chapa, 100 MPa, e ter conformidade com a tensão calculada na sessão 3 de aproximadamente 54 MPa.

Figura 14 - Tensão cisalhante XY no olhal de içamento.



Fonte: Autores, 2016

Os resultados encontrados foram satisfatórios, uma vez que o valor máximo de tensão respeitou o limite imposto pela norma, além do valor calculado ser bem próximo do encontrado de 53,25 MPa, apresentando um erro de 1.5% do valor calculado.

VI. CONCLUSÃO

A validação proposta apresentou aprovação em todas as verificações, mesmo a norma não pedindo essa comparação numérica, é interessante incorporar essa poderosa ferramenta que é os elementos finitos, como já é incorporada na API 579. Caso existisse algum erro de dimensionamento pela norma, o método numérico também detectaria essa reprovação e assim o redimensionamento seria realizado afim de obter as características dimensionais mínimas para a aprovação em todos os critérios estabelecidos pela norma Petrobras N-2683.

Comparando os valores analíticos e o método de elementos finitos, os resultados encontrados pelo MEF tiveram as análises numéricas convergidas a resultados próximos dos valores reais. Nota-se isso devido ao erro máximo encontrado em relação ao modelo de elementos finitos que foi cerca de 13% justificada devido a simplificações no modelo.

O presente trabalho corrobora para o uso do método dos elementos finitos como grande aliado na modelagem estrutural de olhais de içamento, visto que é possível visualizar as diversas condições as quais o olhal está submetido como as tensões axiais e de cisalhamento máximas e mínimas em todas as regiões do olhal de maneira clara e intuitiva, reduzindo bastante custos com testes e prototipagem.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAI, B.C., Kim, E.A, LEE, C.W., et al., 2015, **"Effects of surface chemical properties of activated carbon fibers modified by liquid oxidation for CO2 adsorption"**, Applied Surface Science, 353 (2015), 158-164

BAKER, A.J., 2012**, "Finite Elements: Computational Engineering Sciences"**, 1o Edition, John Wiley & Sons, Ltd, USA

NORMA PETROBRAS. **Estrutura Oceânica –Olhal de Içamento – Dimensionamento: N-2683**. Rio de Janeiro, 2000. 11p

VINOD, K.S., KUMAR, E.A., 2015, **"Measurement and analysis of adsorption isotherms of CO2 on activated carbon",** Applied Thermal Engineering,

CHANDRUPATLA, T.R., BELEGUNDU, A.D., 2014 **"Elementos Finitos"**. 4a Edição, Ed. Pearson;

VI. COPYRIGHT

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

OCOTS: SISTEMA DE TREINAMENTO DE OPERADORES DE GUINDASTE OFFSHORE – MODELAGEM 3D DE CENÁRIO

OCOTS: OFFSHORE CRANE OPERATOR TRAINING SYSTEM - SCENARIO 3D MODELING

BRUNO HENRIQUE MIRANDA GALHARDO[1]; LUIZ PAULO GOMES RIBEIRO[1]
1 - INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA – IME / LABORATÓRIO DE ROBÓTICA INDUSTRIAL E DE DEFESA – IDR LAB

bruno.galhardo@petrobras.com.br; ribeiro@ime.eb.br

Resumo – O guindaste offshore é utilizado para viabilizar a produção e exploração de petróleo em alto mar. Atualmente, sua operação é bastante complexa, demorada e dependente da habilidade do operador, que realiza o comando da movimentação do equipamento junta a junta. O advento dos computadores favorece o desenvolvimento de simuladores para o treinamento de operação destes equipamentos e promove a redução de custos e de riscos de acidentes nas fases iniciais de capacitação de pessoal. Este artigo apresenta os resultados da etapa de modelagem tridimensional de uma plataforma offshore e dos guindastes articulado e treliçado desenvolvidos em CAD 3D SolidWorks. Os modelos são integrados em um protótipo computacional de um simulador, denominado OCOTS, implementado em RAD Studio Berlin, utilizando a biblioteca GLScene, que possibilita a visualização e imersão em cenários de Realidade Virtual.

Palavras-chave: Guindaste Offshore. Modelagem 3D. CAD 3D Simulador OCOTS.

Abstract - The offshore crane is fundamental to the production and exploitation of offshore oil. Currently, it's operation is quite complex, taking a long time and dependent on the operator ability, which carries out the control of the movement of the equipment joint by joint. The advent of computers favors the development of simulators for the training of operation of these equipments and promotes the reduction of costs and risks of accidents in the initial phases of personnel qualification. This paper show the results of the 3D modeling of an offshore platform and knuckle boom and lattice boom cranes developed in SolidWorks. The models are integrated in a computational prototype of a simulator, called OCOTS, implemented in RAD Studio Berlin, using a GLScene library, which allows visualization and immersion in Virtual Reality scenarios.

Keywords: Offshore Crane. Modeling 3D. CAD 3D. OCOTS Simulator.

I. INTRODUÇÃO

O petróleo é um composto de combinação complexa, basicamente por hidrocarbonetos, podendo conter pequenas quantidades de nitrogênio (na forma de aminas), oxigênio, compostos de enxofre e íons metálicos em pequenas quantidades (considerados como resíduos). É um recurso natural com origem pelo acúmulo de material orgânico sob pressão e confinado em camadas de subsolo de bacias sedimentares, nas quais sofreu mutações ao longo de milhares de anos. O composto é uma das matérias-primas mais importante da civilização moderna, sendo utilizado como fonte de energia, principalmente nos Motores de Combustão Interna (MCI) por Ignição por Centelha (ICE), a gasolina e por Ignição por Compressão (ICO), a Diesel, largamente empregados em veículos. Derivados de petróleo são transformados em plásticos, borracha sintética, tintas, corantes, adesivos, solventes, detergentes, explosivos, cosméticos e produtos farmacêuticos, entre outros.

No final da década de 1960, foram descobertas reservas petrolíferas no Brasil, localizadas em alto mar, diferentemente de outros países, como os Estados Unidos, que na época desenvolveram a tecnologia para extração do petróleo, quase que totalmente em bacias territoriais, a chamada tecnologia *onshore* (NETO; COSTA, 2007).

Para o sucesso da extração do petróleo em alto mar foram desenvolvidas plataformas *offshore*, denominadas Unidades Estacionárias de Produção (UEP) com infraestrutura para extração e separação de gás, óleo e água, além de algumas possibilitarem a armazenagem e descarga destes compostos. Para realização destas atividades a plataforma possui vários componentes, tais como trocadores de calor, compressores, bombas, turbinas entre vários outros equipamentos, formando a tecnologia *offshore*.

Para suprir as demandas das UEP um equipamento é fundamental, o guindaste *offshore*, responsável pela conexão entre o mundo externo (navios de suprimento) e a plataforma *offshore*, no que tange ao abastecimento de suprimentos. É projetado para operações de movimentação de todo alimento necessário ao pessoal embarcado, além do ferramental e material de uso diário de médio e grande.

Para movimentação de seres humanos são utilizados preferencialmente os helicópteros, entretanto o "transbordo" com o guindaste também é utilizado, porém com menor frequência pessoas podem ser movimentas dos navios posicionados em torno, para a UEP e vice-versa.

A movimentação da maioria dos guindastes *offshore* utiliza um comando elementar para cada atuador, ou seja, a operação ocorre junta a junta (SANFILIPPO; HATLEDAL-STYVE *et al*, 2016). Assim sendo estes equipamentos são fortemente dependentes de atitudes, reflexos e experiência do operador do guindaste. Este profissional nomeado de guindasteiro, que da cabine de controle via um par de *joysticks*, comanda o içamento e a movimentação da carga a uma distância relativamente grande. Como cada posição elementar dos *joysticks* está associada ao movimento de um atuador de junta do equipamento, o movimento ocorre junta

ISSN 1809-3957

por junta, tornando esta atividade complexa e dependente da destreza do operador para combinar o efeito de cada junta e resultar no posicionamento desejado da carga Esta complexidade é agravada pois existem, simultaneamente: movimentos relativos naturais, tais condições do mar e efeitos do vento, além da grande distância entre a extremidade do guindaste e a cabine onde se encontra o operador. Assim sendo, a operação de guindastes *offshore* é atividade considerada perigosa e complexa, que demanda profissionais habilitados e experientes, que devem seguir criteriosamente os procedimentos de segurança estabelecidos, além de exigir concentração elevada ao longo do turno de trabalho, para diminuir riscos de acidentes.

Diante da alta dependência da habilidade do operador de guindastes *offshore*, é natural que a probabilidade de erros na operação do equipamento aumente em função do cansaço ao longo do turno de trabalho a bordo, que é de 12 horas por dia e 14 dias consecutivos embarcado na plataforma. (ALVAREZ; FIGUEIREDO; ROTENBERG, 2010).

O acidente com guindastes *offshore* é prejudicial ao funcionamento pleno da UEP, pois tem potencial de impacto no processo de extração do petróleo, podendo até representar aumento de custos e perda de produtividade.

Diante deste cenário, surge a motivação para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em simuladores de operação de guindastes *offshore*, de modo a serem utilizados nas fases iniciais de treinamento dos guindasteiros, visando ambientar os iniciantes, ao comando junta a junta do equipamento, permitindo que possam perceber a resposta da atuação empregada, pela visualização do movimento de um guindaste modelado valendo-se de ambientes de Realidade Virtual (VR – *Virtual Reality*).

Outra vantagem do uso de simuladores é possibilitar que o operador em treinamento somente passe à fase seguinte de treinamento no guindaste real, após estar totalmente ambientado com os comandos através de horas em simulador, e ter alcançado desempenho comprovado em avaliações planejadas objetivando a segurança e preservando o equipamento; além de possibilitar atividades periódicas de reciclagem de treinamento, para padronização e acompanhamento de desempenho dos guindasteiros.

Este artigo apresenta os resultados da fase atual de PD&I do simulador de guindaste *offshore* denominado OCOTS - *Computer-Aided Offshore Crane Operator Training System*, e apresenta os resultados da fase de modelagem 3D em CAD (*Computer-Aided Design*) utilizando as versões acadêmicas dos softwares *SolidWorks* e 3DS Max, a serem utilizados pelo OCOTS, que está sendo implementado utilizando a versão acadêmica da IDE Delphi RAD Studio 10.1 Berlin, com a biblioteca gráfica GLScene.

A estrutura deste artigo inicia na seção 2, com uma apresentação dos principais tipos de guindastes *offshore*, onde detalha o seu macro funcionamento e as suas topologias. A seção 3 apresenta alguns simuladores disponíveis comercialmente, além do panorama do desenvolvimento desta tecnologia no Brasil. A metodologia para o desenvolvimento do OCOTS e a oportunidade de PD&I são ilustrados na seção 4, e os resultados obtidos são apresentados na seção 5. Finalmente uma conclusão e as linhas de ação para os trabalhos futuros encontram-se na seção 6.

II. GUINDASTE *OFFSHORE*

As principais topologias utilizadas para os guindastes *offshore* são: o treliçado e o articulado. Para explicar a estrutura do guindaste treliçado é utilizado o exemplo do guindaste BOS 2600 da empresa alemã LIEBHERR, apresentado na Figura 1, que é composto de três corpos interligados por juntas, com um grau de liberdade DOF (*Degree Of Freedon*), de rotação em torno de um eixo, sendo o primeiro elo a sua base ou pedestal (1), fixada na plataforma; seguido do segundo "corpo" (2), que incluí a casa de máquinas, a cabine do operador e o *king-post*. O terceiro elo (3) é a lança treliçada. Finalmente através de um conjunto de roldanas e cabos, chega-se ao gancho(ferramenta).

Figura 1– Guindaste treliçado BOS 2600 da *Liebherr*

Fonte: Liebherr, 2017.

Já o guindaste articulado, pode ser explicado valendo-se do exemplo do equipamento fabricado pela empresa Norueguesa NOV (*National Oilwell Varco*) que pode ser visualizado na Figura 2. É composto por uma cadeia cinemática serial aberta com quatro elos ou corpos interligados por juntas elementares de revolução (1 DOF). O primeiro corpo (1) é o pedestal; seguido do corpo (2) que inclui a casa de máquinas e a cabine do operador. O terceiro corpo (3) é a lança principal, e finalmente o corpo (4) é a lança articulada, que é ligada ao gancho por cabos e polias.

Figura 2 – Guindaste articulado da NOV

Fonte: NOV, 2017.

Os guindastes *offshore*, em geral, utilizam atuadores eletro-hidráulico ou diesel-hidráulico, o que confere capacidade de içar cargas de maior magnitude, que demanda sinergia entre os sistemas mecânico, hidráulico, elétrico e de controle. O sistema mecânico contempla a estrutura física e os sistemas de içamento, de lança e giro. Já o sistema hidráulico contempla o conjunto de cilindros, bombas, motores e válvulas hidráulicas. O sistema elétrico contempla os motores elétricos, o anel coletor que interliga a parte fixa com a giratória, os refletores, entre outros. Finalmente o

ISSN 1809-3957

sistema de controle contém o CLP (Controlador Lógico Programável) que coleta e processa os sinais dos sensores, ativa alarmes, recebe comando do *joystick* e fornece sinal para os atuadores.

A interface entre o guindaste articulado e o operador para os principais movimentos é realizado via *joysticks*,

O guindaste articulado é comandado pelo operador que atua em dois *joysticks*, que fazendo um paralelo à robótica, seria o TP (*Teach Pendant*) para a programação *on-line*. O da direita possui dois graus de liberdade, um para o guincho pagando e recolhendo cabo e o outro, abrindo e fechando, a lança articulada. Já o *joystick* da esquerda, também com dois graus de liberdade, sendo o primeiro atua na lança principal subindo e descendo e o segundo aciona o giro para direita e esquerda, conforme esquematizado na Figura 3.

Figura 3: Esquema da vista superior dos *joysticks*

Fonte: Autoria Própria

Existe ainda uma tela *touch screen*, geralmente, do lado esquerdo do operador, onde são apresentadas informações tais como: o peso içado; o ângulo da lança principal; o ângulo da lança articulada ou o raio de trabalho; a temperatura do óleo hidráulico; a altura de onda do mar; o comprimento de cabo de aço; e o ângulo de giro.

III. SIMULADORES COMERCIAIS

Diante da complexidade e da importância do equipamento para o funcionamento pleno da UEP, muitas empresas estão desenvolvendo soluções na área, sendo uma delas a PD&I em tecnologia para simuladores de guindaste *offshore*. É possível citar como exemplo, a parceria firmada entre a empresa ONIRIA e a PETROBRAS no desenvolvimento do simulador de operação de guindaste SIGNOS em 2009, patente número PI0914277-0A2, que objetiva treinar o operador inexperiente em guindaste *offshore* eliminando possibilidade de risco inerente a uma condição operacional perigosa reproduzindo cenários em VR. O simulador desenvolvido permite a integração de três estações de trabalho, ou seja: do operador em treinamento; do auxiliar de movimentação de carga; e do instrutor. No seu desenvolvimento físico foram implementados atuadores lineares sob o assento do operador para prover sensação háptica, representando a oscilação causada pelas ondas do mar (PUPPIM, ARPELAU, CRUZ, 2009).

Outro desenvolvimento nacional, ocorreu em 2010, pela empresa VIRTUALLY, até então localizada na incubadora de empresas da COPPE/UFRJ, resultando em um Centro de Simulação de Guindastes Portuário e *Offshore*, queutiliza projeção em um ambiente de imersão de VR tipo CAVE (*CAVE Automatic Virtual Environment*) e simula situações reais como carga e descarga de navios, condições adversas de clima, entre outros.

Em 2015 a empresa INCATEP desenvolveu simulador de guindaste *offshore*, com parceria de uma empresa indiana e da Universidade de Valência.

Pesquisas acadêmicas também estão auxiliando o desenvolvimento destes simuladores no Brasil, pode ser citado o projeto de pesquisa em andamento desde 2012, na Universidade de São Paulo financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, e segundo Carvalho (2017), coordenador do projeto, o simulador em 3D deverá funcionar utilizando tecnologia de VR, com a presença de um *cockpit* físico para permitir que o usuário possa ter um grau alto de interatividade, imersão e envolvimento no contexto do treinamento.

Em nível mundial, a Noruega ganha destaque no desenvolvimento de simuladores *offshore*, pelo projeto OSC (*Offshore Simulator Centre*), sendo um centro avançado de simulação de demandas *offshore* (OSC-2017) . Durante o treinamento é possível a mudança do tipo de plataforma, alterar as condições climáticas, ventos, ondas e período do dia em que ocorre a simulação (SANFILIPPO *et al*, 2016).

A motivação para PD&I nesta área no Laboratório de Robótica Industrial e de Defesa (IDR Lab) do IME é apropriar o conhecimento de resolução cinemática de robôs seriais usando a Teoria dos Helicoides aos guindastes. O modelo do cenário de movimentação e içamento de carga, atualmente feito no espaço das juntas pode ser avaliado por simulação voltada à previsão, investigação e comparação, de modo a indicadores de efetividade do efeito da mudança em potencial do comando pelo guindasteiro para o espaço operacional.

IV. METODOLOGIA DE PD&I DO OCOTS

Como argumentado, o processo de içamento de cargas usando guindaste *offshore* traz consigo complexidade e riscos associados, e ainda é bastante dependente da habilidade do operador. Estas condições vão ao encontro das Leis da Aplicabilidade dos Robôs (NOF, 1999), ao estabelecer que os robôs devem substituir os seres humanos em atividades perigosas, insalubres e onde são mais produtivos e econômicos. Em uma primeira análise, o processo de içamento de cargas em foco se enquadra nestas condições. Todavia existem agravantes relacionados à elevada magnitude de cargas a serem içadas, e principalmente pela tarefa ocorrer em ambiente não estruturado e dinâmico, função de movimentos relativos aleatórios entre carga e guindaste, devido a condições do mar. Assim sendo a substituição e a complexidade associada à programação dos robôs na automatização desta atividade poderiam inviabilizar totalmente a ideia de usar robôs. Toda dificuldade traz consigo oportunidades de PD&I e quando solucionada, implica em auferir vantagens estratégicas pelo aumento da robustez e da segurança da operação.

Dentre as oportunidades de melhoria passíveis de PD&I está a possibilidade de automatização do guindaste, a começar pela resolução cinemática da cadeia cinemática associada, inspirando-se em robôs seriais usando a Teoria dos Helicoides. A movimentação atual, junta a junta, feita por meio de um par de *joystick* na cabine de comando poderia ser realizada considerando o espaço operacional, trazendo benefícios análogos ao obtido na fase de programação *on-line* para o posicionamento da garra em operações de *pick-and-place* (SANTOS, MACEDO, et al, 2017).

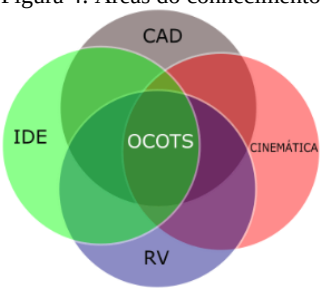
Para o processo de içamento em foco, a efetividade da mudança do espaço das juntas para o operacional, demanda algumas etapas de implementação, tais como: a modelagem em CAD 3D de cada elo do guindaste; a modelagem da cadeia cinemática; a implementação computacional da

ISSN 1809-3957

resolução cinemática; validação e testes; e finalmente a avaliação por simulação por comparação da efetividade da operação com comando nos dois espaços. Para aumentar a imersão é importante utilizar cenários de VR integrados a uma IHM (Interface Homem-Máquina) amigável, de simples utilização e robusta, tendo e vista que a medida da efetividade da mudança do espaço das juntas para o operacional, requer levantamento de indicadores como evidência objetiva da viabilidade técnica e econômica de investimento em potencial de um projeto de "guindaste robotizado.

Assim sendo, foram definidas quatro etapas principais necessárias ao desenvolvimento do simulador de guindaste, que requer integração sinérgica para o desenvolvimento do OCOTS, como podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4: Áreas do conhecimento



Fonte: Autoria Própria

A primeira etapa consiste na modelagem em CAD 3D dos corpos que compõem os guindastes, a montagem da cadeia cinemática e a modelagem de uma UEP, cujo resultado é apresentado neste artigo.

A segunda etapa é a modelagem da cinemática direta para permitir a simulação da operação no espaço das juntas, que é a forma de comando usada pelos guindastes atualmente, valendo-se do Método dos Deslocamentos dos Helicoides Sucessivos. Para a resolução da cinemática inversa e possibilitar a simulação no espaço operacional, são necessários usar também o Jacobiano baseado em helicoides. Para simular o movimento relativo do navio sob ação do mar, bem como da plataforma, são utilizados o conceito de cadeias cinemáticas virtuais de posicionamento.

A terceira etapa é integrar os modelos tridimensionais ao comportamento cinemático, pela implementação computacional centralizada, utilizando a versão acadêmica da IDE (*Integrated Development Environment*) RAD Studio Berlin, integrada com a biblioteca gráfica GLScene, que permite a implementação da quarta etapa, a imersão em VR, para tornar o simulador mais próximo da realidade *offshore*.

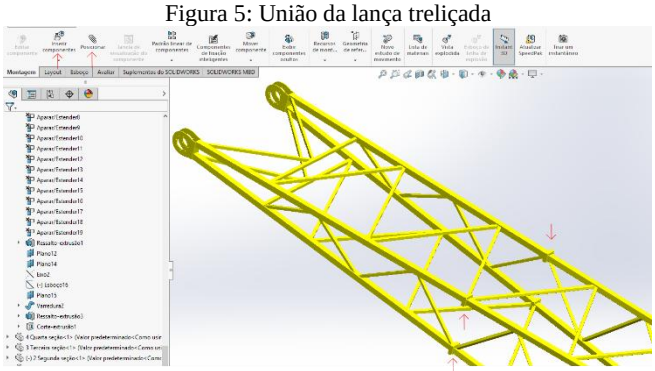
V. RESULTADOS

Com o advento dos computadores, a utilização de sistemas CAD em engenharia, arquitetura e outras áreas de design, vem ganhando cada vez mais relevância. Um exemplo é a utilização dos modelos 3D em pesquisas de mercado, aferindo a aceitabilidade de um produto, sem a necessidade de produzir protótipo físico, reduzindo custos (PEIXOTO, 2016).

Voltando para a realidade *offshore*, este artigo aborda o desenvolvimento da primeira etapa do OCOTS, a modelagem em CAD 3D dos elos principais dos guindastes articulado e treliçado e de uma UEP, que possibilita a montagem das cadeias cinemáticas seriais abertas, utilizando a versão acadêmica do *SolidWorks*.

O desenvolvimento da lança do guindaste treliçado foi dividido em seis peças, correspondendo a cada seção de lança. Utilizou a ferramenta de Esboço 3D para as localizações das cordas e contraventamentos da lança no espaço. Para criação da seção transversal foi utilizada a ferramenta *Componente Estrutural* localizada na aba *soldagens* do *SolidWorks*. A seção transversal utilizada foi *padrão ISO*, do *tipo tubo quadrado*. Após a criação das seis seções de lança, foi utilizado a ferramenta *inserir componentes*, localizado na aba *Montagem*, para inserção de todos os seis componentes. A partir das "talas" de cada seção foi utilizado a ferramenta *posicionar* para criar os vínculos entre os componentes, utilizando principalmente as restrições tipo *tangente* e *coincidente*. A Figura 5 ilustra a montagem da primeira seção com a segunda, onde as setas vermelhas indicam a união das talas.

Figura 5: União da lança treliçada

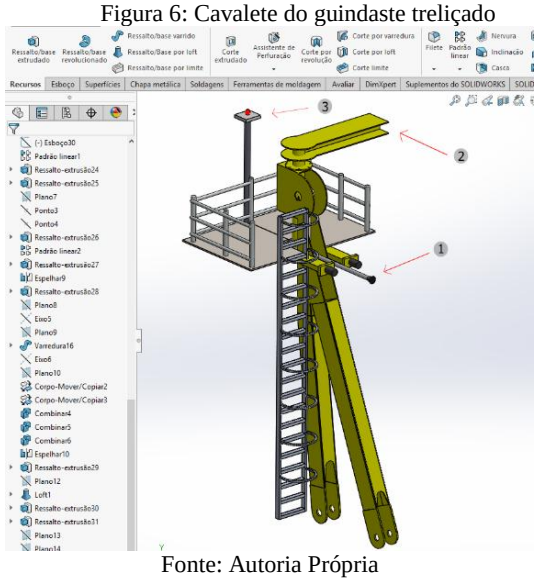


Fonte: Autoria Própria

A casa de máquinas do guindaste treliçado foi desenvolvido utilizando *Esboço2D* e as ferramentas para criação do sólido foram *ressalto/extrusão*, *ressalto/revolução*, *espelhamento* e *varredura*. Ainda foram modelados o trocador de calor com suas mangueiras; os ventiladores e exaustores localizados na parte superior.

O cavalete do guindaste treliçado pode ser visualizado na Figura 6, modelado a partir de *esboço*, com as ferramentas de *ressalto/extrudado*, *filete*, *corte extrudado*, *espelhamento*, *loft* e *combinar*. Para o desenvolvimento da escada e do seu guarda corpo o recurso *padrão linear* foi utilizado. Foram ainda modelados o cilindro hidráulico (1), o turco (2) para auxiliar nas manutenções do equipamento e a luz de aviação (3), equipamento para auxiliar a visibilidade do guindaste durante a noite.

Figura 6: Cavalete do guindaste treliçado



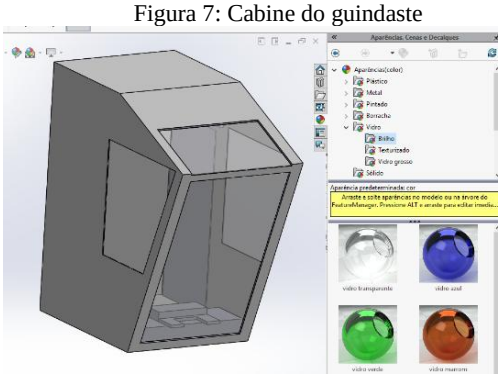
Fonte: Autoria Própria

ISSN 1809-3957

A Figura 7 apresenta a modelagem da cabine do guindaste treliçado, obtida a partir de *esboço2D* com *recursos*: *ressalto/extrusão*, *corte/extrusão* e *espelhamento*. Nos vidros foi utilizada aparência transparente.

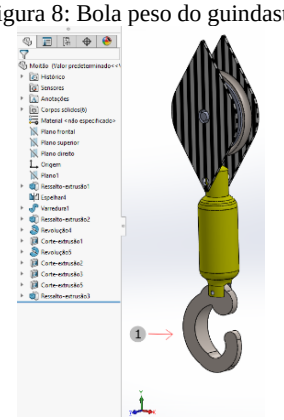
A modelagem da "*bola peso*" do guindaste treliçado, é apresentada na Figura 8, com destaque para o gancho (1).

Figura 7: Cabine do guindaste



Fonte: Autoria Própria

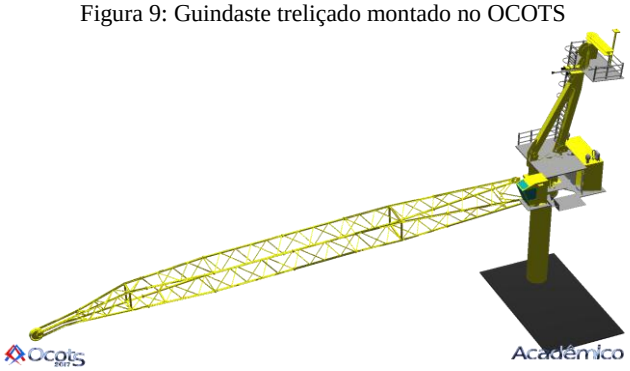
Figura 8: Bola peso do guindaste



Fonte: Autoria Própria

Para a montagem do guindaste treliçado foram usadas restrições para posicionamento do tipo: *coincidente, concêntrico e paralelo.* Os arquivos gerados pelo SolidWorks em STL, são importados para versão acadêmica do 3DS MAX e posteriormente exportados na extensão 3DS. O o resultado do modelo da montagem está ilustrado na Figura 9, já carregados no OCOTS, versão preliminar.

Figura 9: Guindaste treliçado montado no OCOTS

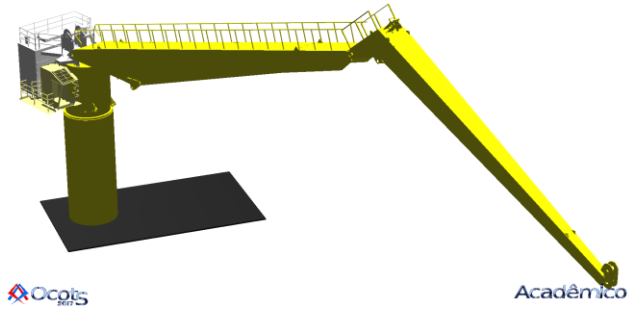


Fonte: Autoria própria

O resultado da modelagem 3D do guindaste articulado é apresentado na Figura 10, contendo a lança principal, a lança articulada, o pedestal, a casa de máquina, a cabine do operador e o guincho. Para trabalhos futuros serão incorporados ainda o cabo de aço, os cilindros hidráulicos que atuam no movimento das lanças e a "*bola peso"*.

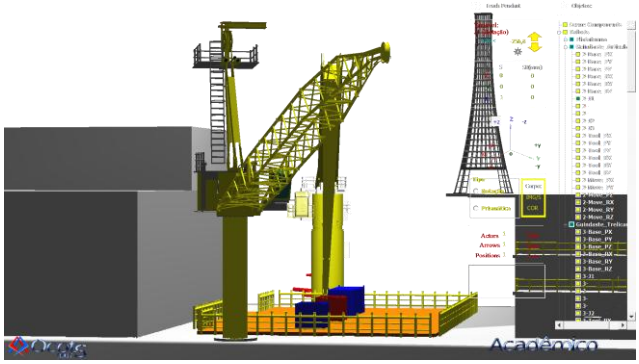
A Figura 11 apresenta o resultado da modelagem da UEP, incluindo o detalhamento dos obstáculos em potencial na área de trabalho do guindaste, durante a movimentação, além do *deck* de carga, onde fica a área de armazenamento dos contêineres. A Figura 11 (a) e (b) ilustra as vistas de bombordo e de boreste da UEP, respectivamente.

Figura 10: Guindaste articulado montado no OCOTS

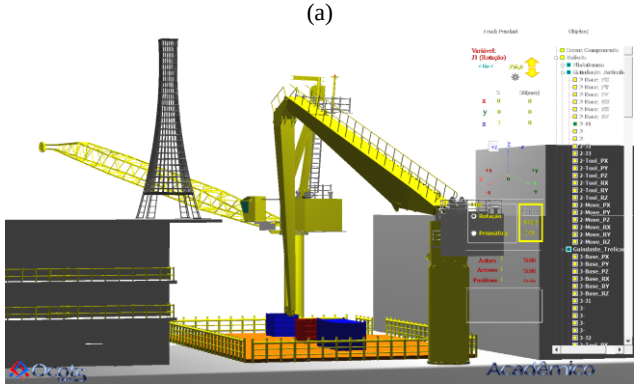


Fonte: Autoria Própria

Figura 11: Montagem dos guindastes na UEP no OCOTS



(a)



(b)

Fonte: Autoria Própria

O simulador está sendo implementado usando a versão acadêmica do Delphi, na IDE RAD Studio Berlin integrado com a biblioteca GLScene para os objetos 3D. O *GLScene* é baseado em *OpenGL*, permitindo descrever e renderizar objetos visuais e cenas 3D, dispensando conhecimento avançado de *OpenGL* (GLSCENE-2010).

A Figura 12 ilustra os primeiros cenários obtidos no ambiente de VR do OCOTS, incluindo a representação preliminar dos modelos de mar e de céu.

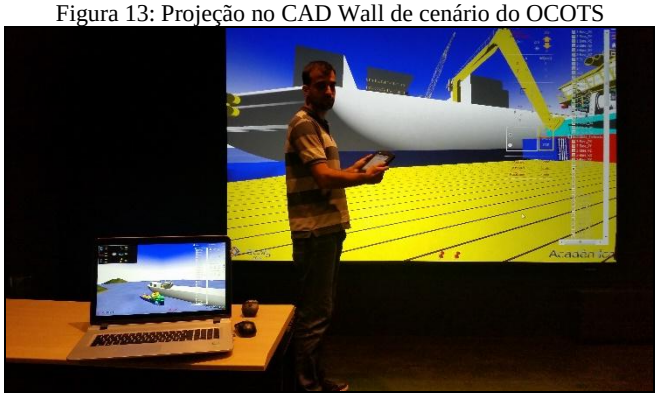
Figura 12: Visualização preliminar do cenário completo

Fonte: Autoria Própria

ISSN 1809-3957

A Figura 13 apresenta a projeção do cenário no CAD Wall instalado no IDR Lab do IME, com o ponto de vista no deck do barco de suprimento, onde o guindaste articulado encontra-se posicionado junto a área de contêineres.

Figura 13: Projeção no CAD Wall de cenário do OCOTS



Fonte: Autoria Própria

VI. CONCLUSÃO

Fazendo uma analogia ao corpo humano, o guindaste pode ser associado ao "braço" e a "mão" da plataforma. Caso este equipamento fique inoperante ou ocorra algum acidente, a continuidade operacional da UEP pode ficar impraticável a partir de um determinado tempo, podendo até representar aumento de custos e perda de produtividade.

O processo de içamento de cargas usando guindaste *offshore* traz consigo complexidade e riscos associados, e ainda é bastante dependente da habilidade do operador. Estas condições apontam para substituição do ser humano por robôs. Todavia, diante da elevada magnitude de cargas a serem içadas agravadas pelas condições diversas do mar, implicam em ambiente pouco estruturado, requer altos níveis de autonomia, o que dificulta a automatização plena do processo.

A transferência de conhecimentos de profissionais experientes a operadores iniciantes é um gargalo para renovação de mão-de-obra, que não favorece a manutenção de um quantitativo mínimo de profissionais para o mercado. Assim sendo ganha relevância o desenvolvimento de simuladores para treinamento de operadores de guindastes.

Foram apresentados os modelos 3D desenvolvidos das duas principais topologias do guindaste *offshore*, o articulado e treliçado, além da UEP, bem como os testes preliminares da montagem dos modelos no OCOTS, que encontra-se em fase simultânea de desenvolvimento.

Para trabalhos futuros, a modelagem cinemática por helicoides, o movimento do mar utilizando a função de JONSWAP, a modelagem dinâmica do cabo de aço, o desenvolvimento do IHM e a relação do movimento dos cilindros hidráulicos serão estudados. A continuidade do desenvolvimento integrado das etapas tornará o OCOTS mais próximo da realidade, permitindo análise por simulação e treinamento dos operadores.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, D., FIGUEIREDO, M., ROTENBERG, L. Aspectos de regime de embarque, turnos e gestão do trabalho em plataformas offshore da Bacia de Campos (RJ) e sua relação com a saúde e a segurança dos trabalhadores. **Rev. bras. saúde ocup**. vol.35 no.122 São Paulo July/Dec. 2010.

CARVALHO, Jonas. http://lattes.cnpq.br/6420672847994303 Acesso em 23 mar 2017.

DASSAULT, S. **Apostila de SolidWorks** 2014. Ed. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2014.

FATEB, **Apostila de Desenvolvendo Aplicações Orientadas a Objetos com Borland Delphi**. 2007. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Birigui. Disponível <http://www2.fateb.br/ftp/apostilas/Delphi/OO-Delphi.pdf> Acesso em 20 mar. 2017.

GLSCENE, Site da biblioteca 3D. http://glscene.sourceforge.net/wikka/ Acesso em 20 mar. 2017.

LIEBHERR. Figura 1. Disponível em: https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritimecranes/offshore-cranes/onboardoffshorecranes/details/bos2600.html. Acesso em 17 abril 2017.

NETO, José Benedito Ortiz.; COSTA, Armando João Dalla. A Petrobras e a exploração de Petróleo Offshore no Brasil: um *approach* evolucionário. **Revista Brasileira de Economia**. Vol.61, n.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2007. ISSN 1806-9134.

NOF, S. Y. **Handbook of Industrial Robotics**. 2nd. ed. John Wiley & Sons, 1999.

NOV. Figura 2. Disponível em: https://www.nov.com/Segments/Rig_Systems/Offshore/Lifting_and_Handling/Product_Catalogue/Cranes/Box_Boom_Cranes/Knuckle_Boom_Cranes.aspx Acesso em 17/04/2017.

Offshore Simulator Centre AS, Oct. 2014 [*online*]. Available: http://www.offsim.no/. Acesso em 2 de abril. 2017.

PEIXOTO, Pedro Siciliano; RIBEIRO, Luiz P.G., Metodologia para Modelagem em CAD 3D de Automóveis a partir de suas vistas ortogonais. **Revista Sodebras** [*online*]. v. 11, n.129, Jun./2016, p. 180-185. ISS N 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N129 .pdf>. Acesso em 17 Mar. 2017.

PUPIM, Carlos H. de Jesus; ARPELAU, Patrick Lira; CRUZ, Ronaldo Gonçalves, inventores; PETROBRAS, cessionário. **Simulador de operação de guindastes**. Brasil patente PI 0914277-0 A2. 11 dez. 2009.

SANFILIPPO, Filippo; HATLEDAL, Lars Ivar; STYVE, Arne; PETTERSEN, Kristin Ytterstad; ZHANG, Houxiang. Integrated Flexible Maritime Crane Architecture for the Offshore Simulation Centre AS (OSC): A flexible Framework for Alternative Maritime Crane Controle Algorithms. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**. VOL.41, No. 2, April-2016.

SANTOS, Rafael Rosenberg; MACEDO, F. A. de Azevedo, SANTOS, F. L. Marinho; RIBEIRO, L. P. Gomes. **Revista Sodebras** [*online*]. v.12, n.135, Mar./2017, p. 185-190. ISS N 1809-3957. Disponível em: http://www.sodebras.com.br/edicoes/N135.pdf. Acesso em 24 Abr. 2017.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de Junho de 2017 – Fortaleza – CE.

A LITERATURE REVIEW OF THERMAL DEGRADATION KINETICS: CAROTENOIDS IN MACAUBA EDIBLE OIL

PEDRO PRATES VALÉRIO[1]; ÉRIKA CRISTINA CREN[1]

1 – CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT, FEDERAL UNIVERSITY OF MINAS GERAIS – UFMG, BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS, BRAZIL

pedroprates@ufmg.br; erika.cren@gmail.com

Abstract – Recently, the food and chemical industries have been responsible for most of the growing demand for vegetable oils. From the perspective of extractive practices in tropical countries, macauba palm tree enjoys a wide dispersion in Brazil. The industrial interest in macauba has also involved the whole use of its fruit. Considering the interest of consumers and industries in exploring nutraceutical food sources, it is highlighted that the macauba pulp oil contains high amounts of carotenoids. It is reasonable to stand out that the highly unsaturated structures of carotenoid may lead to their functional properties at the same time that creates challenges about its stability during thermal processing. Kinetic models describing carotenoid changes as a function of process parameters are valuable tools for processing optimisation. Thus, kinetic experiments related to macauba oils are recommended to gain further insight into the productive chain.

Keywords: macauba, thermal processing, kinetics

I. INTRODUCTION

Macauba – *Acrocomia aculeata* – is considered a palm tree with greater dispersion in Brazil. Along the last few years, the food industry has been responsible for most of the growing demand for vegetable oils in the world. In this context, the interest in macauba as a food product has been embraced by factors such as the nutritional quality of the edible oils extracted from its edible parts. The pulp and kernel together correspond to approximately 47% (on dry basis) of the total fruit weight. Notably, the pulp contributes to around 60% (on dry basis) of the total edible oil content, with a predominance of oleic ω-9 (53%) and linoleic ω-6 (18%) acids. The kernel oil is predominantly saturated with around 40% of lauric acid (PIMENTA et al., 2012, CETEC, 1983).

Fruiting of macauba occurs throughout the year and shows great maturity stage between the months of October and March. In a hectare of Brazilian native land, up to 200 palm trees can be found representing a production close to 25 tonnes of fruit/year, which is notable among other vegetables grown in the country's soil (CAÑO ANDRADE et al.; 2006). FARIAS (2010) points out that the macauba fruit and its derivatives have the quality determined by the association of various attributes, combining physiological factors (*i.e.* level of development and maturity) with physicochemical factors.

Regarding minority compounds, crude macauba oils tend to contain around 5% of non-glyceridic materials. These materials are formed by different quantities of phospholipids, free and esterified sterols, squalenes, phenols, liposoluble vitamins, free fat acids, mono and diglycerides, oxidation products, metals traces, carotenoids, tocols, chlorophyll and other colouring compounds (O'BRIEN, 1998).

Carotenoids and tocopherols are components that stand out among other minority ones due to their antioxidant action and preservation properties. The nutraceutical potential of these both components worth to be mentioned as it highlights the edible oils extracted from macauba as potentially beneficial foods for human health. Especially to the oil extracted from the pulp of the macauba fruit, its colour ranges from yellow to red. This colour is inherently attributed to the presence of carotenoids which concentration can be higher than 300 mg/kg^{-1}. It is important to note that the colour for the kernel oils ranges from white to translucent yellow due to the content of tocols, chlorophyll and also to small amounts of carotenoids (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; COIMBRA, 2010; PIMENTA et al., 2012).

Studies on the global food market have indicated new trends and requirements for human feeding by grouping them into five categories: Healthiness and Welfare; Sustainability and Ethics; Pleasure and Sensoriality; Convenience and Practicality; Quality and Reliability. The Brazilian food industry has already indicated the understanding of these new trends and the vegetable oil market has been adapted to consider diversification and value addition for its early production (BARBOSA et al., 2010). It is noticeable that the oils extracted from macauba fruit adhere to the context of health benefits as a feedstock for the production of functional food with special appeals (PIMENTA et al., 2012, CETEC, 1983; PRATES-VALÉRIO et al., 2014).

It is reasonable to stand out that the highly unsaturated structures of carotenoid may lead to their functional properties at the same time that creates challenges about its stability along thermal processings. The compounds are expected to undergo two changes as a result of exposure to high temperature, light, and pro-oxidant compounds: degradation and isomerization (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; SAMPAIO et al., 2013). Degradation should be naturally prevented to maintain biological activity. In this sense, quantitative kinetic models describing carotenoid changes as a function of process parameters are valuable tools for process optimisation of vegetable oils including macauba. Carotenoids conversion kinetics is strongly dependent on the food system and compound type. Thus, accurate knowledge on thermal degradation kinetic is

ISSN 1809-3957

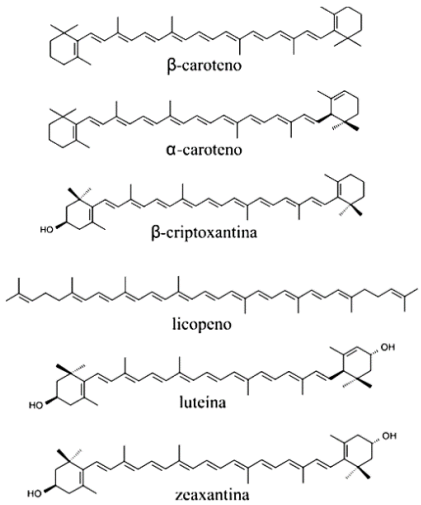
determinant to quantitatively predict specific changes that occur especially in macauba pulp oil (COLLE et al., 2013; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; SAMPAIO et al., 2013).

II. THE REVIEW

2.1 – Carotenoids

Accordingly to LEWINSOHN et al. (2005), carotenoids are among the most important pigments in fruits. These tetraterpenes (C40) synthesised by plants are secondary metabolites, essential for photosynthesis and to prevent photo-oxidation induced by light intensities. These functions are a consequence of the light-absorbing properties of their polyene chromophore. Carotenoids consist of two classes of molecules: carotenes (hydrocarbons); xanthophylls (contains at least one oxygen function). The β-carotene, which belongs to the first class, is the most widespread in foods. The following Figure 1 shows the chemical structures for some of the mentioned carotenoids that, together with β-carotene, are relevant for human health and feeding.

Figure 1 – Carotenoids with relevance to human health



Source: Rodriguez-Amaya & Kimura, 2008.

Drawing attention to β-carotene, along with α-carotene and β-cryptoxanthin, it is a vitamin A precursor due to its perfect structure of vitamin A dimers. Potentially providing 100% activity, the compound has been highlighted as an important source of vitamin A in developing countries. Indeed, its structure is stoichiometrically equivalent to two molecules of retinol. The molecule can also act as an effective antioxidant because of its highly delocalised electrons which can stabilise intermediates such as carbocations or radicals by resonance reactive. This particular carotenoid can thus protect cellular tissues by quenching singlet oxygen and scavenging active free radicals that are involved in potentially lethal processes, such as lipid peroxidation. (PÉNICAUD et al. 2010).

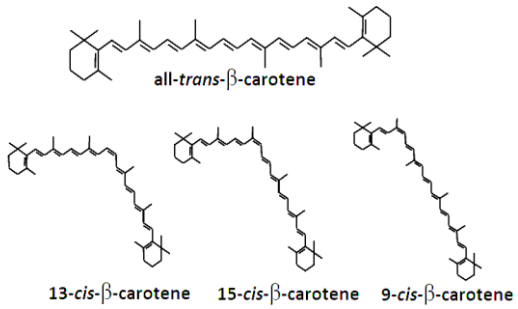
The highly unsaturated structure of β-carotene includes a significant number of double bonds and makes it considerably sensitive to degradation. The β-carotene chemical formula is $C_{40}H_{56}$. It is composed of eight isoprene units (C_5) with specific end groups or two β-ionone rings. The compound is lipophilic, insoluble in water and soluble in organic solvents (*i.e.* petroleum ether, hexane). The β-carotene physical, chemical and biological properties are mainly derived from the mentioned long sequence of conjugated double bonds. Firstly, the single and double bond alternation causes the delocalization of the π electrons and makes the absorption of light possible within the range of the visible spectrum. β-carotene absorbs blue and purple light with a maximal at 450 nm and therefore has an intense red-orange colour (RODRIGUEZ-AMAYA, et al., 2008).

2.2 – Degradation Reactions

In general, carotenoids naturally exist as all-*trans* form. However, as previously discussed, isomerization of all-*trans*-carotene to *cis* forms is one of the major reactions of carotenoids degradation. Therefore, considering that *trans*-β-carotene concentration increases during fruit ripening – including macauba – its level stagnates or tends decrease at post-harvest. Even so, the critical step for the component loss remains related to oil processing as a result of exposure to high temperature, light or pro-oxidant molecules. Indeed, the elevation of temperature during thermal treatment dramatically increases the degradation reactions rates as it varies as a function of temperature (DELLAMONICA & MCDOWELL, 1965; ACHIR et al., 2010; SAMPAIO et al., 2013).

The main degradation products identified after carotenoids and food processing are isomers, oxidation and cleavage products. Current thinking is that the whole process firstly involves isomerization of the all-*trans* to the *cis*-isomer, followed by the formation of a di-radical. The reactions may also occur simultaneously and reversibly. The following Figure 2 illustrates the chemical structures for the most common isomers involved in thermal degradation of carotenoids in vegetable oils systems (ZECHMEISTER, 1962; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Figure 2 – Isomers: thermal degradation of vegetable oils



Source: Rodriguez-Amaya et al., 2008.

Cis isomers may present residual vitamin A potentials (about two-fold less when compared to *trans isomers*), coloration power and lower antioxidant properties. From the beginning of heating processes 13-*cis*- and 9-*cis*-β-carotene are commonly detected. As well as *trans*-β-carotene, 13-*cis*-β-carotene and 9-*cis*-β-carotene are usually involved in degradation reactions. Thus, it potentially justifies the relevance of monitoring these isomers formation and degradation (ACHIR et al., 2010; ZECHMEISTER, 1962).

2.3 – Carotene Determinations

Along the last few years, the scientific community has invested continuous efforts regarding the correct determination of reliable data related to carotenoids in food. In what it refers to analytical procedures, the uncertainty of

ISSN 1809-3957

those that can be used interchangeably for all foods is explained in the complexity of the task itself. Carotenoids are widespread in nature, with different chemical structures and different pro-vitamin potential. Also, concentrations are too varied and happen for different matrices (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Analytical methods for the determination of carotenoids in complexes matrices are purposed in numerous studies and usually include advanced techniques. In particular for food, trends in the analysis of the mentioned compounds not only reflect the advances in analytical instrumentation but incorporate new knowledge about the role of these compounds in human health. It is well known, however, that advanced techniques are costly. Thus, many analytical procedures have been continually developed with the purpose of establishing simple, rapid and inexpensive procedures for determining carotenoids and pro-vitamins A in foodstuff (TEIXEIRA-GODOY, 1993).

The first methods for determining these pro-vitamin A in food and co-products were based on open column chromatography (OCC) technique. The latest methods are based on High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) as well as on related practical techniques: Ultra Performance Liquid Chromatography, Mass Spectrometry, among others (TEIXEIRA-GODOY, 1993).

Under the chemical aspect, it is important to mention that the saponification is a procedure to be included before chromatography which has been applied to remove unwanted lipids and chlorophylls, eventually hydrolyzing carotenoids esters. This operation, however, is included only when necessary as it extends the time of analysis and can promote the formation of artefacts and degradation of carotenoids (TEIXEIRA-GODOY, 1993).

Because carotenoids absorb maximally at different wavelengths and have different absorption coefficients, some results obtained from normalisation (area percentages) can only be taken as approximate relative proportions. For food science and nutrition purposes, however, these results are useful if presented regarding concentration, that is, the weight of the pro-vitamin per unit weight of the sample. It can thus be done in HPLC using internal or external calibration curves, for which the concentrations of the standards are also determined spectrophotometrically. It is emphasised that analytical methods for the determination of total carotene content may be suitable to the nature of each sample. This suitability is one of the main requirements for obtaining reliable data on carotenoids. In this context, among other minimum criteria, particularly related to spectrophotometric identifications of carotenoids, there is a need to correctly set the absorption spectrum in the adequate UV-VIS region of the compound to be determined (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; DAVIES; 1976).

The value of vitamin A in food can be determined based on what is called "β-carotene fraction" or "total carotene". The method is recommended by the AOAC (DEUTSCH, 1990). Nevertheless, the mentioned method is appropriate only when β-carotene is both the most widely distributed carotenoid and the most active pro-vitamin A in the analysed food and co-products – as it occurs for macaúba oils. Thus, for food in which the fraction of β-carotene becomes smaller compared to that of other active carotenoids, the result can be overestimated. On the other hand, if active carotenoids are not included in this fraction, the result can be underestimated – i.e. papaya, cashew and pumpkin (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989; GODOY & RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

2.4 – Degradation Kinetics

Along with products identification, kinetic data on thermal degradation are necessary to predict carotene loss during processing. In this sense, kinetic evaluation is required to derive necessary kinetic information for a system to describe the reaction rate as a function of experimental variables as well as to predict changes in a particular food system during processing. In general, most of the studies in real food report a first order reaction (ZAO, 2011; DONG-SUN & HYUN-KU, 1989; HENRY et al., 1998; AHMED, SHIVARE & SANDHU, 2002) on the concentration of *trans*-β-carotene in different systems at different temperatures. Although zero-order equations have also been verified, the use of a first-order kinetic is realistic in most cases (PÉNICAUD et al. 2010).

Some studies tested superior reaction orders by linearization methods or non-linear regression and found a better fit of experimental data with orders superior to one for *trans*-β-carotene degradation in non-polar solvents. The superior orders may be explained by the competition with isomerization reactions which are of importance in vegetable oils. The majority of the kinetic models used to describe *trans*-β-carotene degradation are single response kinetic models. However, as the compound is supposed to degrade in various products, the real reaction scheme is complex and of high dynamics (PÉNICAUD et al. 2010; SAMPAIO et al., 2013; ACHIR, et al., 2010; CRANDALL, KESTERSON & DENNIS, 1983).

Regarding the estimation of kinetic parameters for *trans*-β-carotene degradation, the rate constants k (s^{-1}) tends to vary ranging from 0.00018 (120° C) to 0.0015 (180° C). The apparent activation energy Ea (kJ.mol-1) tends to range from 80 to 110 (DHUIQUE-MAYER et al., 1997; HENRY, CATIGNANI & SCHWARTZ, 1998; SAMPAIO et al., 2013; ACHIR, et al., 2010; CRANDALL, KESTERSON & DENNIS, 1983). The rate constants (k) are assumed to vary according to the Arrhenius law as the temperature dependence is often given by the related equation 1.

$$k = k_0 * \exp(-E_a/RT) \quad (1)$$

Where,
k = Specific Rate Constant
k_0 = Pre-Exponential Factor
E_a = Activation Energy (J mol^{-1})
R = Gas Constant (8.314 J.mol^{-1} K^{-1})
T = Absolute Temperature (K)

Predominantly, experimental data are mainly presented in functions of C and C_0 at different heating time intervals t, where C is the carotenoid concentration (mg/kg of oil) at each time t and C_0 is the amount of carotenoid when the trial reaches the desired temperature (isothermal temperature). The following differential equation (2) is general and largely applied for carotenoid changes (SAMPAIO et al., 2013).

$$dC/dt = -k*C\text{^}n \quad (2)$$

The presented equation (2) conveys that the degradation rate dC/dt is proportional to the n^{th} power of carotenoids concentration (C in mg/kg of oil) at any time t, while n is the

ISSN 1809-3957

order of the reaction and *k* (1/time) is the reaction constant (SAMPAIO et al., 2013).

In a research carried on by ACHIR et al. (2010) a kinetic approach of *trans*-β-carotene is presented in enriched vegetable oils. The study highlights different thermal sensitivities depending on carotenoids type and shows the influence of the original oil quality and composition on carotenoid degradation. The authors affirm that low peroxide value and high tocol content can limit carotenoid oxidation. In conclusion, it is recommended to work at low temperature for a long time instead of a high-temperature-short-time treatment.

COLLE et al., (2013) compare the thermal degradation and isomerization of β-carotene and lycopene in different food systems. To study the degradation reaction, a single response modelling approach was used, while multi-response modelling was applied to describe isomerization reactions and products: 13-*cis*-β-carotene, 9-*cis*-β-carotene and 15-*cis*-β-carotene. In conclusion, the study clearly shows that carotenoids conversion kinetics are strongly dependent on the carotenoid type as well as on the food system. It is affirmed that process optimisation demands specific kinetic data.

ZEPKA et al. (2009) proposed a multi-response model to represent carotenoid degradation in cashew apple juice. Considering simultaneous apparition and disappearance of intermediary products, the mechanism involves parallel irreversible and reversible reactions of *trans*-β-carotene to yield mono-*cis*-isomers. Therefore, as a result of the products global monitoring, the authors determined different constant rates, discriminating two pathways and evaluating the effect of temperature supply on carotenoid degradation.

III. CONSIDERATIONS

Over the last decades, the vitamin A deficiency has been recognised as a major public health problem in developing countries. In this context, the interest in macauba (*Acrocomia aculeata*) as a food product is embraced by the nutritional quality of its edible oils. Carotenoids give to crude macauba pulp oil the distinctive orange-red colour. Therefore, together with tocopherols, the mentioned tetraterpenoids contribute to the stability and nutraceutical value of this edible oil. Recently, industries have shown a growing interest in exploring the potential of several functional raw materials. Under the referred circumstances, it shall be noted that the nutritional quality of macauba oils becomes strongly dependent on processing steps. Isomerization and Oxidation are the two most important reactions of carotenoids degradation that occur during edible oil processing. Thus, kinetic models describing carotenoid quantitative changes as a function of process parameters are valuable tools for oil processing optimisations. Carotenes degradations are highly dependent on many factors linked to the medium in which they are contained. Usually, studies mainly deal with β-carotene degradation, and only a few kinetic parameters are currently available. Furthermore, experimental variabilities summed to the scarcity of information under the heating conditions make data difficult to compare. The lack of kinetic data related to macauba edible oils is also highlighted. Kinetic models used to describe carotenoids degradation are usually single response. In general, most of the studies about *trans*-β-carotene degradation in oil systems report a kinetic behaviour outlined by first-order reactions. Superior reaction orders may explain the competition between isomerization-oxidation reactions of carotenoids degradations. Hence, specific experiments regarding macauba oils are strongly recommended to gain further insight into the productive chain of the crop and the carotene reactivity over a broad temperature range. Kinetic modelling considering dynamic behaviour may achieve innovation.

IV. ACKNOWLEDGEMENTS

The researchers are gratefully acknowledged the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development – CNPq and the Department of Chemical Engineering of the Federal University of Minas Gerais DEQ/UFMG/Brazil for the financial support and the facilities to carry out this research work.

V. REFERENCES

ACHIR, N.; RANDRIANATOANDRO, V. A.; BOHOUN, P.; LAFFARGUE, A.; AVALLONE, S. Kinetic study of b-carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. **Eur J Lipid Sci Technol**. n.112, pp. 349–361, 2010.

AHMED, J.; SHIVARE, U. S.; SANDHU, K. S. Thermal Degradation Kinetics of Carotenoids and Visual Color of Papaya Puree. **Journal of Food Science**, vol. 67, pp. 2692 – 2695, 2002.

BARBOSA, L.; MADI, L.; TOLEDO, M. A.; REGO, R. A. **Brasil Food Trends 2020**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP. ITAL. São Paulo, v.1, n.1, pp. 39-47, 2010.

CAÑO ANDRADE, M. H.; VIEIRA, A. S.; AGUIAR, H. F.; CHAVES, J. F. N.; NEVES, R.M.P.S.; MIRANDA, T. L. S.; SALUM, A. **Óleo do Fruto da Palmeira Macaúba Parte I: Uma Aplicação Potencial Para Indústrias de Alimentos, Fármacos e Cosmeticos**. In: II ENBTEQ. SP: v. 1. p.1, 2006.

CETEC, Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Biofuels Production from Vegetable Oils: Study of Native Oleaginous Plants from Minas Gerais**. MG, Belo Horizonte, p. 152, 1983.

COIMBRA, M. C. **Caracterização dos Frutos e dos Óleos Extraídos da Polpa e Amêndoa de Guariroba (*Syagrus Oleracea*), Jerivá (*Syagrus Romanzoffiana*) e Macaúba (*Acrocomia Aculeata*)**. Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. SP, pp. 92, 2010.

COLLE, I. LEMMENS, L. KNOCKAERT, G. BUGGENHOUT, S. V. LOEY, A. V. HENDRICKX, M. **Carotenoid conversion kinetics depend on the carotenoid type and the food system**. In.: Food Symposium. Leuven, Belgium. n.1, p. 6., 2013.

CRANDALL, P. G.; KESTERSON, J. W.; DENNIS, S. Storage Stability of Carotenoids in Orange Oil. **Journal of Food Science**. v. 48, p. 924, 1983.

DAVIES, B. H. Carotenoids. In: Goodwin, T.W. (Ed.), Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments, Vol. 2. **Academic Press**, London, pp. 38–165, 1976.

ISSN 1809-3957

DELLAMONICA, E. S.; MCDOWELL P. E. Comparison of beta-carotene content: Dried carrots prepared by three dehydrated processes. **Food and Technology**. n.19, pp. 1597-1599, 1965.

DEUTSCH, M. J. Vitamins and other nutrients. In Helrich, K. ed, **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists-AOAC**. Arlington. n.15, v.2, pp. 834-836, 1990.

DONG-SUN, L.; HYUN-KU, K. Carotenoid Destruction and Nonenzymatic Browning during Red Pepper Drying as Functions of Average Moisture Content and Temperature. **Korean Journal of Food Science and Technology**. South Korea. v.21, n.3, pp. 425-429, 1989.

DHUIQUE-MAYER, C.; TBATOU, M.; CARAIL, M.; CARIS-VERAT, C.; DORNIER, M.; AMIOT, M. J. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: kinetics and newly formed compounds. **J Agric Food Chem.** n.55, pp.4209–4216, 2007.

FARIAS, T. M. **Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*Acrocomia* sp.) para a produção de óleos**. FEQ – EE – UFMG. Belo Horizonte, MG. Brasil. v.1, n.1, p.93, 2010

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação das metodologias para determinação de pró-vitamina A. **Revista de Farmácia e Bioquímica da USP**, v. 29, pp. 17-24, 1993.

HENRY, L. K.; CATIGNANI, G. L.; SCHWARTZ, S. J. Oxidative Degradation Kinetics of Lycopene, Lutein and 9-cis and All-*trans* β-carotene. **J Am Oil Chem Soc**., vol. 75, p. 823, 1998.

LEWINSOHN E., SITRIT Y., BAR E., AZULAY Y., IBDAH M., MEIR A., YOSEF E., ZAMIR D., TADMOR Y. Not just colors-carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. **Trends in Food Science and Technology**. n.16, pp. 407–415, 2005.

O´BRIEN, R. O. Raw materials in fats and oils: Formulating and processing for applications. **Technomic Publishing** Company. Lancaster, PA, pp. 1-46, 1998.

PÉNICAUD, C.; ACHIR, N.; DHUIQUE-MAYER, C.; DORNIER, M.; BOHUON, P. Degradation of β-carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: a review. **Fruits Journal**. v. 66, n. 6, pp. 417-440, 2010.

PIMENTA, T. V.; ANDRADE, M. H. C.; ANTONIASSI, R. **Extração, Neutralização e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macaúba (Acrocomia aculeata)**. In: XIX COBEQ. Rio de Janeiro, v.1, pp. 4031-4040, 2012.

PRATES-VALERIO, P.; GRANDE, S. C.; DE ANDRADE, M. H. C.; CREN, E. C. **Perspectivas para um Novo Produto Alimentício à base de Óleo Extraído do Fruto da Macaúba (Acrocomia aculeata (jacq.) lodd. ex mart)**. In: XX COBEQ. Florianópolis, SC, n.1, p.8, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods**. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, SP. n.1, v.1, pp.92. January, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical Review of Provitamin A Determination in Plant Foods. **J. Micronutrient** Anl. 5: pp. 191-225, 1989.

Rodriguez-Amaya, D. B.; Kimura, M. Harvest Plus **Handbook for Carotenoid Analysis**. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Washington, DC and Cali. 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **J Food Compos.** n.21, pp. 445-463, 2008.

SAMPAIO, K. A.; AYALA, J. V.; SILVA, S. M.; CERIANI, R.; VERHÉ, R.; MEIRELLES, A. J. A. Thermal Degradation Kinetics of Carotenoids in Palm Oil. **Journal of the American Oil Chemistry Society**. v.90, pp. 191–198, 2013.

TEIXEIRA-GODOY, H. **Estudo de Carotenóides e Pró-vitamina A em Alimentos.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. p. 210, 1993.

ZAO, Y. **Identification and Quantification Studies on Structures, Dynamics and Mechanism for Thermal and Photo-Degradation Products of B-Carotene**. The College of Arts and Sciences of the University of Dayton. Dayton, Ohyo. n.1. p.112. 2011.

ZECHMEISTER, L. **Cis-trans Isomeric Carotenoids, Vitamins A and Arylpolyenes**. Vienna, Springer Verlag. 1962.

ZEPKA L.Q., Borsarelli C.D., Azevedo M.A., da Silva P., Mercadante A.Z., Thermal degradation kinetics of carotenoids in a cashew apple juice model and its impact on the system color, **J. Agric. Food Chem**. n.57, pp.7841–7845, 2009.

VI. COPYRIGHT

The authors are responsible for the material included in the article

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de Junho de 2017 – Fortaleza – CE.

KINETIC PREDICTIONS OF TOTAL CAROTENOIDS RETENTION IN MACAUBA OIL UNDER INTERESTERIFICATION CONDITIONS

PEDRO PRATES VALÉRIO[1]; ÉRIKA CRISTINA CREN[1]
1 – CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT, FEDERAL UNIVERSITY OF MINAS GERAIS – UFMG, BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS, BRAZIL
pedroprates@ufmg.br; erika.cren@gmail.com

Abstract – Recently, the world consumption of palm oils has increased significantly. Under the perspective of industrial applications, several processes are conducted to modify native vegetable oils to meet functional performances of structured lipids. In this sense, the recent scientific and technological advances related to interesterification open up perspectives for new products and processes developments. Macauba oils are, thus, presented as alternative raw materials for industrial purposes that also include interesterification. This study was undertaken with the primary objective of considering conventional processing conditions applied for the interesterification of vegetable oils to kinetically predicting the thermal effects on the retention of natural carotenoids in the macauba pulp oil. Different previous studies give the kinetic parameters. The retaining of the bio-compounds for producing structured lipids with special appeals is highlighted.

Keywords: carotenoids, kinetics, interesterification

I. INTRODUCTION

The world consumption of vegetable oils increased significantly in recent years (USDA, 2016; GRAHAM-ROWE, 2011; DA SILVA, 2013). Along the period between 2008 and 2017, this consumption has also been driven by food production to represent a growth of around 43%, reaching 183 million metric tonnes. The world consumption of palm oils followed the mentioned increased to represent 35% of the global volume registered in 2017 (USDA, 2017).

Under the perspective of industrial applications, several processes are proposed to modify native vegetable oils. These modifications are usually conducted to meet functional performances of structured lipids, including plasticity, tractility and shortening property (XIE, YANG & ZANG, 2015; XU, 2000). Among the most commonly applied methods to tailor physicochemical properties of edible oils, interesterification has received much attention. Unlike hydrogenation, interesterification processes are not related to the formation of trans fatty acids in final products. Therefore, interesterification methods potentially extend the commercial application of modified lipids to the production of a wide variety of foodstuffs (GIBON, 2011).

It is important to highlight that interesterification process of vegetable oils are usually carried out chemically or enzymatically. Both reactions promote rearranges in the distribution of the fatty acids located in the triacylglycerol structures, preserving the fatty acids profiles. The process consists of simultaneous ester breakages with the formation of new aleatory bonds (COSTALES-RODRIGUEZ, 2009).

It is emphasised that chemical interesterification is a widely applicable process in which the low-acid vegetable oils are not required to be previously bleached. Being inexpensive when compared to enzymatic interesterification, the method is amenable to be scaled up and also considered efficient, relevant and feasible in the edible oil industry (OSBORN & AKON, 2002; SCRIMGEOUR & HARWOOD, 2007).

Under the perspective of industrial processes, chemical interesterification is carried out considering homogeneous base catalysts, typically sodium methanolate $NaOCH_3$ (DIJKSTRA, 2015; MARANGONI & ROUSSEAU, 1995; RODRIGUEZ et al., 2001). Although these catalysts are robust and low-cost, the need for their inactivation and removal at the end of each process is required. Thus, attention is deserved regarding possible contaminations of structured food lipids (SOARES et al., 2012). Consequently, besides reducing oil yield, the necessity of eventual post-treatments steps (*i.e.* bleaching, deodorization) can contribute to increasing processes costings also removing valuable micronutrients naturally present in native vegetable oils (DIJKSTRA, 2015).

In this framework, heterogeneous catalysts have received recent attention as a way of overcoming drawbacks related to homogeneous interesterification. These catalysts contribute with several industrial advantages which include high catalytic activity, easiness of separation and recyclability. In this sense, heterogeneous interesterification is shown to apply to reduce post-treatments steps also enabling the retention of bio-compounds in final structured lipids. By consequence, the method apparently opens up perspectives for new processes development also related to special food productions. Indeed, the potential of the method to meet food specifications has already been shown (DIJKSTRA, 2015; XIE & XEN, 2014; XIE & QI, 2013).

It is certain that successful synergies in the current scenario require a focus on specific contextual problems and opportunities. In this sense, it should be observed that consumers have recently shown an increasing demand for natural products from the food industry (CATALDO et al., 2016; BABBAR et al., 2015; GONÇALVES et al., 2014). It is noted that the consumption of these products tends to be associated with the health-related benefits obtained from bioactive compounds, among which fatty acids, carotenoids and micronutrients constitute important classes (JUÁREZ-HERNÁNDEZ et al., 2016; BABBAR et al., 2015; LIM & KIM, 2016).

In this scenario, macauba (*Acrocomia* aculeata) is presented as an alternative crop for purposes that also include interesterification processes. Macauba is one of the most widespread palms in the Neotropics (UHL &

ISSN 1809-3957

DRANSFIELD, 1987; SCARIOT et al., 1995). With a similar productive potential to *Elaeis guineensis* (FAO, 2013; EVARISTO et al., 2016) it is suited to edaphoclimatic zones, which feature conditions averse to African palms (LANES et al., 2016).

An adult macauba palm fructifies almost the whole year with productivity from 4 to 9 tonnes of esculent oil per hectare. Regarding the oil extracted from the pulp, it is readily edible and contains up to 378 mg/kg of carotenoids. The pulp oil has a predominance of unsaturated fatty acids (77%) of which 53% and 18% are oleic (ω-9) and linoleic (ω-6), respectively. The edible oil extracted from the kernel has a predominance of saturated fatty acids (74%), of which 44% and 9% are lauric and palmitic, respectively (NUNES et al., 2012; CETEC, 1983).

Notably, the macauba fruit provides two different types of edible oils which can be suggested to be used together as raw materials for the production of structured lipids. In fact, industrial efforts have already become remarkable in the sense of producing different blends of vegetable oils to enhance the nutritional characteristics of structured lipids with specific functional properties (GRIMALDI, GONÇALVES and ANDO, 2005; NORIZZAH et al., 2004; RODRIGUEZ et al., 2001; PETRAUSKAITE et al., 1998; LIDA & ALI, 1997).

Thus, the present study was undertaken with the primary objective of considering conventional processes conditions applied for the interesterification of vegetable oils to kinetically predicting the thermal effects on the retention of natural carotenoids in the macauba pulp oil.

II. PROCEDURES

2.1 – Fruit Pre-processing

Macauba fruit was collected from native palms with a maximum of five days after the fall in the area of the Federal University of Minas Gerais, in the metropolitan region of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. The macauba mesocarp and kernel were promptly separated from the fruit. Before the oil extraction, these parts were thawed, air dried at 60° C for 48 hours and comminuted in an electric grinder coupled to a stainless steel cup (PIMENTA, 2010; GOULA, 2013). The mesocarp and kernel pressings were performed on different days, avoiding any cross-contamination.

2.2 – Oil Processing

The samples consisted of edible oils mechanically obtained from the pulp and kernel of macauba fruit by continuously operated *Expeller*® press. Amber glass vials (15 mL) were filled to the maximum working volume with the samples, minimising the impact of light and oxygen intrusion by reducing the volume of headspace. Samples were stored at freezing temperature until the analysis (PREEDY, 2014; PARDUCCI & FENNEMA, 1978).

2.3 – Determination of Fatty Acid Compositions

The fatty acids compositions were determined based on the methods previously optimised by CHRISTIE (1989) and GUO et al. (2011). The analysis was carried out on a GC-2010 System (Shimadzu, Japan) fitted with a Flame Ionization Detector. Quantification of individual fatty acids methyl esters – FAME considered a standard mixture of 37 esters of fatty acids (Supelco, Bellefonte, Pa., USA).

2.4 – Determination of Acid Value

The Acid Value (AV) for the macauba pulp oil was determined according to the AOCS Official Method 3d Cd-63 (AOCS, 2009). The determinations were performed by diluting 1 g of oil in 50 mL solution of isopropanol:toluene (1:1) followed by titration with potassium hydroxide (0.1 mol/L) standardised with potassium biphthalate. The AV were calculated by the equations (1) and (2).

$$AV\ (mg\ KOH.g^{-1}) = (A–B)xMx56.1/W \quad (1)$$

$$AV\ (\%\ oleic\ acid) = (A–B)xMx28.2/W \quad (2)$$

Where,
A = KOH volume (mL) used for the sample titration
B = KOH volume (mL) used for the blank titration
M = Molarity of the base, after standardisation
W = Weight (g) of the sample

2.5 – Spectrophotometric Determination: Total Carotenoids

The spectrophotometric determination of the initial concentration of total carotenoids occurred using a Hach DR 2800 spectrophotometer (Hach, Loveland, CO, USA) as recommended by RODRIGUEZ-AMAYA & KIMURA (2004) and suggested by PORIM (1990). The quantification ($mg.kg^{-1}$) considered an absorption coefficient ($A^{1\%}_{1cm}$) of 2580 in high purity n-hexane (ZSCHEILE et al., 1942).

2.6 – Kinetic Prediction: Total Carotenoids retention

In order to predict the retention of total carotenoid in the macauba mesocarp oil, the processing parameters related to the interesterification were defined based on GRIMALDI, GONÇALVES & ANDO (2005), NORIZZAH et al. (2004), RODRIGUEZ et al. (2001), PETRAUSKAITE et al. (1998) and LIDA & ALI (1997). The isothermal temperature (DINH, SUN & MCLEAN, 2016) of 120 °C was considered along the processing time of 120 minutes.

The prediction of the carotenoids retention was carried out using MS Excel software, version 16.0.6001.1070 (Washington, USA). The different kinetic parameters used to evaluate the maintenance of total carotenoids in the macauba pulp oil are given by ACHIR et al. (2010), HENRY, CATIGNANI & SCHWARTZ (1998), APARICIO-RUIZ & MÍNGUEZ-MOSQUERA (2011) and KNOCKAERT et al. (2012) and compared considering the presented processing parameters. The first-order kinetic model was considered appropriate for predicting the total carotenoids retention in macauba vegetable oils. The lack of data related to the thermal degradation of carotenoids in macauba oils is noted.

The kinetic predictions considered data obtained from the following equation (3) being expressed relative to the initial concentration of carotenoids as a function of time:

$$P_{carot} = \exp(-k_{ref}*\exp(-Ea/R*(1/(T_{ref})-1/T_{ref}))*time) \quad (3)$$

Where,
T_{ref} = Absolute Processing Temperature (K)
k_{ref} = Specific Rate Constant given by literature
Ea = Activation Energy ($J\ mol^{-1}$)
R = Gas Constant ($8.314\ J.mol^{-1}\ K^{-1}$)
P_{carot} = Prediction as a function of time

The rate constant (k, min^{-1}) was assumed to vary with the absolute temperature T (K) according to Arrhenius law

ISSN 1809-3957

(FOGLER, 2016). In this sense, the reparametrized equation (4) was considered to estimate the rate constant (k) at the defined processing temperature.

$$k = k_{ref}*\exp(-Ea/R*((1-T)-(1/T_{ref}))) \quad (4)$$

Where,
T_{ref} = Absolute Reference Temperature (K)
k_{ref} = Rate Constant at the Reference Temperature
k = Specific Rate Constant
Ea = Activation Energy (J mol^{-1})
R = Gas Constant (8.314 $J.mol^{-1}$ K^{-1})

As a definition, it is worth noting that the equation (5) is normally given for the study of carotenoids changes:

$$dC/dt = -k*C\text{^}n \quad (5)$$

The presented equation (4) conveys that the degradation rate *dC/dt* is proportional to the n^{th} power of carotenoids concentration (*C* in mg/kg of oil) at any time *t*, while *n* is the order of the reaction and *k* (1/time) is the reaction constant.

III. RESULTS

3.1 – Results for the Fatty Acid Composition

Table 1 shows the mean and standard deviation for the fatty acid composition (expressed as a percentage of total fatty acids) for the macauba pulp and kernel oils.

Table 1 – Fatty acid composition of macauba pulp and kernel oils expressed as percentage of total fatty acids

Fatty Acid	Macauba Palm	
	Pulp Oil	Kernel Oil
Caproic acid (C6:0)	ND	0.35 ± 0.00
Caprylic acid (C8:0)	0.08 ± 0.05	4.38 ± 0.04
Capric acid (C10:0)	ND	3.62 ± 0.03
Undecylic acid (C11:0)	0.08 ± 0.04	ND
Lauric acid (C12:0)	0.04 ± 0.01	37.22 ± 0.03
Myristic acid (C14:0)	0.07 ± 0.00	8.12 ± 0.02
Pentadecylic acid (C15:0)	0.17 ± 0.00	0.03 ± 0.00
Palmitic acid (C16:0)	19.62 ± 0.56	6.88 ± 0.02
Palmitoleic acid (C16:1)	1.68 ± 0.04	0.16 ± 0.01
Margaric acid (C17:0)	0.09 ±0.00	0.04 ± 0.00
Ginkgolic acid (C17:1)	0.06 ± 0.00	0.04 ± 0.00
Stearic acid (C18:0)	5.15 ± 0.17	2.90 ± 0.02
Oleic acid (C18:1)	60.33 ± 1.18	32.0 ± 0.01
Linoleic acid (C18:2)	8.81 ± 0.32	3.94 ± 0.02
α-Linolênic acid (C18:3)	0.73 ± 0.02	0.06 ± 0.00
Arachidic acid (C20:0)	0.21 ± 0.00	0.14 ± 0.00
Gadoleic acid (C20:1)	0.07 ± 0.01	0.14 ± 0.01
Behenic acid (C22:0)	0.14 ± 0.01	0.09 ± 0.01
Eicosadienoic acid (C20:2)	1.83 ± 0.46	ND
SFA	25.65 ± 0.84	63.75
MUFA	62.11 ± 1.23	32.32
PUFA	11.37 ± 0.80	3.93

It can be observed the predominance of oleic acid in the macauba pulp oil. Importantly, the level is similar to those (48-74%) of palm stearin (CODEX, 2015), which is widely used for interesterification purposes. The palmitic acid was the second most abundant fatty acid in the pulp oil, in agreement with previous reports (HIANE, 2005; NUNES et al., 2015; CETEC, 1983). Lauric acid was the predominant fatty acid in macauba kernel, what also occurs to other palm crops such as babassu and the kernel oil, kernel olein and kernel stearin of *Elaeis guineensis* (CODEX, 2015).

The predominance of unsaturated fatty acids (MUFA: 62.11 ± 0.84%; PUFA: 11.37 ± 1.23%) was observed for the pulp oil. On the other hand, the predominance of saturated fatty acids became apparent for the kernel oil (SFA: 63.75 ± 0.84%). Regarding the ω-6 family of fatty acids, the linoleic acid in the macauba pulp (8.81%) and kernel (3.94%) oils were similar to those reported (CODEX, 2015) for palm oil (9.0-10%), palm stearin (3.0-10%), sunflower oil (2.1-17%) and virgin and refined olive oils (3.5-21%). The contents of linoleic acid in the macauba oils were, yet, higher than those registered for palm kernel oil (1.0-3.5%), palm kernel olein (2.4-4.3%) and palm kernel stearin (0.5-1.5%).

The clear distinction between the fatty acid profiles of macauba pulp and kernel oils, especially regarding the contents of saturated and unsaturated fatty acid, already renders it an important role as a potential alternative oil crop for interesterification purposes. Indeed, the fatty acid compositions of these two types of oils are similar to that of other broadly used raw materials mainly blended to meet and improve functional performances of structured lipids (XIE, YANG & ZANG, 2015; XU, 2000).

3.2 – Results for Acid Value and Total Carotenoids

The following Table 2 shows the mean and standard deviation for the Acid Values in the macauba pulp oil, also presenting the initial content of total carotenoids determined spectrophotometrically.

Table 2 – Acid value and total carotenoids: macaúba pulp oil

Determinations	Pulp Oil
Acid Value (mg $KOH.g^{-1}$)	1.6 ± 0.1
Acid Value (% oleic acid)	0.8 ± 0.1
Total Caroteniod (mg/kg)	234.9 ± 2.9

As it can be seen, the contents of free fatty acids – FFA were well bellow the limit of 4.0 mg $KOH.g^{-1}$ established by the Resolution RDC 270, of the Brazilian Health Regulatory Agency – ANVISA (Brasil, 2005), for cold, pressed and non-refined vegetable edible oils. It is highlighted that the acid value has already been widely determined in literature for the macauba kernel oil (CETEC, 1983; PIMENTA, 2010; COIMBRA & JORGE, 2011; HIANE et al., 2005). It has been, therefore, observed that the free fatty acids in kernel oils range from 0.3 to 0.7 (mg $KOH.g^{-1}$) which are usually much lower than that of pulp oils. In fact, lipolytic enzymes catalyse the decomposition of triglycerides and tend to be mostly active in pulps (COIMBRA & JORGE, 2011).

Above all, low values of acidity observed for macauba pulp and kernel oils adheres to interesterification purposes (OSBORN & AKON, 2002; SCRIMGEOUR & HARWOOD, 2007) reinforcing the macauba oils as raw materials for industrial uses.

Regarding total carotenoids in the macauba pulp oil (234.9 $mg.kg^{-1}$) the content surpasses of other tropical fruits becoming one of its remarkable characteristics (RUFINO et al., 2010; RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA & FARFAN, 2008). Consistent with our observations, NUNES et al. (2015) and COIMBRA & JORGE (2011) reported the crude macauba oil to contain above 300 $mg.Kg^{-1}$ of total natural carotenoids. Wherefore, although some variability in the carotenoid content tends to be noted for different macauba genotypes, it is suggested that, once preserved in final products, these bio-active compounds may enrich the

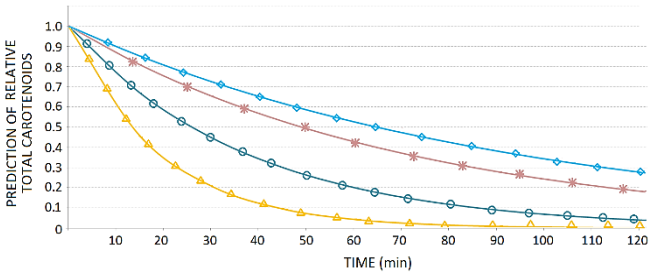
ISSN 1809-3957

composition of structured lipids derived from macauba oil to compete against products that don't have that natural appeal (CATALDO et al., 2016, BABBAR et al., 2015; GONÇALVES et al., 2014).

3.2 – Kinetic Prediction of Carotenoids retention

The kinetic predictions of the thermal effects on the retention of natural carotenoids in the macauba pulp oil are presented in Figure 1. The results are expressed relative to the initial concentration, as a function of time.

Figure 1 – Prediction of thermal effects on the retention of natural carotenoids in the macauba pulp oil, expressed relative to the initial concentration as a function of time: ACHIR et al. (2010) – filled diamond, HENRY, CATIGNANI and SCHWARTZ (1998) – filled triangle, APARICIO-RUIZ & MÍNGUEZ-MOSQUERA 2011) – filled circle and KNOCKAERT et al. (2012) – filled star.



Source: Authors, 2017.

It is observed that the extreme conditions (2 h at 120 °C) similar to those of interesterification appeared to significantly decrease the initial amount of total carotenoids in the macauba pulp oil. Notably, the total carotenoids were reduced by at least around 70% and 80% when considering the kinetic parameters (apparent activation energies and rate constant) given by ACHIR et al. (2010) and KNOCKAERT et al. (2012), respectively.

A further comparison considering all the predictions showed that after 50 minutes at least around 40% of the total carotenoid might have been degraded as a consequence of temperature supply. It leads to verify that around 118 mg/kg of carotenoids would may remain in the macauba pulp oil after this processing time. Importantly, as expected, the dimensionless concentrations of carotenóids always decreased as a function of heating time, independently of the kinetic data used for the prediction.

Indeed, from the perspective of industrial thermal processing, the highly unsaturated structures of carotenoids does make the compounds considerably sensitive to thermal degradation reactions (FAO, 1995, ACHIR et al., 2010). Moreover, rates of the carotenoids degradation reactions have been reported to dramatically increase during different thermal treatments varying with increases of temperature (ACHIR et al., 2011; DELLAMONICA & MCDOWELL, 1965). It is, therefore, noted that the temperature intensity is an important factor to be controlled along the processes regarding total carotenoid retentions in macauba oil

It can also be observed (Fig. 1) a significant variability between the predictions. In fact, if we carefully analyse the data given by previous studies, it is possible to verify quantitative differences in the kinetic data provided by different authors. This comparison may indicate that carotenoids degradation appears to be complex and highly dependent on factors linked to the food systems and the matrix they are studied. In this sense, it is stated that studies considering the thermal degradation kinetics of carotenoids in macauba oil are imperative for obtaining data even more reliable for future contributions. Particularly in engineering, kinetic data also is used for designing products, efficient processes and large scale reactors. Thus, kinetic studies that aim knowledge and understanding on the thermal degradation of bioactive compounds, such as carotenoids, naturally present in macauba oils may adequately probe its function.

IV. CONCLUSION

This study reinforces macauba pulp and kernel oils as alternative raw materials for industrial purposes, including interesterification. The joint use of the two mentioned oils is in agreement with the already existing efforts for producing different blends of vegetable oils to enhance the nutritional characteristics of structured lipids with specific functional properties. It is noteworthy that macauba oils are also presented with functional properties (*e.g.* fatty acid profiles) similar to those of products derived from African palm. The kinetic predictions carried out in this study made it possible to evaluate possible thermal effects on the retention of natural carotenoids in the macauba pulp oil. The predictions considered previously published processing conditions that may similarly occur for interesterification methods. The retaining of naturally present bio-compounds, such as carotenoids, in macauba for producing structured lipids with special appeals is highlighted as recent scientific and technological improvements related to interesterification processes open up perspectives for new products and processes developments. Additionally, taking into account that carotenoids degradation is highly dependent on factors linked to the food system in which they are contained, this study suggests that specific knowledge on the estimation of kinetic parameters in macauba oils is imperative for obtaining data even more reliable for future contributions and for accurate predicting specific changes that may occur during the industrial processing of the raw materials.

V. ACKNOWLEDGEMENTS

The researchers are gratefully acknowledged the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development – CNPq and the Department of Chemical Engineering of the Federal University of Minas Gerais DEQ/UFMG/Brazil for the financial support and the facilities to carry out this research work.

VI. REFERENCES

ACHIR, N.; RANDRIANATOANDRO, V. A.; BOHOUN, P.; LAFFARGUE, A.; AVALLONE, S. Kinetic study of β-carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. **Eur J Lipid Sci Technol.** n.112, pp.349–361, 2010.

AOCS – American Oil Chemists Society: Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. Edited David Firestone. **AOCS Press**, Binder. ISBN 978-1-893997-74-5, ed.6th, n.3, p.1200, 2009.

APARICIO-RUIZ, R.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I; GANDUL-ROJAS, B. Thermal degradation kinetics of lutein, β-carotene and β-cryptoxanthin in virgin olive oils. **Journal of Food Composition and Analysis** n.24, pp. 811–820, 2011.

ISSN 1809-3957

BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K. Therapeutic and Nutraceutical Potential of Bioactive Compounds Extracted from Fruit Residues. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition** v.55, 2015.

CATALDO, V. F.; LÓPEZ, J.; CÁRCAMO, M.; AGOSIN, E. Chemical vs. biotechnological synthesis of C13-apocarotenoids: current methods, applications and perspectives. **Appl Microbiol Biotechnol**. n.100, pp.5703–5718, 2016.

CETEC, Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Biofuels Production From Vegetable Oils: Study of Native Oleaginous Plants From Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG. p. 152, 1983.

CHRISTIE, W. W. Gas Chromatography and Lipids. Oxford, **Pergamon Press**, 1989.

CODEX – Codex Standard for Named Vegetable Oils (FAO/WHO). CODEX STAN 33 -1981. Codex Alimentarius: **International Food Standard**, Roma, Itália, rev. 3, amend. 4, 2015.

COIMBRA, M. C., JORGE, N. Characterization of the pulp and kernel oils from Syagrus oleracea, Syagrus romanzoffiana, and Acrocomia aculeata. **J. Food Sci**.. n.76, pp.1156–1161, 2011.

COSTALES-RODRÍGUEZ, R.; GIBON, V.; VERHÉ, R.; DE GREYT, W. Chemical and enzymatic interesterifcation of a blend of palm stearin: soybean oil for low trans-margarine formulation. **J Am Oil Chem Soc.** n.86, pp.681–697, 2009.

DA SILVA, T. A. R. Reciclagem De Óleo De Fritura Para Produção de Biodiesel: Caracterização Físico-Química e Análise Termogravimétrica. **Revista SODEBRAS**. v.8, n. 85. Jan./2013, pp. 58-62 ISSN 1809-3957.

DINH, L. N.; SUN, T. C.; MCLEAN, W. Temperature-Dependent Kinetic Prediction for Reactions Described by Isothermal Mathematics. **J. Phys. Chem**. n.120, pp.7617−7623, 2016.

DIJKSTRA, A. Interesterification, chemical or enzymatic catalysis. **Lipid Technology**. v.27, n.6, 2015.

EVARISTO, A. B.; GROSSI, J. A. S.; PIMENTEL, L. D.; GOULART, SAMUEL DE MELO; MARTINS, ADALVAN DANIEL; SANTOS, V. L.; MOTOIKE, S. Y. Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (Acrocomia aculeata) oil quality attributes. Industrial Crops and Products (Print), v. 1, pp. 63-73, 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Agricultural Services Bulletin.** Fruit and vegetable processing. Rome, Italy. p. 320, 1995.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO STAT Database**. Rome, Italy. 2013.

FUENTES, P. H. A; DO PRADO, A. C. P; WEBER, J.; OGLIARI, P. J.; ARELLANO, D. B.; BLOCK, J. M.. Determinação da Umidade em Óleos Vegetais Através de Diferentes Metodologias. **Revista SODEBRAS**. v.9, n.105. Set./2014, pp. 8-12 ISSN 1809-3957.

GIBON V. Enzymatic interesterification of oils. **Lipid Technol**. n. 23, pp.274–277, 2011.

GONÇALVES, J. P.; DOS SANTOS, W. R. L.; COSTA, L. F. M.; SILVA, R. S.; SOUZA, J. S.; BATALHA, S. S. A.; DOS SANTOS, A. C. M.; CARNEIRO, J. S. Métodos de Extração e Análise Química de Óleos Vegetais de Dendê (*Elaeis guineensis* jacq.) e Tucumã (A*strocaryum vulgare* mart.). **Revista SODEBRAS.** v.9, n.97, Jan./2014, p. 23-28. ISSN 1809-3957.

FOGLER, H. S. **Elements of Chemical Reaction Engineering**, 5th ed. p.992. Pearson Education Company. New Jersey. Prentice Hall PTR. 2016.

GOULA, A. M. Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil – Kinetic modelling. **Journal of Food Engineering.** n.17, pp. 492–498, 2013.

GRAHAM-ROWE, D. Beyond food versus fuel: The most controversial aspect of biofuels is the perceived competition for farmland. Will advances in biofuels and agriculture send this trade-off speeding towards the history books. **Agriculture**. v.474 n.7352 pp.S6-S8, 2011.

GRIMALDI; R., GONÇALVES; L. A. G., ANDO, M. Y. Otimização da reação de interesterificação química do óleo de palma. **Quim. Nova**. v. 28, n. 4, pp. 633-636, 2005.

GUO, H.; HU, C.; QIAN, J. Determination of Underivatized Long Chain Fatty Acids Using HPLC with an Evaporative Light-Scattering Detector. **J. Am. Oil Chem. Soc**. v. 89, pp. 183-187, 2011.

HENRY, L. K.; CATIGNANI, G. L.; SCHWARTZ, S. J. Oxidative degradation kinetics of lycopene, lutein and 9-cis and all-trans β-carotene. **J Am Oil Chem Soc**. n.75, pp.823–829, 1998.

HIANE, P. A.; RAMOS-FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; RODRIGUES-MACEDO, M. L. Bocaiúva, Acrocomia Aculeata (Jacq.) Lodd., Pulp and Kernel Oils: Characterization and Fatty Acid Composition. **Braz. J. Food Technol**. v.8, n.3, pp. 256-259, 2005.

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, E.; CHÁVEZ-TAPIA, N. C.; URIBE, M.; BARBERO-BECERRA, V. J. Role of bioactive fatty acids in nonalcoholic fatty liver disease. **Nutrition Journal**. v.10, pp.15:72, 2016.

KNOCKAERT, G.; PULISSERY, S. K.; LEMMENS, L.; BUGGENHOUT, S. V.; HENDRICKX, M.; VAN LOEY, A. Carrot β- Carotene Degradation and Isomerization Kinetics during Thermal Processing in the Presence of Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n. 60, pp. 10312−10319, 2012.

LANES, É. C. M.; MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N.; RESENDE, M. D. V.; CAIXETA, E. T. Mating System and Genetic Composition of the Macaw Palm (Acrocomia aculeata): Implications for Breeding and Genetic Conservation Programs. **Journal of Heredity**. p.527, 2016.

LEMMENS, L.; COLLE, I. J. P.; VAN-BUGGENHOUT, S.; VAN-LOEY, A. M.; HENDRICKX, M. E. Quantifying the Influence of Thermal Process Parameters on in Vitro β-Carotene Bioaccessibility: A Case Study on Carrots. **J. Agric. Food Chem**. n.59, pp.3162–3167, 2011.

LIDA H., ALI A. R. Physico-chemical characteristics of palm-based oil blends for the production of reduced fat spreads. **J. Am. Oil Chem. Soc**. n.75, pp.1625–1631, 1997.

LIM, E. Y.; KIM, Y. T. Food-Derived Natural Compounds for Pain Relief in Neuropathic Pain. Article ID 7917528. **BioMed Research International**., p. 12, 2016.

MARANGONI, A. G; ROUSSEAU, D. Engineering triacylglycerols: the role of interesterification. **Trends in Food Science and Technology.** v.6, n.8, p.329-335, 1995.

NORIZZAH, A. R.; CHONG, C. L.; CHEOW, C. S.; ZALIHA, O. Effects of chemical interesterification on physicochemical properties of palm stearin and palm kernel olein blends. **Food Chem**. n.86, p.229, 2004.

NUNES, A. A.; FAVARO, S. P.; GALVANI, F.; MIRANDA, C. H. B. Good practices of harvest and processing provide high-quality macauba pulp oil. **Eur. J. Lipid Sci. Technol**. n.117, pp.2036–2043, 2015.

OSBORN, H. T.; AKOH, C. C. Structured Lipids - novel fats with nutraceutical and food applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v.1, pp.93-103, 2002.

PARDUCCI, L. G.; FENNEMA, O. R. **Rate and Extent of Enzymatic Lipolysis at Subfreezing Temperatures.** AGRIS FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Cryobiology (USA). v. 15(2) pp. 199-204. 1978.

PETRAUSKAITE, V., W. DE GREY, M. KELLENS, AND A. HUYGHEBAERT, Physical and Chemical Properties of trans-Free Fats Produced by Chemical Interesterification of Vegetable Oil Blends, **J. Am. Oil Chem. Soc**. n.75, pp.489–493, 1998.

PIMENTA, T. V. **Metodologias de Obtenção e Caracterização dos Óleos do Fruto da Macauba com Qualidade Alimentícia: Da coleta à utilização**. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. Belo Horizonte, MG. Brasil. v.1, p.102, 2010.

PORIM – Palm Oil Research Institute of Malaysia Test Methods. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Ministry of Primary Industries, Kuala Lumpur. Malaysia palm oil. **Adv. Oil Palm Res**. n.12, pp.122-128, 1990.

PREEDY, V. R. Processing and Impact on Active Components in Food. **Academic Press**. Elsevier, UK., n.1. p.724, 2014.

RODRIGUEZ, A.; CASTRO, E.; SALINAS, M. C.; LÓPEZ, R.; MIRANDA, M.; Interestericación of tallow and sunower oil. **J. Am. Oil Chem. Soc**. n.78, p.431, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. Harvest Plus **Handbook for Carotenoid Analysis**. International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Washington, DC and Cali. 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. Fontes Brasileiras de Carotenóides: Tabela Brasileira de Composição de Carotenóides em Alimentos. Ministério do Meio Ambiente - MMA/SBF/DCB. Brasília, Brasil. v.1, p.100, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**. n. 121, pp. 996–1002, 2010.

SCARIOT, A., LLERAS, E., HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm Acrocomia aculeata: patterns and consequences. **Biotropica**, pp. 168–173, 1995.

SCRIMGEOUR, C. M.; HARWOOD, J. L. Fatty acids and Lipids Structure. In: GUNSTONE, F. DD; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. (eds). **The Lipid Handbook**. Taylor and Francis Group. Boca Raton. pp. 36. 2007.

SOARES, F. A. S. D. M.; DA SILVA, R. C., HAZZAN M.; CAPACLA, I. R.; VICCOLA, E. R.; MARUYAMA, J. M.; GIOIELLI, L. A. Chemical interesterification of blends of palm stearin, coconut oil, and canola oil: physicochemical properties. **J Agric Food Chem**, n.60, pp.1461–1469, 2012.

UHL, N.W. and DRANSFIELD, J. Genera Palmarum. **A classification of palms based on the work of Harold E. Moore, Jr.** The L.H. Bailey Hortorium and The International Palm Society. Allen Press, Lawrence, Kansas. p.610. 1987.

USDA – United States Department of Agriculture. **Agricultural Projections to 2025: Long-term Projections Report.** Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of Agriculture. p.99, 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Office of Global Analysis. **Oilseeds: World Markets and Trade**. Office of Global Analysis. Circular Series. Washington, DC. v.1, n.13-01, p.39, 2017.

XIE, W.; CHEN, J. Heterogeneous Interesterification of Triacylglycerols Catalyzed by Using Potassium-Doped Alumina as a Solid Catalyst. **J. Agric. Food Chem**. n.62 (43), pp.10414–10421. 2014.

XIE, W1.; QI, C. Interesterification of soybean oil and lard blends catalyzed by SBA-15-pr-NR_3 OH as a heterogeneous base catalyst. **J. Agric Food Chem**. v.10, n.61(14), pp.3373-81, 2013.

Xie, W.; Yang, X.; Zang. X. Interesterification of Soybean Oil and Methyl Stearate Catalyzed by Guanidine- Functionalized SBA- 15 Silica. **J Am Oil Chem Soc.** n.92, pp.915–925, 2015.

XU, X. Production of specific-structured triacylglycerols by lipase-catalyzed reactions: a review. **Eur J Lipid Sci Tech** n.102, pp.287–303, 2000.

ZSCHEILE, F. P.; WHITE, J. W.; BEADLE, B. W.; ROACH, J. R. The preparation and absorption spectra of five pure carotenoid pigments. **Plant Physiology**. n.17, pp.331-346, 1942.

DELLAMONICA, E. S.; MCDOWELL P. E. Comparison of beta-carotene content: Dried carrots prepared by three dehydrated processes. Food and Technology. n.19, pp. 1597-1599, 1965.

VI. COPYRIGHT

The authors are responsible for the material included in the article.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES DO COMÉRCIO AO RUÍDO NA CIDADE DE SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRASIL

ANALYSIS OF THE TRADE EXPOSURE TO NOISE IN THE CITY OF SÃO MIGUEL DOS CAMPOS, ALAGOAS, BRAZIL

TALITA MARIA GOMES DE MORAIS[1]; ANASTÁCIO PINTO GONÇALVES FILHO[2]; ANDERSON ROGÉRIO DE ALBUQUERQUE PONTES PINTO[1]; ARMANDO JOSÉ DE VASCONCELLOS COSTA[1]
1 – INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
talitamgm@hotmail.com; anastaciofilho@ufba.br, andersonpontespinto@hotmail.com; armandovasc@superig.com.br

Resumo – A exposição ao ruído em excesso pode causar danos à saúde das pessoas. Nos ambientes urbanos, como centros comerciais das cidades, a exposição ao ruído se torna inevitável diante da crescente presença de diferentes fontes de ruído. O presente artigo objetiva apresentar a análise da exposição ao ruído urbano que estão submetidos os trabalhadores do comércio da cidade de São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil. Medições dos níveis de pressão sonora foram realizados e comparadas com os limites estipulados pela OMS – Organização Mundial da Saúde e pela NBR 10151. Foram realizadas 33 medições dos níveis de pressão sonora no período de setembro de 2015 a janeiro de 2016. Os dados foram tratados estatisticamente utilizando teste de hipótese. Os resultados mostram que os níveis de ruído urbano na cidade de São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil são superiores aos limites estipulados pelas normas.

Palavras-chave: Ruído. Efeitos do ruído. Exposição

Abstract - Exposure to excessive noise can cause harm to people's health. In urban environments, such as shopping centers in cities, exposure to noise becomes unavoidable due to the increasing presence of different sources of noise. The present article aims to present the analysis of exposure to urban noise that are submitted to the trade workers of the city of São Miguel dos Campos, Alagoas, Brazil. Measurements of sound pressure levels were performed and compared to the limits stipulated by the WHO - World Health Organization and by NBR 10151 - which deals with the acoustic comfort of the community. A total of 33 measurements of sound pressure levels were performed from September 2015 to January 2016. Data were statistically treated using a hypothesis test. The results show that urban noise levels in the city of São Miguel dos Campos, Alagoas, Brazil exceed the limits stipulated by the norms

Keywords: Noise. Effects of noise. Exhibition.

I. INTRODUÇÃO

São Miguel dos Campos é uma cidade situada no sudoeste do Estado de Alagoas, pertencente a região Nordeste do Brasil. Com população estimada em 2016 pelo IBGE de 61.204 pessoas, possui economia baseada na produção de açucar, alcool, extração de petróleo e gás natural e fabricação de cimento. Segundo o Censo Demográfico 2010, sua população era de 12.407 habitantes. Por ser um das cidades economicamente mais importantes da região, o comércio atende, a população local e cidades vizinhas, empregando 3.472 pessoas, o que representa 27,98% da população empregada (IBGE, 2010).

O comércio desta cidade possui diferentes fontes de ruído urbano, como por exemplo caixas de som utilizadas para propagandas na entrada das lojas (fontes fixas), carros de som de propaganda circulando nas ruas, transito de carros, caminhões e ônibus que provocam incômodo acústico. No entanto, não existem ainda estudos que mensurem quantitativamente o ruído nem o relacione com as consequências.

O ruído é um agente de risco físico comumente encontrado em ambientes de trabalho, inclusive na atividade do comércio. Segundo a Organização Mundial da Saúde, a exposição a níveis de pressão sonora superior a 65dB(A) pode causar transtornos no sono, dificuldades de comunicação e de concentração e prejudicar a qualidade de vida. A exposição ao ruído acima de 85dB(A) pode ocasionar a perda da audição nas pessoas afetadas (WHO, 2009).

O objetivo da pesquisa apresentada neste artigo foi analisar a exposição ao ruído a que estão submetidos os trabalhadores do comércio da cidade de São Miguel dos Campos, através de medições de ruído e fazer comparativo entre os valores medidos e os valores preconizados pela Organização Mundial da Saúde – OMS e também pela Norma Brasileira Regulamentadora NBR 10151 que trata da avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

II. PROCEDIMENTOS

Os logradouros escolhidos para a pesquisa foram: Rua Rômulo de Almeida, Rua Barão de Jequiá, Rua Visconde de Sinimbu, Rua Senador Máximo e Praça Miguel César Teixeira, situadas no centro comercial desta cidade por serem logradouros representativos da movimentação comercial da cidade, sendo as principais ruas do comércio de São Miguel dos Campos atualmente. Nelas estão situados os mais importantes pontos comerciais em número de funcionários, número de frequentadores e clientes.

A realização do trabalho se dividiu nas seguintes etapas:

1ª Fase – Revisão da Literatura. Aquisição dos conhecimentos específicos com aprofundamento dos conteúdos necessários à aplicação deste trabalho;

2ª Fase - Como o objetivo principal desta pesquisa foi identificar os níveis de ruído aos quais os trabalhadores do

ISSN 1809-3957

comércio da cidade de São Miguel dos Campos estariam expostos. Foi feito inicialmente a identificação dos ambientes a serem analisados, bem como a delimitação do centro da cidade referida, abrangendo as principais lojas, supermercados, farmácias, vendedores ambulantes e barracas de fornecimento de lanches rápidos, caracterizando esta delimitação como sendo a população amostral por se tratar das ruas com maior volume de estabelecimentos da cidade.

Ainda nesta etapa foi realizada divulgação sobre a pesquisa em cada uma das lojas para conseguir adesão dos trabalhadores e dos empregadores. Nesta fase foi distribuído em cada um dos pontos comerciais uma cópia do projeto da pesquisa com o intuito de esclarecer para os comerciantes e comerciários que o objetivo era de identificar os pontos com possíveis excessos de ruído e que não tinha caráter punitivo ou de delação.

3ª Fase – nesta etapa foram realizadas 33 medições dos níveis de ruído na região delimitada. A pesquisa teve caráter quantitativo, pois foi através de medições de ruído que foram feitas as coletas de dados. As comparações foram realizadas usando como fundamento o que preconiza as diretrizes para ruído na comunidade da OMS e também os limites estipulados pela Norma Brasileira Regulamentadora NBR 10151 que estipula limites para o conforto acústico da comunidade.

As medições de ruído foram realizadas próximas aos locais de trabalho dos comerciários escolhidos, seguindo a Norma de Higiene Ocupacional 01 (BRASIL, 2001). Esta norma trata da medição de ruído ocupacional e sua metodologia de medição foi considerada porque melhor representa os valores de pressão sonora para ruído urbano, pois representam a média da quantidade de ruído durante 8 horas de exposição. Não existe na literatura trabalhos que divergem da utilização de doses de ruído como valores instantâneos, e, levando em consideração que uma dosimetria tem maior representatividade do que valores instantâneos, pois demonstram a média do ruído durante um determinado período, estes valores foram comparados aos limites da OMS neste trabalho e da NBR10151.

Para a mensuração da medição foi usado um medidor integrador de uso pessoal, fabricado conforme norma ANSI S1.25 – 1991, da marca Instruterm, modelo DOS-500, com certificado de calibração nº 5674-2015, o procedimento de calibração: PC-06 Rev.5 e com Normas de Referência: ISO/IEC 60651 ajustados aos seguintes parâmetros:

- Circuito de ponderação - "A";
- Circuito de resposta – lenta (slow);
- Critério de referência – 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas;
- Nível limiar de integração – 80dB(A);
- Faixa de medição mínima – 80 a 115 dB(A);
- Incremento de duplicação de dose = 5 (q=5);
- Indicação da ocorrência de níveis superiores a 115dB(A).

Foram realizadas 28 medições de ruído com duração de 8 horas, duas medições com duração de 6 horas e três medições com duração de 9 horas. Todas durante o horário de trabalho dos funcionários escolhidos, com intervalo de uma hora para almoço (sem medição). As medições foram realizadas no período de setembro de 2015 a janeiro de 2016, com três medições semanais em pontos diferentes.

4ª Fase - Após todos os dados coletados foram comparados os resultados com os limites impostos pelas diretrizes para ruído na comunidade da OMS e com os limites da NBR 10151.

III. RESULTADOS

As dosimetrias de ruído realizadas durante a pesquisa forneceram dados que foram utilizados neste trabalho para analisar a exposição dos trabalhadores do comércio no centro da cidade de São Miguel dos Campos, no período de setembro de 2015 a janeiro de 2016.

A Tabela 1 representa as 33 medições realizadas.

Tabela 1: medição das dosimetrias de ruído.

ORDEM	DATA	VALORES MÉDIOS (dB(A))	DURAÇÃO DA MEDIÇÃO (HH:MM)
1	22/09/2015	67,6	09:03
2	24/09/2015	68,4	09:02
3	30/09/2015	65,3	08:06
4	01/10/2015	65,7	08:01
5	05/10/2015	74,6	08:01
6	06/10/2015	70	08:00
7	14/10/2015	69,3	08:03
8	15/10/2015	68,4	08:01
9	19/10/2015	77,6	08:02
10	21/10/2015	69,1	08:05
11	26/10/2015	71	08:01
12	28/10/2015	77,1	08:02
13	03/11/2015	73,5	08:05
14	11/11/2015	78	08:09
15	16/11/2015	69,9	08:02
16	18/11/2015	72,1	08:04
17	21/11/2015	76,3	06:00
18	23/11/2015	73,1	08:08
19	26/11/2015	70,9	08:00
20	01/12/2015	77,7	08:02
21	04/12/2015	71,9	08:02
22	07/12/2015	74,6	08:02
23	12/12/2015	68,1	06:05
24	14/12/2015	66,2	08:04
25	17/12/2015	72,7	09:12
26	21/12/2015	72,2	08:00
27	04/01/2016	67,5	08:10
28	08/01/2016	71,5	08:00
29	11/01/2016	67,1	08:00
30	15/01/2016	73,7	08:03
31	18/01/2016	71,6	08:09
32	25/01/2016	75,3	08:01
33	28/01/2016	71,8	08:01

Fonte: Autor, 2016.

A quinta coluna da tabela 1 representa a média do ruído acumulado em 8 horas de trabalho. Padronizando os dados, foram descartadas as medições com duração menor que oito horas, não sendo utilizadas para os cálculos estatísticos ou comparativos as medições de número 1, 2, 17, 23 e 25.

Comparando os valores médios medidos com o limite estipulado pela OMS para emissão de ruído no comércio, conforme tabela 2, constata-se que 64,29% das medições estão acima do limite estabelecido pela OMS para emissão de ruído urbano em áreas comerciais (70 dB (A)).

ISSN 1809-3957

Tabela 2: Comparação dos valores médios medidos com o limite estipulado pela OMS para o comércio

VALORES MÉDIOS	Porcentagens	Quantidades
Até 70 dB(a)	35,71	10
Acima de 70 dB(a)	64,29	18

Fonte: Autor, 2016.

A tabela 3 demonstra os valores da média da amostra, desvio padrão, variância e nível de confiança. Estes dados estatísticos são importantes para fomentar informações para o teste de hipótese e para a comparação entre a média amostral e os limites das principais normas.

Tabela 3: dados estatísticos da amostra de valores médios

VALORES MÉDIOS	
Média	71,66785714
Erro padrão	0,6860294
Mediana	71,7
Modo	74,6
Desvio padrão	3,63012637
Variância da amostra	13,17781746
Curtose	-0,661362001
Assimetria	0,067136049
Intervalo	12,7
Mínimo	65,3
Máximo	78
Soma	2006,7
Contagem	28
Nível de confiança (95,0%)	1,407616058

Fonte: Autor, 2016.

Os valores médios com o limite de ruído urbano definido pela NBR 10151 – que trata do conforto acústico da comunidade e que determina 60dB(A) como valor máximo aceitável de pressão sonora em ambientes comerciais durante o dia, consta-se que 100% das medições ultrapassam seus limites.

A Tabela 4 compara a média amostral com os limites estipulados pelas diretrizes da OMS e com o limite para o ruído no comércio da NBR 10151.

Tabela 4: comparação entre a média amostral e os limites da OMS e da NBR 10151

NORMAS	VALORES MÁXIMOS (dB(A))	MÉDIA AMOSTRAL (dB(A))	MEDIÇÕES SUPERIORES AOS LIMITES (%)
OMS	70	71,66	64,29
NBR 10151	60	71,66	100

Fonte: Autor, 2016.

3.1. Tratamento estatístico dos valores médios

Neste trabalho optou-se por fazer um teste de hipótese utilizando os dados do valores médios obtidos durante as medições, considerando como hipótese nula a afirmação de que a média dos valores médios é igual a 70dB(A). Contrariamente, temos como hipótese alternativa a afirmação de que os valores médios são maiores do que 70dB(A).

O teste de hipótese servirá para verificar estatisticamente se os valores médios medidos estão acima do limite de ruído urbano que preconiza a OMS para ambientes comerciais.

Será utilizado o Teste de Hipótese Unilateral Superior.

Definição da Hipótese: $H_0 = \mu_m = 70dB(A)$

$H_1 = \mu_m > 70dB(A)$

Onde: H_0: hipótese nula; H_1: hipótese alternativa

De acordo com os dados estatístico da amostra, será adotado nível de confiança $\alpha = 95\%$ (tabela 05) e a estatística de teste descrita na equação (1).

$$Z_{teste} = \frac{\mu_m - \mu_0}{\delta/\sqrt{n}} \quad (1)$$

Sendo: Z_{teste} = Estatística de teste;
μ_m = média amostral calculada na tabela 03, igual 71,67;
μ_0 = valor de referência que foi testado para valores médios igual a 70 dB(A);
δ = desvio padrão da amostra calculado e demostrado na tabela 05, igual a 3,63;
n = número de medições estudadas, igual a 28.
Substituindo os valores na formula, encontramos $\mathbf{Z_{teste} = 2,43}$.

Faz-se necessário determinar a área de rejeição e a área de aceitação do H_0 para determinar a aceitação da hipótese nula ou da hipótese alternativa. A Tabela 5 mostra as decisões do teste de hipótese.

Tabela 5: Decisões do Teste de Hipótese

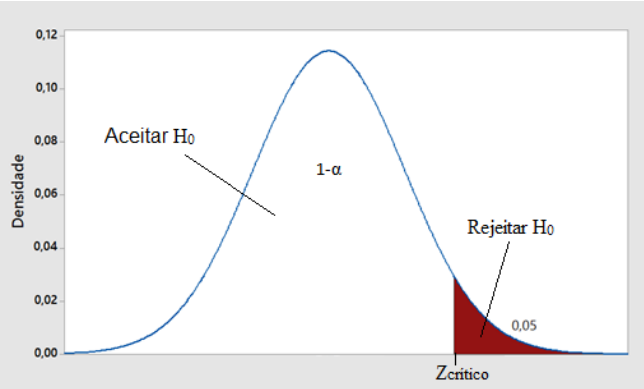
DECISÃO		H_0 VERDADEIRO	H_0 FALSO
Aceitar H_0 = aceitar que a média do ruído está abaixo do limite da OMS	Se $Z_{teste} \leq Z_{crítico}$	Decisão correta	Erro do tipo II
Rejeitar H_0 = aceitar que a média do ruído está acima do limite da OMS	Se $Z_{teste} > Z_{crítico}$	Erro do tipo II	Decisão Correta

Fonte: Autor, 2016.

O Gráfico 1 representa a região de rejeição ou de aceitação de H_0 para o teste de hipóteses realizado.

ISSN 1809-3957

Gráfico 1: Região de aceitação e rejeição do H_0



Fonte: Autor, 2016.

Utilizando a Tabela 3 de distribuição normal, encontra-se o valor de $\mathbf{Z_{crítico}}$ igual a **1,645**. A determinação deste valor se faz necessária para identificar no gráfico qual a região limite da média amostral na qual podemos ter certeza da aceitação ou rejeição do H_0. Este valor foi encontrado na tabela normal utilizando o valor de α igual a 0,05.

Segundo teste de hipótese, temos:

Aceitar H_0 se $Z_{teste} \leq Z_{crítico}$;

Rejeitar H_0 se $Z_{teste} > Z_{crítico}$

Sendo Z_{teste} = 2,43 e maior do que $Z_{crítico}$=1,645, chega-se à conclusão de que se deve rejeitar H_0. A rejeição de H_0 leva a conclusão de que a média dos valores medidos está acima do limite de tolerância estipulado pela OMS.

O teste de hipóteses comprovou que a média dos valores medidos está acima dos limites da OMS que é de 70 dB(A), por comparação constatou-se que também será para o limite estipulado pela NBR 10151, de 60 dB(A).

IV. CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu os objetivos a que se propôs, apresentando-se como pioneiro estudo do ruído no centro de São Miguel dos Campos, Alagoas, Brasil e apresentando aqui medidas de controle de ruído urbano.

Pode-se concluir que no período das medições, os níveis de ruído urbano no centro da cidade estudada, provocado por diversas fontes, estão acima dos limites permitidos pelas principais normas.

Constatou-se que a média do ruído emitido pelas várias fontes existentes dentro dos ambientes comerciais e fora deles está acima do limite orientado pela OMS (70dB(A)) e acima do limite estipulado pela NBR 10151 (60dB(A)), o que pode ocasionar danos à saúde do trabalhador.

Os efeitos nocivos à saúde causados pelo excesso de ruído são cumulativos e atingem a vida das pessoas lentamente causando distúrbios neurológicos, doenças cardiovasculares, além de perturbação do sono. Estes danos são de caráter definitivo e podem ocasionar a perda da audição. Os trabalhadores do comércio são expostos ao ruído em excesso durante longos períodos de tempo e fazem parte do grupo de risco que pode ser afetado por estes danos.

Faz-se necessário, diante do exposto, por parte do poder público maior fiscalização e controle da emissão de ruído no centro da cidade de São Miguel dos Campos. Bem como, é preciso conscientizar a sociedade dos efeitos do ruído sobre a saúde e da importância do controle das diversas fontes.

Sugere-se ainda, a criação de um órgão pela Prefeitura Municipal de São Miguel dos Campos, com a incumbência de receber, analisar, registrar queixas e atuar preventivamente nos ambientes comerciais desta cidade, evitando que a emissão de ruído ultrapasse os limites permitidos e que possam vir a causar danos à saúde dos comerciários e da comunidade.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10.151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT; 2000.

BRASIL, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT; 1987.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. **NHO 01** -Norma de Higiene Ocupacional 01: Avaliação da exposição ocupacional ao ruído. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**: Resultados da Amostra – Trabalho. São Miguel dos Campos: 2010. Disponível em: http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=270860&idtema=107&search=alagoas|sao-miguel-dos-campos|censo-demografico-2010:-resultados-da-amostra-trabalho--. Acesso em: 23 de novembro de 2014.

WHO - **World Health Organization**. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen. 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

ANÁLISE DE CENÁRIO PROSPECTIVO DE APLICAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NO ÂMBITO EDUCACIONAL BRASILEIRO

ANALYSIS OF A PROSPECTIVE SCENARIO FOR THE APPLICATION OF THE INTERNET OF THINGS IN THE BRAZILIAN EDUCATIONAL AREA

RIMENA CANUTO OLIVEIRA[1,2]; ALAN KILSON RIBEIRO ARAÚJO[1,2,3]; DANILO ALVES DO NASCIMENTO [3]; JOSÉ ALBERTO ALENCAR LUZ [1,2];; RODRIGO FRANCO GONÇALVES[1]

1 – UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP/PPGEP; 2 – FACULDADE SANTO AGOSTINHO - FSA;

3 – INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ - IFPI

rimenacanuto@hotmail.com; alankilson@hotmail.com ; daniloalves@ifpi.edu.br ; josealberto@socimol.com.br ; rofranco@osite.com.br;

Resumo - A Internet das Coisas (IoT) é resultado da convergência de diversas tecnologias, em primeiro lugar, a miniaturização e popularização de sensores que viabilizam a coleta e transmissão de dados, o cenário prospectivo da IoT também é contemplado no âmbito educacional, ao apoiar, melhorar e garantir processos educacionais inovadores. Desta forma, o objetivo do presente estudo é realizar a análise de cenários prospectivos de aplicação da internet das coisas no âmbito educacional brasileiro realizando um estudo de caso em uma escola em Vitória da Conquista - BA. A metodologia aplicada é o método análise de cenário e estudo de caso e a abordagem qualitativa. Concluiu-se que o projeto de implantação da Internet das Coisas no âmbito educacional em Vitória da Conquista com a utilização de chip nos uniformes, não evoluiu devido às falhas no sistema de operação e durabilidade do chip após lavagem das roupas evidenciando um estudo mais aprofundando na busca de melhorias na efetividade do projeto e depois assim reativá-lo.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Educação; Projeto em Vitória da Conquista.

Abstract - The Internet of Things (IoT) is the result of the convergence of several technologies, in the first place, the miniaturization and popularization of sensors that make possible the collection and transmission of data, the IoT prospective scenario is also contemplated in the educational scope, supporting, improving And ensure innovative educational processes. In this way, the objective of the present study is to carry out the analysis of prospective scenarios of Internet application of things in the Brazilian educational context, carrying out a case study in a school in Vitória da Conquista - BA. The methodology applied is the scenario analysis and case study method and the qualitative approach. It was concluded that the project of implantation of the Internet of Things in the educational field in Vitória da Conquista with the use of chip in the uniforms, did not evolve due to the failures in the operation system and durability of the chip after washing the clothes showing a further study in the Search for improvements in the effectiveness of the project and then reactivate it.

Keywords: Internet of Things; Education; Project in Vitoria da Conquista

I. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica proporcionou em larga escala mudanças significativas no contexto informacional, assim, ao longo dos anos foram desenvolvidos cada vez mais mecanismos complexos e eficientes que aumentaram a eficiência para a busca, localização, recuperação, uso e divulgação da informação (CARVALHO; SOUZA, 2015).

Com isto, pode-se atribuir tais características tecnológicas a Internet das Coisas, que, de acordo com Mattos Filha (2013, p.77), pode ser "considerada como uma espécie de rede de objetos inteligentes, formados por pequenos dispositivos que possibilita, através de um identificador único, conter um pequeno repositório com dados e informações que podem ser comunicados através de um dispositivo externo". Sendo a Internet das coisas a evolução tecnológica da comunicação e da computação, sua inovação, que se dará por meio de fatores importantes como sensores, Wireless e nanotecnologia. Isso promoverá a possibilidade de objetos de uso comum no dia-a-dia serem conectados à rede favorecendo a interação entre objetos e pessoas.

Uma das propostas da IoT é permitir, com o uso de tecnologias de rastreamento, identificação e troca de informações, que numerosos objetos comuniquem-se automaticamente e a distância, estudo este que poderá permitir diversas utilizações (MOLINA, 2012).

Assim a satisfação atual com a Internet das Coisas (IoT) é resultado da convergência de diversas tecnologias, em primeiro lugar, a miniaturização e popularização de sensores que viabilizam a coleta e transmissão de dados, com estimativa de mais de 40 bilhões de dispositivos conectados em 2020. Tal conectividade é viabilizada pelo avanço das redes sem fio, tornando onipresente o acesso e a transmissão dos dados para a Internet (ALMEIDA, 2015).

Entendendo a Internet das Coisas um fenômeno atual de grande significado técnico, social e econômico, ocorre um processo de convergência onde produtos de consumo, bens duráveis, componentes industriais e de utilidade pública, sensores e outros objetos do cotidiano estão sendo

ISSN 1809-3957

combinados com a conectividade da Internet e com capacidades analíticas de dados poderosas que prometem transformar a forma como nós trabalhamos, vivemos e nos divertimos (POETAS.IT, 2016).

Desta forma, surge o interesse pelo conhecimento do futuro, que está biologicamente associado ao homem, já que é relacionado ao seu instinto de sobrevivência. Nas organizações é fundamental esse conhecimento, pois pode diminuir ou mesmo eliminar a variável de risco. Uma das formas de responder a pergunta sobre como será o futuro sem que isso se constitua meio de adivinhação é mediante a utilização de cenários prospectivos (CARVALHO; SOUZA, 2015).

A importância de se trabalhar com cenários permite "estimular a imaginação, reduzir as incoerências, criar uma linguagem comum e permitir a reflexão" (VALDEZ, 2007).

A prospectiva visa avaliar o futuro para explicar o presente, sua postura é marcadamente pró-ativa e não encara o futuro apenas como prolongamento do passado, pois o futuro está aberto às ações de múltiplos atores que agem, hoje, em função dos seus projetos para o futuro (CARVALHO; SOUZA, 2015).

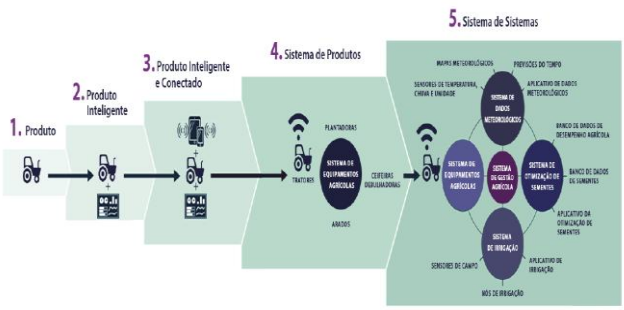
Desta forma, o cenário prospectivo da IoT também é contemplado no âmbito educacional, ao apoiar, melhorar e garantir processos educacionais inovadores, sendo exemplos de aplicações: a aprendizagem móvel, que permite que conteúdos curriculares possam ser acessados, compartilhados além disso, discutidos fora da sala de aula e a acessibilidade de alunos com necessidades especiais através do uso de cartões (TEC.EDU., 2016).

Diante disto, o presente estudo realiza um estudo de caso com enfoque na análise de cenários prospectivos de aplicação da Internet das Coisas no âmbito educacional em Vitória da Conquista.

II. PROCEDIMENTOS

A Internet das Coisas é uma infraestrutura de rede global dinâmica, baseada em protocolos de comunicação onde coisas físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, utilizando interfaces inteligentes e integradas às redes telemáticas. Para que haja a Internet das Coisas é preciso o desenvolvimento de ações que utilizam softwares para a construção dos objetos que se utilizam sensores ou outros dispositivos conectados, conforme demonstra a figura 01 abaixo (SUNDMAEKER et al., 2010).

Figura 1 - Produtos Inteligentes Conectados.



Fonte: POETAS.IT, 2016.

Desta forma, surge o interesse pelo conhecimento do futuro, que está diretamente relacionado à aplicabilidade da Internet das Coisas em vários segmentos, inclusive no âmbito educacional, onde uma das formas de responder ao questionamento de como será o futuro de sua aplicação é através da utilização de cenários prospectivos (CARVALHO; SOUZA, 2015; TEC.EDUC, 2016).

Para Franco (2007) cenário é "a existência de mais de uma solução é condição básica para a tomada de decisão e uma das bases do planejamento estratégico".

O planejamento prospectivo é, portanto, "um processo estruturado e coordenado, que tem como função a formulação de estratégias para se atingirem objetivos" (CARDOSO et al., 2005).

Dahis (2008) define cenários prospectivos como configurações de imagens de futuro condicionadas e fundamentadas em jogos coerentes de hipóteses sobre os prováveis comportamentos das variáveis determinantes do objeto de planejamento.

Os cenários prospectivos têm o objetivo de se perscrutar o futuro e preparar sociedades e instituições para se ajustarem às conjunturas então previstas ou previsíveis (futuros alternativos) (COUTEAU-BÉGARIE, 2007).

Para a efetivação de cenários prospectivos, há uma grande quantidade de métodos e técnicas utilizados para prospecção de futuro, existem os métodos formais, informais e quantitativos; os métodos formais são entrevistas estruturadas, análises morfológicas, discussões organizadas sobre questões predeterminadas, Delphi, análise de impactos cruzados, construção e análise de cenários (CARDOSO et al., 2005).

A utilização da análise prospectiva vem se difundido principalmente na Europa, empresas como: BASF, DaimlerChrysler, Èletricité de France, Elf, Renault, Schne ider, Shell aplicam este ferramental para a construção de cenários que embasam o planejamento estratégico da mesma forma as empresas médias começam a perceber a lógica do processo de planejamento baseado em cenários (VILELA; MAIA, 2016).

Carvalho e Souza (2015) afirmam que em relação ao futuro da Internet das Coisas, atualmente existem 36 plataformas tecnológicas européias (PTE) e cinco iniciativas tecnológicas conjuntas (ITC) abrangendo as áreas tecnológicas mais importantes que se conectam a milhares de empresas européias, institutos de pesquisas e tomadores de decisões políticas e que 10 dessas PTE se tornaram importantes para a Comissão Européia em termos de desenvolvimento de agendas estratégicas de pesquisa e definição das tecnologias necessárias para a implementação do futuro da internet.

Jafarey (2015) prevê uma análise prospectiva da Internet das Coisas em relação as empresas, verificando que possivelmente o futuro das empresas dependerá da forma como as companhias abordarão as possibilidades de Internet das Coisas. Os departamentos mais inovadores verão o conceito como um grande horizonte cheio de possibilidades para criar novas formas de negócio e atuarem de forma mais preditiva na relação com o mercado e os clientes.

CINCO DIMENSÕES estruturais para serem estudadas em detalhe quando se discute a Internet das Coisas no Brasil e o que deveríamos fazer para que a IoT fosse importante para o país. Tais dimensões são as de COMPLEXIDADE do Problema e do Fenômeno Econômico, PRODUTOS INTENSIVOS em SERVIÇOS, ECOSSISTEMAS

ISSN 1809-3957

EMPRESARIAS e ORGANIZACIONAIS e GOVERNANÇA necessárias para o desenvolvimento econômico, social e sustentado da Internet das Coisas no Brasil. Vale salientar, e tratamos com destaque, que nada será possível se não desenvolvermos as competências humanas e de relação com o mercado demandadas neste contexto (POETAS.IT, 2016, p. 8).

O cenário prospectivo da IoT também é contemplado no âmbito educacional, ao promover processos educacionais inovadores, facilitando o acesso e desempenho dos alunos (TEC.EDU., 2016).

A pesquisa desenvolvida é a do tipo bibliográfica, realizada com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos e com utilização do método análise de cenário, que enquadra-se na abordagem qualitativa. Este procedimento permite adquirir conhecimento do fenômeno estudado a partir da exploração intensa de um único caso (GIL, 2010).

Diante disto, aborda-se a análise de cenário prospectivo de aplicação da Internet das Coisas dentro de um estudo de caso no âmbito educacional em Vitória da Conquista - BA.

III. RESULTADOS

Um cenário prospectivo da IoT no âmbito educacional é citado por Lemos (2016). Tratou-se de um projeto revolucionário no Brasil, que teve como objetivo monitorar a entrada e a saída de alunos do Centro Municipal de Educação Professor Paulo Freire (CAIC), em Vitória da Conquista – BA. A Prefeitura investiu cerca 1,2 milhão de reais no projeto, com o objetivo de atender 25 escolas e mais de 20 mil alunos da rede municipal da cidade no ano de 2012, tendo como meta que em 2013, todos os 43 mil estudantes da rede pública da cidade, entre 4 e 14 anos, já possuíssem uniformes com a tecnologia RFID. Toda etiqueta RFID tem um código universal e é cadastrada no sistema da instituição com os dados do estudante e o número do telefone celular de seus pais ou responsáveis que seriam os recebedores das informações de entrada e saída do aluno da escola, também foi instalado um leitor na portaria da escola, de modo que quando o aluno vestido no uniforme passe pela portaria, o leitor ativa a etiqueta nesse exato momento, produzindo essa informação de entrada e saída de aluno.

Entretanto, de acordo com o autor supracitado o projeto suscitou em diversas controvérsias entre pedagogos, psicólogos, jornalista, intelectuais, pais e alunos. Esse caso de aplicação de IoT é interessante para mostrar como as controvérsias expressam o magma social, isto é, o social antes de estabilizações e caixas-pretas.

Não bastasse as diversas discussões sobre o projeto, o sistema não apresentou funcionalidade efetiva envolvendo falhas técnicas, que de acordo com o relato de mães transcreve-se: "as informações da minha filha nunca chegaram", "as do menino vinham, mas só de vez em quando". Também houve vários relatos de problemas com a durabilidade das peças, que não teriam resistido às lavagens constantes dos uniformes. Além disso, os resultados obtidos com o sistema foram tímidos e, de acordo com a Secretaria Municipal de Educação, após a adoção dos uniformes com chip, a redução da evasão escolar nas unidades foi de apenas 2% (DÉCIMO, 2013).

Alguns autores como Carvalho e Souza (2015) sugerem outras utilizações da IoT no âmbito educacional, como em bibliotecas, em que entre as possibilidades vislumbradas, destacam-se: localização do material no acervo por meio de sensores que indicariam onde está inserido o item na estante, controle de incêndio, enchentes ou outros problemas ambientais, timidamente pode-se considerar o inventário eletrônico como um dos usos com a Internet das coisas, a partir do momento em que a leitura do código de barras é feita diretamente de um mecanismo nas etiquetas do livro, sem a necessidade de retirá-los das estantes, ressalta-se ainda as etiquetas magnéticas anti-furtos inseridas nos livros, que são detectadas por portão eletrônico.

Sundmaeker et al. (2010) comentam que com a Internet das Coisas no âmbito educacional, os livros inteligentes do futuro irão interagir com o sistema de entretenimento, tais como multimídia, hipertexto; e na tela da TV poderão constar informações adicionais sobre o tema que se está lendo em tempo real.

Trazendo para dentro dos portões da escola a Internet das Coisas, Claro (2016) também sugere exemplos simples, como transformar o celular dos alunos em um mecanismo valioso de acompanhamento da vida escolar, em que ao conectar diferentes espaços e objetos da escola, um aluno poderia utilizar o seu celular para acessar laboratórios, verificar a disponibilidade de livros na biblioteca, marcar reuniões ou até comprar lanches; tudo isso ficaria registrado, ao mesmo tempo em que sensores no material escolar poderiam contabilizar faltas ou acompanhar o seu trajeto de volta para casa, haja vista que a integração desses objetos à internet permite registrar as preferências dos alunos e reunir um grande volume de dados, como a quantidade de vezes que ele comprou doces na cantina ou chegou atrasado na escola.

A Internet das Coisas pode ser também utilizada para fins de segurança nas escolas, sendo que estas podem criar alavancas ou botões em toda a escola que, quando acionados, iniciam um sistema de bloqueio personalizado, que pode incluir, entre outras funcionalidades, perímetro de segurança automático, notificação imediata das autoridades e transmissão de vídeo para a polícia, onde possam monitorar a atividade do intruso (EDUCADORES INOVADORES, 2014).

IV. CONCLUSÃO

Atendendo ao objetivo central do referido artigo, a análise dos cenários prospectivos de aplicação da Internet das Coisas no âmbito educacional brasileiro, por meio de um estudo de caso em uma escola de Vitória da Conquista-BA, verificou-se que o projeto de implantação da Internet das Coisas no âmbito educacional em Vitória da Conquista com a utilização de etiquetas RFID nos uniformes com objetivos de levar informações aos pais ou responsáveis sobre a entrada e saída de alunos da escola não evoluiu devido às falhas no sistema de operação e durabilidade do chip após lavagem das roupas, evidenciando um estudo mais aprofundando na busca de melhorias na efetividade do projeto e depois, assim, reativá-lo.

Assim como há uma nítida evolução tecnológica ao lado do desenvolvimento do homem, existe também uma nítida vulnerabilidade do país com relação a estes avanços tecnológicos. Por ser um sistema complexo, necessária seria uma combinação com a estrutura econômica do país, considerando que os avanços tecnológicos traduzem os avanços econômicos.

ISSN 1809-3957

Devido IoT estar ainda em fase ainda de construção e potencial de externalidades para a economia e bem estar no Brasil, para muitos países e regiões tornou-se um problema estratégico de grande interesse, por causa de seus potenciais impactos econômicos e sociais.

Neste sentido, se a Internet das Coisas é uma infraestrutura de rede global dinâmica que necessita do desenvolvimento de ações que utilizem softwares, a mesma está intimamente ligada ao crescimento econômico.

Além do mais, se o cenário prospectivo da Internet das Coisas induz a um processo estruturado e coordenado visando uma conjuntura futura, se torna, no mínimo, relevante o projeto de monitoramento, por meio da IoT no sistema educacional.

O referido projeto, embora complexo e ainda carente de aprimoramento, aduz a um crescimento significativo do cenário educacional, tendo em vista que o conhecimento pelo futuro está ligado à aplicabilidade da Internet, pois como dito, a população se consagra, hoje, por meio dos avanços tecnológicos.

Observou-se também outras sugestões de aplicabilidade da Internet das Coisas no âmbito educacional, como em bibliotecas, livros inteligentes, uso do celular para acessar laboratórios, livros, comprar lanches e também utilidade no quesito segurança dos alunos. Compreende-se, desta forma, que ainda assim a Internet das Coisas é um campo promissor nos cenários prospectivos inclusive no âmbito educacional.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. Internet das Coisas: Nós, as cidades, os robôs, os carros, tudo conectado. **Revista da sociedade brasileira**. Porto Alegre. 2015.

BRANCO, A. L. **Revoluções industriais: Primeira, segunda e terceira revoluções**. 2007. Disponível em: http://educacao. uol. com. br/ disciplinas/ geografia/ revolucoes-industriais-primeira-segunda-e-terceira-revolucoes.htm Acesso em: 02/12/2016.

CARDOSO, L. R. A. et al. Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 63-78, jul./set. 2005.

CARVALHO, T.; SOUZA, T. L. Internet das Coisas e Sua Aplicação em Bibliotecas. **Revista Gestão**. Org. v.13. ed. Especial. 2015. p.264-270.

CLARO, M. **Como a Internet das Coisas pode entrar nas escolas**. 2016.Disponível em: https:// www. moodlelivre. com. br/ noticias/ 1481 como–a–internet -das- coisas-pode entrar-na-escola acesso em: 02/01/2017.

COUTEAU-BÉGARIE, H. **Os Grandes Desafios Estratégicos do século XXI**, palestra in VI Encontro Nacional de Estudos Estratégicos. EGN. Rio de Janeiro. 2007.

DÉCIMO, T. **Chip será retirado de uniforme em Vitória da Conquista.** 2013. Disponível em: http:// www. estadao. com. br/ noticias/ geral, chip-sera-retirado-de-uniforme-em-vitoria-da-conquista,1091860 acesso em 02/01/2017.

EDUCADORES INOVADORES. **Internet das Coisas traz uma nova era para a educação.** 2014. Disponível em: http:// www. blogeducadoresinovadores. com.br /2014/ 12/ 01/internet-das-coisas-traz-uma-nova-era-para-a-educacao/ acesso em 02/01/2017.

FRANCO, F. L. **Prospectiva estratégica:** Uma metodologia para a construção do futuro. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª Ed. Atlas: São Paulo. 2010.

GRISI, C. C. H.; BRITTO, R. P. **Técnica de Cenários e o Método Delphi: uma aplicação para o ambiente brasileiro**. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA-USP, 6., 2003, São Paulo.

HOBSBAWN, E. J. **Industry and Empire: From 1750 to the Present Day**, rev. and updated with Chris Wrigley, 2nd ed., New York: New Press, 1999.

JARAFEY, A. **Capacidade explorar IoT definirá o futuro da tecnologia e do CIO**. 2015. Disponível em: http://computerworld.com.br/capacidade-explorar-iot-definira-o-futuro-da-tecnologia-e-do-cio. Acesso em: 10/12/2016.

LEMOS, A. **A comunicação das coisas, Internet das coisas e teoria Ator-Rede Etiquetas de radiofrequência em uniformes escolares na Bahia**. Disponível em: http://www.seminariosmv.org.br/textos/Andre%20Lemos.pdf Acesso em: 10/12/2016.

MATTOS FILHA, M. H. F. **A biblioteca universitária e a educação superior a distância: estudo do planejamento dos serviços, compartilhamento da informação e do conhecimento nas universidades no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal Fluminense, 2013.

MOLINA, F. **USP desenvolve ligados à Internet das Coisas.** 2012. Disponível em: http://www5.usp.br/14645/usp-desenvolve-projetos-ligados-a-internet-das-coisas/ acesso em 02/01/2017.

POETAS.IT. **IoT - Uma Estratégia para o Brasil / Consolidação de uma visão unificada para orientação e proposição de políticas públicas sobre Internet das Coisas no Brasil v.1.2.** 2016. Creative Commons. Disponível em: www.cesar.org.br/poetas.it/visionstatement Acesso em: 05/12/2016

REVISTA TEC. EDUC. **Internet das Coisas na Educação: aplicações e benefícios**. 2016. Disponível em: http://www.positivoteceduc.com.br/giro-te/internet-das-coisas-na-educacao-aplicacao-e-beneficios/ Acesso em: 05/12/2016.

SOARES, F. **Primeira, segunda e terceira revolução industrial.** 2013. Disponível em: http: // www. geografiaopinativa. com. Br /2013 /12/ primeira- segunda -e- terceira-revolucao. html Acesso em 9/12/2016.

SUNDMAEKER, H. et al. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. In: **Cluster of European Research Projects on the Internet of Things.** European Commission- Information Society and Media DG, Brussels, Mar. 2010. p. 230.

VALDEZ, Tomás Alves de Só. **Regionalização e Integração Sistêmica:** cenários para a reforma do Sistema de Saúde de Cabo Verde. 2007. 240 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro, 2007.

VILELA, L. E.; MAIA,S.W. **Utilização da análise prospectiva e da metodologia de planejamento para a construção de cenários norteadores do planejamento estratégico em empresas de médio porte - O caso da Brazshipping Marítima LTDA**. Disponível em: http: //www. anpad. org. br/ diversos/ trabalhos/ 3Es/ 3es_2003/ 2003_3ES40.pdf Acesso em: 07/12/2016.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PELA CAPES NO BRASIL E O MODELO INTERNACIONAL DA *THOMSON REUTERS*

EVALUATION OF POSTGRADUATE PROGRAMS BY CAPES IN BRAZIL AND THE INTERNATIONAL THOMSON REUTERS MODEL

ALMIR RIBEIRO SANTOS JUNIOR[1]; MARCELO EMBIRUÇU[1]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
almirjunior30@hotmail.com, embirucu@ufba.br

Resumo – Com o rápido crescimento social e econômico, o Brasil avançou e indicadores têm sido usados com mais frequência. Em 2013, o Brasil ficou entre as sete economias do mundo e ocupou o 13º lugar no ranking dos países com maior produtividade científica. A Avaliação da Pós-Graduação Stricto sensu é de interesse de toda a comunidade acadêmica que atua nos programas de mestrado e doutorado no Brasil. Existem regras para avaliação da Engenharia III, e que observações devem ser consideradas para a obtenção dos conceitos que serão transformados em pontuação, segundo norma CAPES. A metodologia de avaliação da CAPES, leva em consideração os critérios e recomendações da área para produção bibliográfica e científica. Tendo em vista modelos internacionais de avaliação e rankings que se destaca por utilizarem em sua metodologia 13 indicadores e, para o cálculo da classificação geral o "Z-Scores", a Thomson Reuters utiliza esta metodologia para calcular os indicadores das revistas de avaliação e rankings internacionais e com grande importância no cenário acadêmico. E neste estudo ficou claro que o método objetivo mostra a veracidade de suas avaliações, devido ao uso de normas e métodos aplicados com rigor. Entretanto, a avaliação por pares é um dos principais métodos aplicados para avaliar o desempenho dos programas de pós-graduação stricto sensu praticados pela CAPES.

Palavras-chave: Avaliação, Pós-graduação, Engenharia.

Abstract - With rapid social and economic growth, Brazil has advanced and indicators have been used more frequently. In 2013, Brazil ranked among the seven economies of the world and ranked 13th in the ranking of the countries with the highest scientific productivity. The Stricto Sensu Post-Graduation Evaluation is of interest to the entire academic community that operates in master's and doctoral programs in Brazil. There are rules for evaluation of Engineering III, and that observations must be considered in order to obtain the concepts that will be transformed into punctuation according to the CAPES standard. The CAPES evaluation methodology takes into account the criteria and recommendations of the area for bibliographic and scientific production. In view of the international valuation models and rankings that stand out for using 13 indicators in its methodology, and for calculating the overall classification of "Z-Scores", Thomson Reuters uses this methodology to calculate the indicators of valuation magazines and International rankings and with great importance in the academic world. And in this study it was evident that the objective method shows the veracity of its evaluations, due to the use of norms and methods applied with rigor. However, peer evaluation is one of the main methods applied to evaluate the performance of CAPES practiced postgraduate programs.

Keywords: Evaluation, Postgraduate, Engineering.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o rápido crescimento social e econômico, o Brasil tem avançado e indicadores têm sido utilizados com uma maior frequência. No ano de 2013 o Brasil ficou entre as sete economias do mundo, e ocupou o 13º lugar no *ranking* de países de maior produtividade científica. A expectativa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) é de ocupar a 9º ou a 10º colocação nos próximos anos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 7,9% da população brasileira tem formação em ensino superior, e atualmente conta com sete milhões de matriculados neste nível de ensino. Mas para assegurar qualidade e expansão, avaliações de desempenho são realizadas e seus indicadores servem de referência. Por outro lado, as Instituições de Ensino Superior (IES) são exibidas e questionadas por seus indicadores e quanto ao *ranking* recebido.

O sistema de avaliação da Pós-graduação (PG) foi implantado pela (CAPES) em 1976 e vem cumprindo com relevância o seu papel para o desenvolvimento da pós-graduação e da pesquisa científica e tecnológica no Brasil, para o qual, tem uma grande importância no acompanhamento e avaliação dos programas existentes. Os objetivos visam, de forma evolutiva, a impulsionar o Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG), com metas e desafios que expressem o aumento da competência nacional, e também contribuir para o aprimoramento de cada programa da pós-graduação, assegurando-lhe, o parecer elaborado por consultores vinculados a instituições de ensino das diferentes regiões do país, através de análises por pares. A Avaliação é compreendida por acompanhamento anual e avaliação trienal do desempenho de todos os programas e cursos, de forma detalhada e criticamente o panorama e suas atividades.

O desempenho da pós-graduação tem uma ligação permanente com a comunidade acadêmica nacional, e um processo de integração com a comunidade científica internacional, orquestrado e apoiado pela CAPES e pelo CNPq, possuindo um sistema de avaliação institucional e financiamento do poder público. Tendo total autonomia para realização da avaliação *stricto sensu* no Brasil,

As avaliações passam por vários critérios que buscam medir a produtividade acadêmica, a dedicação do corpo docente, o tempo para conclusão do curso, entre outros aspectos de desempenho (LIDIA *ET AL.*, 2003). O Plano

ISSN 1809-3957

Nacional de Pós-graduação (PNPG) incorpora o princípio de que ele é um fator estratégico no processo de desenvolvimento socioeconômico e cultural da sociedade brasileira. Do ponto de vista institucional cabe à pós-graduação a tarefa de produzir profissionais aptos a atuar nos diferentes setores da sociedade, e capazes de contribuir, a partir da formação recebida, para o processo de crescimento e inovação do país, em todas as dimensões.

Como decorrência disso, é possível impulsionar o avanço científico e tecnológico, com ações de promoção de programas específicos para diminuir as assimetrias entre regiões do Brasil ou assimetrias intra ou inter áreas do conhecimento, bem como impulsionar o estado da arte do conhecimento.

As avaliações são atribuídas aos programas e não aos cursos de forma individual, de forma comparativa entre os Programas nacionais. Elas obedecem aos critérios e metodologias próprios da CAPES, que pode implementar novos programas de apoio e melhorias, caso o SNPG atinja suas metas de produtividade quantitativa e qualitativa. Por outro lado, os Programas de Pós-Graduação Stricto-Sensu nacionais buscam seu aperfeiçoamento seguindo as diretrizes e buscando atingir os padrões de qualidade estabelecidos pela CAPES em seu Sistema de Avaliação. Assim, os resultados do sistema de avaliação têm sido utilizados pelas coordenações de Programas de PG, na definição de estratégias de ação e de melhoria contínua (BRAGA *ET AL.*,2009). Segundo Amaral (2014), a avaliação produz estudos e indicadores que fundamentam políticas governamentais de apoio e crescimento da pós-graduação, sendo atualmente o mais importante instrumento para o fomento, tanto por parte das agências brasileiras, como dos organismos internacionais.

Para Gazzola (2008), ao observar os demais sistemas de avaliações no mundo, dificilmente encontra-se um sistema comparável ao sistema brasileiro. A efetividade na formação de mestres e doutores brasileiros é reconhecida e destacada no cenário internacional. Diante do exposto, percebe-se a preocupação das (IES) brasileiras com o aprimoramento e monitoramento do desempenho dos seus programas de pós-graduação por meio de sistemas de avaliação das próprias IES, e do desempenho de seus programas no sistema de avaliação da CAPES. A avaliação da PG Stricto Sensu é motivo de interesse de toda a comunidade acadêmica que atua nos programas de mestrado e doutorado no Brasil, é objeto de estudos de alguns pesquisadores.

Mas para observadores estrangeiros, o modelo de avaliação tem características objetiva em sua natureza. Utiliza-se a abordagem de caráter mais subjetivo, especialmente para ilustrar os pontos fortes ou fracos identificados durante o processo de avaliação Hortale (2003). Desta forma, por terem uma quantidade muito grande de variáveis para gerarem seus indicadores em um único índice, há a necessidade de estabelecer pesos, envolvendo julgamentos subjetivos criando um desconforto e não tendo um padrão bem definido. Assim, cria um desequilíbrio na distribuição dos recursos para a pesquisa e pós-graduação, com um aumento da assimetria, impedindo o desenvolvimento cientifico e tecnológico de alguns estados da federação.

Para Marcelo *et al.* (2010) não há dúvida de que os instrumentos de medição subjetivos também possuem algumas vantagens em relação aos objetivos. Sistemas com muitos pontos ou indivíduos de medição, faz com que a escolha de instrumentos objetivos de medição seja a melhor alternativa a ser adotada. Além disso, os instrumentos de medição objetivos podem ser continuamente sofisticados e melhorados, a fim de captar, cada vez mais, todas as dimensões que se pretende medir do sistema em questão.

II. AVALIAÇÃO

Por sua vez, existem regras para avaliação da Engenharia III, e que observações devem ser consideradas para a obtenção dos conceitos que serão transformados em pontuação, segundo norma CAPES, essa sistemática de avaliação qualitativa e quantitativa consiste na análise trienal de toda atividade do programa que é relatada anualmente por meio de um sistema próprio denominado "Coleta de Dados", com informações sobre seis eixos principais descritos: Corpo docente, Atividade de pesquisa, Atividade de formação, Corpo discente, Tese e dissertação, e Produção intelectual (AMARAL, 2014). Após a Coleta de Dados, será calculado o total de pontos para cada Programa com referência aos últimos três anos, levando-se em conta os pesos dos Itens e Subitens.

O valor ponderado do triênio será a "Nota do Programa". Dentro da metodologia de avaliação da CAPES que, além dos critérios, há cinco quesitos, com subitens e regras a serem observados criteriosamente por seus consultores, para então aferir a qualidade do curso, através desta avaliação, e o seu conceito. Atualmente o Brasil tem 119 programas de Pós-graduação nesta grande área da engenharia, e se consolidou internacionalmente em 2003 e a partir da última avaliação, atingindo o patamar de excelência internacional, relacionando-se com os programas mais consolidados da área, que obtiverem nota 6 e 7, que são desempenho equivalente ao dos centros internacionais de excelência na área (internacionalização e liderança) (CAPES. 2013).

2.1 levantamentos dos índices

Cada consultor faz a análise geral do programa que lhe foi atribuído, levando em conta todos os demais indicadores quantitativo, logo em seguida redistribuídos entre consultores para o relato e defesa da nota (preliminar) atribuída. Quem fez a análise de um dado programa não receberá o mesmo para o relato.

O levantamento bibliográfico é utilizado dois softwares, a saber, *LattesMiner* e *scriptLate*. Que extraem todos os extratos A1, A2 e B1 e sua verificação um a um e glosados os itens bibliográficos que não correspondem às informações constantes das revistas CAPES (2013).

2.2 Atribuições de Notas

Cada consultor realiza o relato e propõe a nota a ser atribuída ao Programa, sendo submetida à votação do comitê pela atribuição da nota do programa e o relato. As notas atribuídas nesta etapa têm caráter preliminar.

Análise da atribuição de Notas

- São constituídas 5 equipes para análise em conjunto dos programas que:
- Foram indicados para notas 6 e 7;
- Subiram de nota em relação ao Triênio anterior;
- Tiveram a nota mantida em relação ao Triênio anterior;

ISSN 1809-3957

- Tiveram nota para descredenciamento.

São realizados relatos pelos grupos e a submissão para o comitê para a decisão final das notas.

Sendo por último a revisão dos textos, término do Relatório da Avaliação, com a chancela das notas.

Em seguida, inicia-se o levantamento dos índices de desempenho relevantes de cada critério, de acordo com as normas praticadas pelas Engenharias III. Posteriormente, é realizado um exame qualitativo e quantitativo dos itens, fornecendo ao critério um conceito dentro da escala: "Muito bom", "Bom", "Regular" e "Deficiente" CAPES (2013).

Quadro 1: Equivalência numérica

Conceito	Equivalente numérico
Muito bom	**5**
Bom	**4**
Regular	**3**
Fraco **Cancela as autorizações**	**1 e 2**

Fonte: Capes, Documento de área das Engenharias III 2013
Nota: Elaborado pelo autor.

2.3 Critérios de Avaliação

Os dados até aqui citados, fazem referência aos critérios da área das Engenharia III. A metodologia de avaliação da CAPES, leva em consideração os critérios e recomendações da área quanto à produção bibliográfica e cientifica. O quadro 1 e a tabela 1 apresentam, respectivamente, os critérios de avaliação e uma breve descrição dos subcritérios com seus respectivos pesos.

Por meio dos índices retirados dos relatórios de cada programa, avalia-se cada um desses subcritérios de forma qualitativa ou quantitativa. São atribuídos conceitos que variam entre Deficiente, Fraco, Regular, Bom e Muito Bom. Cada um desses subcritérios é associado aos seis critérios de avaliação (CAPES, 2013).

Tabela 1: Critérios e Indicadores de Desempenho da Avaliação das Engenharias III 2013.

Critérios	Subcritérios	Pesos
1. Proposta do Programa	1.1. Coerência, consistência, abrangência e atualização das áreas de concentração, linhas de pesquisa, projetos em andamento e proposta curricular.	40%
	1.2. Planejamento do programa com visitas a seu desenvolvimento futuro, contemplando os desafios internacionais da área na produção de conhecimento, seus propósitos na melhor formação de seus alunos, suas metas quanto à inserção social mais rica dos seus egressos, conforme os parâmetros da área.	40%
	1.3. Infraestrutura para ensino, pesquisa e, se for o caso, extensão.	10%
2. Corpo Docente 20%	2.1. Perfil do corpo docente, considerados titulação, diversificação, aprimoramento e experiência, e sua compatibilidade e adequação à proposta do programa.	30%
	2.2. Adequação e dedicação dos docentes permanentes em relação às atividades de pesquisa e de formação do programa.	30%
	2.3. Distribuição das atividades de pesquisa e de formação entre os docentes do programa.	30%
	2.4. Contribuição dos docentes para atividades de ensino e/ou de pesquisa na graduação, com atenção tanto à repercussão que este item pode ter na formação de profissionais mais capacitados no plano da graduação.	10%
3. Corpo Discente, Teses e Dissertações 35%	3.1. Quantidade de teses e dissertações defendidas no período de avaliação, em relação ao corpo docente permanente e à dimensão do corpo discente.	30%
	3.2. Distribuição das orientações das teses e dissertações defendidas no período de avaliação em relação aos docentes do programa.	10%
	3.3. Qualidade das teses e dissertações e da produção de discentes autores da pós-graduação e da graduação (no caso de IES com curso de graduação na área) na produção científica do programa, aferida por publicações e outros indicadores pertinentes à área.	40%
	3.4. Eficiência do Programa na formação de mestres e doutores bolsistas: Tempo de formação de mestres e doutores e percentual de bolsistas titulados.	20%
4. Produção Intelectual 35%	4.1. Publicações qualificadas do Programa por docente permanente.	50%
	4.2. Distribuição de publicações qualificadas em relação ao corpo docente permanente do Programa.	30%
	4.3. Produção técnica, patentes e outras produções consideradas relevantes.	20%
5. Inserção Social 10%	5.1. Inserção e impacto regional e (ou) nacional do programa.	40%
	5.2. Integração e cooperação com outros programas e centros de pesquisa e desenvolvimento profissionais relacionados à área de conhecimento do programa, com vistas ao desenvolvimento da pesquisa e da pós-graduação.	40%
	5.3. Visibilidade ou transparência dada pelo programa à sua atuação.	20%

Fonte: Capes, Documento de área das Engenharias III 2013.
Nota: Adaptada pelo próprio autor.

A perspectiva da comunidade acadêmica é que o sistema de pós-graduação seja mais dinâmico e capaz de incorpora novos indicadores ao processo de avaliação, tendo em vista modelos internacionais de avaliação e *rankings* que se destacam por utilizar em sua metodologia 13 indicadores, e para o cálculo da classificação geral o *"Z-scores",* para todos os conjuntos de dados, exceto para os resultados da pesquisa e reputação acadêmica, que padroniza os diferentes tipos de dados em uma escala comum, essencial ao combinar diversas informações.

A distribuição **normal** tem um caráter de distribuição de variável aleatória contínua onde, Distribuição Normal Não-padrão, quando as probabilidades que envolvem X são calculadas por "padronização". A variável padrão é:
Média aritmética:

$$\mu = \frac{\sum X}{n}$$

Onde,

$$\sum X = \sum_{i=1}^{n} X_i$$

n é o número total de observações para amostras.

ISSN 1809-3957

Desvio padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{n}}$$

Escore padrão:

$$z = \frac{(X-\mu)}{\sigma}$$

Pela padronização, qualquer probabilidade que envolva X é expressa como uma probabilidade que envolva uma variável normal padrão Z (Devore, 2012).

A fim de padronizar homogeneamente em uma escala comum e que permite comparações justas entre os diferentes tipos de dados e que é essencial ao combinar diversas informações em uma única classificação. A *Thomson Reuters* utiliza esta metodologia para calcular os indicadores das revistas de avaliação e *rankings* internacionais e com grande importância no senário acadêmico e de maior observação. O "*Z-score"* então, se transformou em um "*score* de probabilidade cumulativa", ou seja, que se exerce por acumulação para chegar aos resultados finais da *Thomson Reuters* em suas avaliações, sendo em suas análises mais objetiva.

Tendo em vista a quantidade de indicadores na avaliação em questão, o método objetivo, utilizando a padronização tende a resultados reais e que elimina a subjetividade com resultados precisos, e sua comprovação científica dos resultados obtidos dos seus indicadores.

III MÉTODO INTERNACIONAL

O primeiro *ranking* internacional de Universidades foi criado em 2003 por iniciativa da *Shanghai Jiao Tong University* em Shangai, China, denominado *Academic Ranking of World Universities* (ARWU), que vem sendo atualizado anualmente. Os indicadores de produção científica incluem o número de artigos publicados nos prestigiosos periódicos *Nature* e *Science* (que representam 20% do total), o número de artigos indexados no *Science Citation Index Expanded* (SCIE) e *Social Science Citation Index* (SCCI), *Thomson Reuters* (20%), e o número de pesquisadores mais citados selecionados pela *Thomson Scientific* (também 20%) (NASSI-CALÒ, 2013).

A produção científica neste ranking, portanto, é responsável por relevantes 60% do peso dos indicadores utilizados na avaliação. Além do *ranking* mundial, a ARWU também publica avaliações por país e por área do conhecimento.

O segundo *ranking* foi o *The Times Higher Education* (THE), que realiza publicações com *rankings* de universidades, com metodologias e indicadores que as classificam em ordem de excelência. Os desempenhos são alimentados por *Thomson Reuters*, com os desempenhos das universidades e de suas missões, voltada para o ensino, a pesquisa, a transferência de conhecimento e a perspectiva internacional que olha para a diversidade no campus e em que grau os acadêmicos colaboram com projetos de pesquisa. Quanto aos rankings, 13 indicadores de desempenho são utilizados para fornecer as mais completas e equilibradas comparações, que têm sua credibilidade e confiabilidade reconhecida por estudantes, acadêmicos, líderes universitários, indústrias e governos.

Os 13 indicadores são agrupados em cinco áreas:

- Ensino: o ambiente de aprendizagem (no valor de 30% da pontuação geral da classificação);
- Pesquisa: volume, renda e reputação (no valor de 30%);
- Citações: influência de pesquisa (no valor de 30%);
- Renda da indústria: inovação (no valor de 2,5%);
- Perspectiva internacional: funcionários, alunos e pesquisa (no valor de 7,5 %).

3.1 Critérios

Em geral, nenhuma instituição pode ser incluída no *Word University Rankings* com um número de publicações inferiores a 200 trabalhos de pesquisa por ano durante cinco anos em que foram examinadas. Mas, para seis áreas de atuação, o limite cai para 100 artigos por ano, para os assuntos que geram um grande volume de publicações e 50 por ano em matérias como ciências sociais, onde o volume tende a ser menor.

A maioria das instituições de dados de Perfis Institucionais Globais, a *Thomson Reuters*, alimenta os *rankings*, fornece informações detalhadas em nível de assunto. Em casos raros em que esses dados não são fornecidos, as instituições são excluídas ou fontes públicas são usadas para informar as estimativas.

IV. CONCLUSÃO

O Brasil vem em pleno crescimento na formação de pessoas na pós-graduação *stricto sensu*, e desde o ano de 1976 a CAPES vem aperfeiçoando as avaliações dos programas de pós-graduação existentes e em andamento. O modelo realiza avaliação qualitativa e quantitativa, que busca o aperfeiçoamento, desenvolvimento intelectual e científico e a impulsionar o desenvolvimento do país.

Para Amaral (2014) a importância maior do sistema de avaliação é garantir a expansão qualificada da pós-graduação e, para isso, há que assegurar a preservação de um sistema de referência para certificar a qualidade. Mas para isto, o sistema da avaliação utilizado, causa desconforto e insatisfação por parte das IES e uma má distribuição dos recursos, para pesquisa e pós-graduação, e que há anos vem despertando a atenção dos pesquisadores sobre os critérios da avaliação realizada pelo CAPES, e que de tal forma percebe-se uma assimetria quanto a sua distribuição regional ou áreas do conhecimento.

Para a CAPES, na formação de doutores e mestres, tem que haver dedicação de 70% do tempo em pesquisa, desenvolvendo e publicando artigos em periódicos e revistas, os quais são aferidos e, nas avaliações, fazem a composição e são de grande relevância para o pesquisador e a pesquisa nacional e internacional.

A avaliação por pares é um dos principais métodos aplicados para avaliar os desempenhos dos programas de pós-graduação *stricto senso* praticados pela CAPES.

As avaliações compreendem quesitos e são feitas por consultores do mais alto nível e são realizadas por pares. Mas a subjetividade aplicada eleva a insatisfação e a não padronização dos seus indicadores, quanto à atribuição dos conceitos aos programas, assim como a evolução do programa.

ISSN 1809-3957

Diante da avaliação praticada pela CAPES e seu rigor, o Brasil ainda precisa se desenvolver no âmbito da pós-graduação e que os Estados Unidos, são admirados por todo mundo. Nos EUA as instituições de pesquisa são consideradas de excelência e objeto de desejo para todo mundo. Apesar desta diferença das instituições americanas em relação aos programas de pós-graduação brasileiros, tem um bom desenvolvimento cientifico e encontra-se entre os países mais produtivos.

Quanto às avaliações, o Brasil se destaca por ser o primeiro país a avaliar seus programas. Mas em contexto internacional a *Shanghai Jiao Tong Universit* foi à instituição que realizou a primeira avaliação mundial e a segunda foi o *Times Higher Education*, cada um deles com suas próprias metodologias e critérios com seus respectivos pesos. O ARWU e o THE utiliza-se em suas metodologias, o cálculo fazendo-se com o *'Z-scores'* que padroniza os diferentes tipos de dados em uma escala comum e permite comparações justas entre os diferentes tipos de dados, obtendo uma avaliação objetiva. E todos os anos publica o *ranking* das 100 melhores universidades do mundo, em parceria com a companhia *Thomson Reuters.*

Diante do contexto internacional, o jornalista britânico Phil Baty, editor da THE, convidou as instituições brasileiras de ensino a trabalhar em conjunto com a revista na construção de um sistema de avaliação mais justo para o ensino superior no Brasil, pois as avalições impulsionam as instituições a melhorar as experiências de aprendizagem e a incentivar as parcerias (ESTADÃO, 2012).

Tendo em vista o crescimento dos programas de pós-graduação no Brasil e a consolidação em âmbito internacional, após observação da metodologia já consolidada pela *Times Higher Education*, com a utilização do *'Z-scores',* uma análise com o método internacional, confrontando os dados obtidos com o método da CAPES, que em sua visão é adequar os indicadores o impacto da universidade na sociedade em que está implantada, o que ainda deve ser criado, aperfeiçoado e a nortear a escolha de estudantes e acadêmicos em busca de qualidade no ensino e pesquisa ao redor do mundo.

Diante do exposto, o método objetivo tem o rigor de normas e métodos a serem aplicados, mostrando a veracidade do estudo em questão, ou a comprovação de um determinado conteúdo ou respostas às questões estudadas e que seus avaliadores não realizam nenhum julgamento sobre o desempenho. E por sua vez a subjetividade do avaliador realiza julgamentos da avaliação em questão, podendo em algum momento alterar as regras da avaliação.

De tal forma o método aplicado pela *Thomson Reuters* que alimenta o *Times Higher Education,* tem em sua essência a objetividade e que os 13 indicadores de desempenho utilizados são cuidadosamente calibrados para fornecer as mais abrangentes e equilibradas comparações disponíveis, e que os dados expressam confiança para estudantes, acadêmicos, líderes de universidades, indústria e governos.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL. L. A avaliação trienal e outras estratégias de expansão qualificada do Sistema de Pós-Graduação brasileiro. < http://www.americalatina.elsevier.com/sul/elseviernews/22/pt/3.pdf> Acesso em 01/07/2014.

CAPES. REGULAMENTO PARA A AVALIAÇÃO TRIENAL 2013 (2010-2012).< http://www.avaliacaotrienal2013.capes.gov.br/home-page/regulamento-da-trienal>. Acesso 30/04/2014.

CAPES. Avaliação da pós-graduação: documento de área 2013. <http://www.capes.gov.br/capes/portal/>. Acesso em: 30/04/2014.

CAPES. Avaliação da Pós-Graduação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. <http://www.capes.gov.br/avaliacao/avaliacao-da-pos-graduacao>. Acesso em 30/04/2014.

CAPES. RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO 2010-2012 TRIENAL 2013. <file:///C:/Users/214122636/Downloads/Engenharias%20III%20(3).pdf>. Acesso 01/05/2014.

Devore, Jay L. Probabilidade e Estatística: para engenharia e ciências / Jay L. Devore; [tradução Joaquim Pinheiro Nunes da Silva]. - São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ESTADÃO. Editor defende avaliação internacional de universidades (2012). <http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,editor-ingles-defende-avaliacao-internacional-de-universidades,901978,0.htm> Acessado dia 15/05/2014.

GAZZOLA. A. L. Desigualdade é a marca da educação superior na América Latina e Caribe. [entrevista de Daniela Oliveira]. Rio de Janeiro: Jornal da Ciência da Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência – SBPC, ano XXII, n. 624, 27/06/2008.

HORTALE, V. A. Modelo de avaliação CAPES: desejável e necessário, porém, incompleto. **CAPES evaluation model: desirable and necessary, but incomplete,** v. 19, n. 6, p. 1837-1840, 2003. ISSN 0102311X.

IBGE. Censo 2010: escolaridade e rendimento aumentam e cai mortalidade infantil<http://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=3&idnoticia=2125&view=noticia>Acesso 05/01/2014.

Lidia Angulo, M. et al. Avaliação do Ensino nos Cursos de Pós-graduação em Engenharia: Um Enfoque Quantitativo de Avaliação em Conjunto. **Engevista,** v. 5, n. 9, p. 41, 2003. ISSN 14157314.

MARCELO, E.; CRISTIANO, F.; LUIZ, A. Um indicador para a avaliação do desempenho docente em instituições de ensino superior Un Indicador para la evaluación del desempeño docente en instituciones de enseñanza superior An indicator for the evaluation of the teaching performance in teaching institutions. **Ensaio,** v. 18, n. 69, p. 795, 2010. ISSN 01044036.

NASSI-CALÒ, L. Indicadores de produtividade científica em rankings universitários: critérios e metodologias [online]. *SciELO em Perspectiva*, 2013. Available from: <http://blog.scielo.org/blog/2013/08/15/indicadores-de-produtividade-cientifica-em-rankings-universitarios-criterios-e-metodologias/> Acesso em 05/05/2014.

ROBERTA BRAGA, N.; HELDER GOMES, C. Avaliação de programas de pós- graduação: proposta baseada na integração ELECTRE TRI, SWOT e sistema CAPES. **Sistemas & Gestão,** v. 1, n. 3, p. 276, 2009. ISSN 19805160.

THE. Word University Rankings. *Thomson Reuters*.<http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/>. Acesso em 30/04/2014.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) Almir Ribeiro Santos Junior e Marcelo Embiruçu é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVI International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO COMO DIRECIONADOR PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

ENERGY PLANNING AS A DIRECTOR FOR THE IMPLEMENTATION OF AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

YAMILET GONZALEZ CUSA[1]; CAROL CORREIA VIANA[1]; EDNILDO ANDRADE TORRES[1]
1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL
yamiletgc1986@gmail.com; carolcorreiaviana@gmail.com; ednildotorres@gmail.com

Resumo - O desenvolvimento e as perspectivas de crescimento dos países requerem ações para reduzir os custos, aumentar a competitividade das empresas, contribuir para a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente, diante uma economia aberta e globalizada. As oportunidades de redução dos custos e desperdícios do consumo energético vêm despertando à atenção para a Gestão Energética como um potencializador dentro das indústrias. Este trabalho busca, através da revisão da literatura, retratar a etapa de planejamento energético como um direcionador para a implantação de um Sistema de Gestão de Energia, prática de caráter decisivo para a obtenção da eficiência energética. Apesar do planejamento constituir um dos núcleos fundamentais na implantação de um SGE, muitas empresas têm dificuldade no desenvolvimento desta etapa, já que a norma NBR ISO 50001 não define claramente as ferramentas a serem empregadas para obter um planejamento bem-sucedido.

Palavras-chave: ABNT NBR ISO 50001. Eficiência energética. Planejamento energético.

Abstract - Countries' development and growth prospects require action to reduce costs, increase business competitiveness, contribute to the conservation of natural resources and the environment, in the face of an open and globalized economy. The opportunities to reduce costs and waste of energy consumption have been brought to attention for Energy Management as a potentiator within industries. This paper seeks, through the literature review, to portray the stage of energy planning as a driver for the implementation of an Energy Management System, a practice that is decisive in achieving energy efficiency. Although planning is one of the fundamental nuclei in the implementation of a SGE, many companies have difficulties in the development of this stage, since the standard NBR ISO 50001 does not clearly define the tools to be used to obtain a successful planning.

Keywords: ABNT NBR ISO 50001. Energy efficiency. Energy planning.

I. INTRODUÇÃO

Para Batista (2011) a energia elétrica tornou-se um insumo fundamental para assegurar o desenvolvimento econômico e social de um país. Conforme Relatório do Balanço Energético Nacional de 2016, com base em 2015, o setor industrial é o maior consumidor de energia no Brasil, respondendo por 37,5% de todo o consumo final (EPE/MME, 2016). A energia elétrica é a principal fonte energética utilizada, representando 20,0% de toda a energia consumida neste setor. Diante deste cenário, a economia de energia obtida por meio de ações de eficiência energética na indústria gera benefícios para toda a sociedade.

Biaou (2012) define como eficiência energética todas as mudanças que geram uma redução da energia utilizada para obter um nível de atividade produtiva ou serviço, sem que a qualidade e segurança do processo sejam afetadas. De acordo com o Manual de Eficiência Energética na Indústria (COPEL. 2005 p. 1), com o uso eficiente da energia elétrica, a indústria terá uma melhor utilização das instalações e equipamentos elétricos, uma redução no consumo de energia e, portanto, economia nas despesas com eletricidade.

Apesar dos diversos programas criados de eficiência energética, muitas empresas, principalmente as pequenas e médias, têm dificuldade em implementá-los como uma prática de caráter decisivo para a obtenção da eficiência energética.

De acordo com Frozza et al. (2012), em muitos casos, um sistema de gestão de energia – SGE é mais eficaz do que programa de eficiência energética devido a sua atuação ser mais ampla e duradoura. A aplicação de um SGE, igualmente aos outros sistemas, como o de gestão da qualidade, exige o uso de uma guia ou uma norma que estabeleça o que se deve fazer para implementá-lo, mantê-lo e melhorá-lo continuamente, com o menor investimento de recursos, menor tempo e maior efetividade.

A norma ABNT NBR ISO 50001 – Sistema de Gestão de Energia, foi elaborada com o intuito de fornecer uma base para as organizações que desejam implementar um sistema eficaz de gestão de energia. A norma estabelece os sistemas e processos necessários para melhoria contínua do desempenho energético e os elementos para gerenciar as atividades que diz respeito à eficiência energética, visando construir uma administração racional e sustentável. Um sistema de gestão normatizado, que busca a melhoria contínua incorporada às políticas de uma organização pode ter resultados longos e duradouros (PINTO, 2014).

Ao implementar um sistema de gestão da energia uma organização deverá revisar e analisar periodicamente suas atividades para identificar oportunidades de melhorias e estabelecer ações necessárias para o desempenho energético. Durante a etapa de planejamento energético será possível conhecer em detalhes a situação energética da organização e

ISSN 1809-3957

os fatores que afetam o seu desempenho. O processo de planejamento energético constitui uma das principais etapas, e certamente uma das mais críticas, para implementação do sistema de gestão energética de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma (AIDA, 2014).

A etapa de planejamento energético é vista como um direcionador do SGE, que pode ser usada como meio de orientar o comportamento organizacional (FOSSA, 2015). A implementação e operação das ações de melhoria deve fazer uso dos resultados oriundos do processo de planejamento.

O presente artigo propõe, através da revisão da literatura nas mais diversas fontes e experiências comuns dentro do segmento industrial, retratar os principais itens do processo de planejamento de um sistema gestão energético, baseado na norma ABNT NBR ISO 50001.

II. SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA

A gestão energética pode ser definida como um conjunto de procedimentos administrativos que permite à organização controlar o uso e consumo de energia de forma sistematizada, a fim de melhorar o desempenho dos processos energéticos. A partir de uma boa gestão energética, uma organização obtém o conhecimento de como a energia é usada e, a partir disto, pode criar medidas que objetivem a redução do consumo e custos (PINTO, 2014).

Um sistema de gestão energética visa ter conhecimento de todo o fluxo de energia em uma instituição; verificar influências, possíveis pontos a serem melhorados e, acima de tudo, ter controle sobre o sistema aplicando ações corretivas (FROZZA, F. F et al. 2012).

O sistema de gestão energética dá respaldo no desempenho competitivo das organizações e de seus processos, constituindo uma peça fundamental para que as estas demostrem sua preocupação constante com a busca da melhoria do desempenho energético e da eficiência energética na adequação do uso e consumo da energia.

O benefício do SGE não é apenas econômico, mas também ambiental, visto que com a redução dos consumos e custos energéticos ocorre a redução das emissões dos GEE para a atmosfera, sendo também minimizados outros impactos inerentes ao consumo de energia (ABNT NBR ISO 50001).

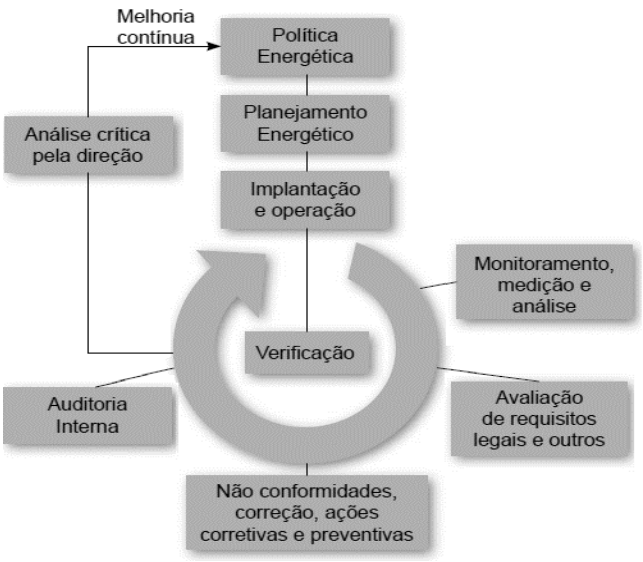
1.1 ABNT NBR ISO 50001

No ano de 2011 foi lançada no Brasil a norma ABNT NBR ISO 50001- Sistemas de gestão de energia - Requisitos com orientações para uso. O objetivo desta é permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo.

A implantação da Norma se destina à redução nas emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais relacionados à energia e aos custos/economia que esse sistema de gestão de energia promoverá. É aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, independentemente de condições geográficas, culturais ou sociais. O sucesso de sua implementação depende do comprometimento de todos os níveis e funções da organização e, especialmente, da direção (ABESCO, 2017).

O modelo baseia-se na estrutura de melhoria contínua Plan-Do-Check-Act (PDCA) e incorpora a gestão de energia nas práticas diárias das organizações, como ilustrado na figura 1. Pinto (2014) expõe os termos do ciclo PDCA: Planejamento (P): consiste em estabelecer as metas sobre itens de controle, bem como o caminho para se atingir as metas propostas; Execução (D): consiste em fazer as tarefas exatamente como previstas no plano e coletar os dados para verificação do processo; Verificação (C): com base nos dados coletados na execução compara os resultados alcançados aos objetivos planejados; Ação (A): caso seja detectados desvios será necessário criar ações para fazer correções definitivas, de forma que o problema não volte a ocorrer.

Figura 1 - Modelo de sistema de gestão de energia segundo a norma ABNT NBR ISO 50001



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001.

Como observado, a norma é estruturada em uma política energética, um planejamento energético, implementação e operação, além de verificação e análise crítica pela direção. Através da verificação se obtém monitoração, medição e análises, não conformidades, correção, ação corretiva e preventiva e auditoria interna do SGE (FROZZA, J. F, 2013).

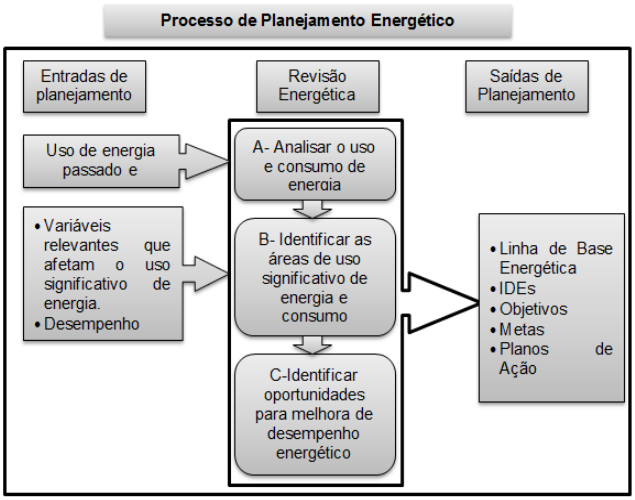
III. PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

O processo de planejamento energético constitui uma das principais etapas e um direcionador da implementação de um Sistema de Gestão de Energia. Esta relevância deve-se à complexidade de que se pode revestir o processo de avaliação energética em toda a sua amplitude (AIDA, 2014).

O processo de planejamento, conforme demonstra a figura 2, é dividido em Entrada de Planejamento, Revisão Energética e Saídas de Planejamento. Nesse processo destacam- se os três itens de maior importância para um sistema de gestão energética, que são: revisão energética, linhas de base energética e indicadores de desempenho energético (IDEn), termos que são identificados por variáveis técnicas, que impactam diretamente sob a economia de energia gerada e demonstram se o sistema está dentro de limites aceitáveis.

ISSN 1809-3957

Figura 2 - Diagrama conceitual do processo de planejamento



Fonte: Adaptado da ABNT NBR ISO 50001.

3.1.1 Revisão Energética

O item 3.5 da NBR ABNT ISO 50001 estabelece que a revisão energética é a determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações, conduzindo a identificação de oportunidades de melhoria.

A revisão energética, se devidamente implementada, pode constituir um suporte à tomada de decisão no que concerne à melhoria no aprovisionamento de energia, das práticas de operação e manutenção e à renovação ou substituição dos equipamentos existentes.

A ABNT estabelece a necessidade de que as revisões energéticas sejam realizadas e monitoradas a partir de metodologias reconhecidas e documentadas. Para empreender uma auditoria energética a norma recomenda os seguintes requisitos básicos:

a) Analisar o uso e consumo de energia baseado em medições e outros dados: o objetivo deste requisito é identificar padrões e tendências no uso e consumo de todas as fontes de energia utilizadas pela organização, possibilitando compreender como tem sido e como é o desempenho energético atual, estimar comportamentos futuros, estabelecer diferenças com os valores reais e decidir até que ponto suas variações são aceitáveis.

Para analisar as tendências e padrões do consumo de energia e suas variáveis de influência AIDA (2014) sugere a utilização de três metodologias: walk-thought audit (auditoria de passagem), diagnóstico energético e auditoria energética detalhada. Para isso, Nordelo, A. B; Bonifaz, R. D, (2013) sugerem ferramentas como: diagrama de Pareto, gráfico de consumo de energia e produção versus o tempo, análise de regressão, gráfico de controle, gráfico de tendência de Somas acumulativas e gráfico base 100.

b) Baseada na análise da utilização e consumo da energia, identificar as áreas de uso significativo de energia: tendo como objetivo permitir o melhor uso dos recursos destinados à gestão de energia da organização, melhorando e mantendo a performance energética em níveis otimizados num número reduzido de sistemas críticos.

Durante o desenvolvimento deste requisito as variáveis relevantes que afetam o uso significativo de energia devem ser identificadas. Estas variáveis são particulares para cada processo, sistema elétrico ou equipamento, dentre as mais frequentes podem ser destacadas as seguintes: níveis de produção, estrutura de produtos, clima, horas de operação e nível de luz do ambiente. A identificação destas variáveis é muito importante para o SGE, pois determinam em grande parte o consumo de energia, assim devem ser conhecidas e controladas adequadamente (NORDELO, A. B; BONIFAZ, R. D. 2013).

A identificação dos usos significativos de energia é uma condição necessária para uma organização conseguir otimizar o processo de melhoria do desempenho energético. Para tal, AIDA (2014) propõe os passos para que uma organização identifique os usos significativos de energia, são eles: Preparar uma listagem dos sistemas energéticos, desenvolver um balanço energético, determinar os critérios de significância, registrar os usos significativos de energia e o método e analisar e monitorar os usos significativos de energia. Para representar os resultados obtidos nos passos anteriores Nordelo, A. B; Bonifaz, R. D, (2013) recomendam o uso de diagramas de Sankey, diagrama de Pareto, mapeamento de energia, listagem de equipamentos e carta de controle dos usos significativos de energia.

c) Identificar, priorizar e registar oportunidades de melhoria: é um requisito fundamental para o planejamento da gestão energética numa organização. As auditorias energéticas é uma das ferramentas mais utilizadas na identificação de oportunidades de melhorias.

Conforme Munguia, N et al. (2016) a auditoria energética é como uma inspeção e análises dos consumos de energia de uma instalação industrial, seus edifícios e processos, visando a redução da quantidade de energia consumida sem afetar a produção.

Existem outras abordagens que podem ajudar a identificar oportunidades de melhoria do desempenho energético como, por exemplo, sugestões dadas por empregados, de representantes das empresas fornecedoras de energia ou de fornecedores de equipamentos, bem como a análise de normas setoriais ou de equipamentos.

Estas atividades são decisivas dentro do processo de planejamento energético. Neste sentido, as auditorias energéticas constituem um instrumento essencial de diagnóstico preliminar e básico, para obter as informações requeridas para a formulação e acompanhamento do programa (VIANA, A. C et al. 2012). Existem numerosas guias e metodologias para realização das auditorias energéticas. A figura 3 ilustra as etapas de uma auditoria energética.

Figura 3 - Etapas de uma auditoria energética

Fonte: Adaptado de Viana, A. C et al. (2012).

ISSN 1809-3957

3.1.2 Linhas de base energética

Todo o princípio de melhoria contínua do desempenho energético, prescrito na Norma, tem como base a possibilidade de evidenciar melhorias quanto aos aspectos de uso, consumo e eficiência energética. Desta forma, é primordial o estabelecimento de um ponto de partida para que se possa realizar essa comparação ao longo do tempo. A linha de base energética se obtém na auditoria energética, seus requisitos são estabelecidos no subitem 4.4.4 "Linha de base energética", sendo definidas como referências quantitativas que fornecem uma base para comparação do desempenho energético, além de ser caracterizadas da seguinte maneira:

- Uma linha de base energética reflete um período de tempo especificado;
- Uma linha de base energética pode ser normalizada usando variáveis que afetam o uso e/ou consumo de energia, como nível de produção, graus-dia (temperatura exterior), etc.;
- A linha de base energética é também utilizada para cálculo da economia de energia, como uma referência antes e depois da implementação de ações de melhoria de desempenho energético.

Para Frozza, F. F et al. (2012), a linha de base define o indicador ideal de consumo de energia da organização. Pode haver muitas linhas de base, conforme necessário, para toda a organização, áreas, processos ou sistemas de energia em particular.

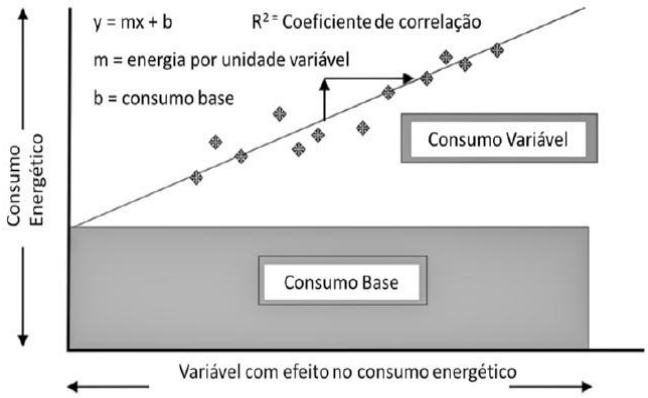
A construção das linhas de base deve considerar um período recente de dados confiáveis, normalmente de um ou dois anos, de forma a representar fielmente a realidade dos aspectos de uso, consumo e eficiência vinculados à sua operação. Também se admite que a linha de base energética possa ser alterada em função de ocorrências de mudanças significativas na organização (AIDA, 2014).

A norma ISO 50001 não define como ou que ferramentas utilizar para a construção da linha de base energética, deixando esta tarefa a cargo da organização. Segundo Leite (2010) para a determinação da linha de base existem vários métodos como simulações e técnicas estatísticas, como: modelos lineares, quando a variação de cada um dos parâmetros é independente dos demais parâmetros do modelo; modelos multivariáveis, que são calculados pelo método dos mínimos quadrados desde que a distribuição seja normal; e modelos não lineares, com dados não normais que demandam técnicas estatísticas mais sofisticadas, como os modelos lineares generalizados.

Mendoza, C et al. (2015) propõe para a formulação da linha de base a utilização de diagramas de dispersão correlação, utilizando como variável independente a que tem maior impacto no consumo energético. No caso de processos industriais a variável independente geralmente é o nível de produção e a variável dependente é o consumo energético. O diagrama oferece a equação de consumo energético versus a produção da empresa, sendo uma linha reta o modelo com melhor ajuste dos dados (linha de base), conforme pode ser verificado na figura 4.

Através do valor do coeficiente de determinação é possível verificar a qualidade do ajuste do modelo aos pontos usados na análise, bem como a correlação entre as variáveis. Segundo Borroto (2006) podem-se considerar adequados aos efeitos destas análises energéticos valores do coeficiente de determinação R^2 igual ou maior do que 0,75 ($0{,}75 \leq R^2$). Dantoin, T. (2010) esclarece que quando o coeficiente de correlação está abaixo de 0,75 deve-se tentar encontrar outras relações utilizando outros métodos estatísticos, como regressões lineares com mais de uma variável, regressões polinomiais e regressões não lineares.

Figura 4 - Correlação estatística linear com uma variável



Fonte: Adaptado de Dantoin, T. (2010).

Logo, a linha de base é uma relação matemática que associa a energia com as variáveis independentes.

3.1.3 Indicadores de desempenho energético

O subitem 4.4.5 "Indicadores de desempenho energético" da ABNT NBR ISO 50001 estabelece a necessidade de que a organização crie indicadores para o monitoramento permanente do seu desempenho energético, já que a norma não dita à metodologia para a determinação deles.

Os indicadores de desempenho energético – IDEn, devem estar associados aos usos significativos de energia e devem possuir vínculo adequado com os elementos estabelecidos na linha de base energética. Estes podem ser constituídos de um simples parâmetro, uma simples razão entre variáveis ou até um modelo mais complexo que represente uma realidade de atividade da organização. Exemplos de indicadores podem incluir consumo de energia por tempo, consumo de energia por unidade de produção e modelos que utilizam muitas variáveis.

A organização deve manter seus indicadores válidos para monitoramento do desempenho energético de suas operações e promover as atualizações necessárias quando ocorrerem mudanças das atividades do negócio ou das linhas de base energética (FOSSA, 2015).

Patterson (1996) divide os indicadores que podem ser utilizados para monitorar as alterações em eficiência energética em quatro grupos principais cujas características seguem:

- Termodinâmicos: baseados inteiramente na ciência da termodinâmica indicam a relação entre o processo real e o ideal quanto à necessidade de uso de energia;
- Físicos-termodinâmicos: consideram a quantidade de energia requerida em unidades termodinâmicas, mas as saídas (produtos) são expressas em unidades físicas;
- Econômicos-termodinâmicos: têm como referência a energia requerida em unidades termodinâmicas, mas os produtos são expressos em unidades econômicas (valores monetários);
- Econômicos: tanto a energia requerida como os produtos são expressos em grandezas econômicas.

Segundo Nordelo, A. B; Bonifaz, R. D. (2013) em organizações industriais, geralmente os IDEn relacionam o

ISSN 1809-3957

consumo de energia com a produção, sendo o mais comum o índice de consumo ou o consumo específico de energia. Este indicador avalia o aumento ou a diminuição do consumo de energia por unidade de produção e realiza análise comparativa com dados de referência da organização (períodos anteriores).

Para verificar se os IDEn são válidos para avaliar o desempenho energético podem se utilizar métodos como:

- Análises dos valores dos indicadores através do tempo. Estes valores devem ser compráveis dentro de limites razoáveis.
- Comparação dos valores dos indicadores com organizações similares para comprovar sua razoável semelhança.
- Análises de correlação entre as variáveis que formam o IDEn.

Considera-se que um IDEn é valido para avaliar o desempenho energético quando o coeficiente de determinação R^2 é igual ou maior do que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$), (BORROTO, 2006). Valores mais baixos indicam uma fraca correlação entre os parâmetros mostrados no gráfico de dispersão, e, portanto, o índice de consumo formado pela razão entre energia e a produção não reflete adequadamente a relação entre o consumo de energia e a atividade produtiva da entidade.

Segundo a EPE na nota técnica: DEA 16/12 – avaliação de eficiência energética para os próximos 10 anos e ODYSSEE (2012) no relatório comitê de monitoramento de eficiência energética europeia a utilização de indicadores de eficiência energética permite:

- Monitorar o progresso de eficiência energética na economia e em setores específicos;
- Avaliar o impacto de políticas e programas voltados para eficiência energética, inclusive justificando a manutenção ou a interrupção de determinadas ações;
- Planejar novas abordagens e políticas, incluindo programas de pesquisa e desenvolvimento;
- Melhorar as previsões e o planejamento a partir da melhoria nos parâmetros e dados de entrada em modelos;
- Criar indicadores confiáveis para comparativo entre setores, regiões e países.

3.1.4 Objetivos, metas e plano de ação para gestão energética.

Após a etapa de revisão energética e de posse de seus resultados, a organização deve estabelecer metas e objetivos específicos para melhoria da sua performance energética. Os objetivos energéticos expressam as características gerais que a organização estabelece para cumprir o compromisso contido em sua política energética. As metas definem os critérios de desempenho energético específicos e quantificáveis que são necessários para atingir um objetivo energético.

A Norma estabelece que para definição e revisão dos objetivos e metas a organização deve ter em conta os seguintes aspectos (ABNT NBR ISO 50001):

- Os requisitos legais e outros requisitos aplicáveis;
- Usos significativos de energia;
- As oportunidades de melhoria do desempenho energético;
- Condições financeiras, comerciais e operacionais;
- Operações tecnológicas;
- Opiniões das partes interessadas;

Assim, os objetivos e metas devem ser coerentes com a política energética, quantificados sempre que possível, medíveis, realistas e com tempo estabelecido.

A adoção de planos de ação específicos possibilita a visão clara de um planejamento da organização para que os objetivos e metas possam ser atingidos (FOSSA, 2015).

De acordo com a Norma, um plano de ação de energia deve definir os seguintes aspectos:

- Atividades a serem implementadas;
- Metodologia de intervenção;
- Os recursos necessários e os prazos para implementar as atividades;
- Designação de responsabilidades, indicação da(s) pessoa(s), pelas atividades;
- A forma de verificação dos resultados e melhorias conseguidas.

A ISO 50001 estabelece que os planos de ação devem ser documentados e atualizados a intervalos definidos. Diferente da política energética, os planos de ação requerem uma revisão e atualização sistemática e frequente, para fazer os ajustes apropriados em correspondência aos progressos alcançados, mudanças no desempenho e nas prioridades, etc.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo fomentar a importância da etapa de planejamento energético dentro de um sistema de gestão energética. Pois, apesar de esse constituir um dos núcleos fundamentais na implantação de um SGE, muitas empresas têm dificuldade no desenvolvimento desta etapa, já que a norma ABNT NBR ISO 50001 não define claramente as ferramentas a serem empregadas para obter um planejamento bem-sucedido.

O planejamento energético será a etapa inicial para a implantação do sistema de gestão. Através deste, será possível conhecer a situação energética, compreender de que forma a energia está sendo gasta, quais os principais pontos para possíveis reduções de consumo e como se encontra as instalações e equipamentos de uma organização. De posse destas informações, será possível elaborar medidas de melhoria contínua para o gerenciamento energético.

Com a revisão energética o cenário de consumo será detalhado, sendo uma etapa de grande importância para o estabelecimento de um programa de melhoria do desempenho energético da organização. Do mesmo modo, a correta definição dos indicadores de eficiência energética e a linha de base permitirá alcançar um sistema atualizado, possibilitando aplicar medidas corretivas oportunas quando estes se encontrarem fora dos parâmetros estabelecidos.

De posse de um planejamento energético bem elaborado, a organização poderá obter melhorias gerais na qualidade e na produtividade das suas operações, evitar o uso incorreto dos recursos econômicos, contribuir para redução dos danos ambientais e evitar custos com o desperdício no consumo de energia. Sendo um elemento decisivo na elaboração das etapas posteriores da implantação do sistema de gestão de energia.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO- **Associação Brasileira de Serviços de Conservação de Energia**, Disponível em:

<http://www.abesco.com.br>. Acesso em 17 de Fevereiro de 2017.

ABNT. NBR ISO 50001**: Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2011.

AIDA- Associação Industrial do Distrito de Aveiro (2014). **Guia Prático- Sistema de Gestão Energética**. Disponível em: <http://sustentabilidade.aida.pt/wp-content/uploads/2015/06/GuiaSGE2.pdf>. Acesso em: 20 de Outubro de 2016.

BATISTA, O. E. **Gestão Energética Industrial: Uma abordagem Frente à Inteligência Empresarial**; Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BIAOU, L., LANGLOIS, P; CHABCHOUB, J. (2012). **Justificación de la intervención del gobierno en el mercado de eficiencia energética**. Washington, D. C: Banco Interamericano de Desarrollo BID.

BORROTO, A; MONTEAGUDO, J (2006). **Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios.** Editorial Universidad de Cienfuegos. ISBN 959-257-040-X. 104 p.

CNI, ELETROBRAS. **Eficiência energética na indústria: o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custos e experiência internacional**. Procel. Brasília. 2009.

CNI**; Confederação Nacional da Indústria**. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>. Acesso em: 7 de Fevereiro de 2017.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Manual de eficiência energética na indústria**. Curitiba, 2005.

Dantoin, T. (2010**). Energy Performance Indicators.**

EPE. NOTA TÉCNICA DEA 26/14. **Avaliação de Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2014-2023)**. EPE. Rio de Janeiro 2014.

EPE/MME, 2016. **Balanço Energético Nacional 2016**. Ano Base 2015: Relatório Sínteses. Rio de Janeiro 2016.

FOSSA, Alberto. **Análise estratégica sobre a ABNT NBR ISO 50001 e as oportunidades para o mercado de eficiência energética:** Parte 2. Revista O Setor Elétrico, 2015. Disponível em: <www.osetoreletrico.com.br>. Acesso em 7 de fevereiro de 2017.

FROZZA, F. F.; LAFAY, J. M. S; BALDIN, V.; MARANGONI, F. **Metodologia de Implantação de um sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001.** In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2012.

FROZZA, J. F. **Eficiência energética em indústria frigorífica; desafios de implantação.** Proposta de Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

LEITE, F. C. M**odelamento da Eficiência Energética para o Gerenciamento Sustentável no Setor Industrial pela Medição e Verificação**. 2010.94 f.Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) -Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MENDOZA, C et al. **Línea de Base Energética en la implementación de la norma ISSO 50001**. Estudios de casos. El Hombre y la Máquina No. 46 • Enero - Junio de 2015.

MME- Ministério de Minas e Energia (2011). **Plano Nacional de Eficiência Energética (Premissa e Diretrizes Básicas)**. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br >. Acesso em: 7 de fevereiro de 2017.

MUNGUIA, N et al. (2016) **Energy Audit in the Meat Processing Industry—A Case Study in Hermosillo**, Sonora Mexico. Journal of Environmental Protection, 7, 14-26 http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.71002.

NORDELO, A. B; BONIFAZ, R. D. (2013). **Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía según la Norma ISO 50001**. Editorial Universo Sur ISBN 978-959-257-360-4, 2013. Universidad de Cienfuegos. Cuba.

ODYSEE, 2012. Disponível em: <http://www.odyssee-mure.eu/publications/other/short-term-energy-indicators-saving-study.html>.

PATTERSON, M. **What is Energy Efficiency?** - Concepts, Indicators and Methodological Issues. Energy Policy v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

PINTO, Álvaro Braga Alves**. A gestão da energia com a norma ISO 50001**. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

PROCEL INFO. **PROCEL INDÚSTRIA - Eficiência Energética Industrial.** Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5758021DEDA0411490D62106E1491EBEPTBRIE.htm 15/2/17>. Acesso em: 8 de fevereiro 2017.

VIANA, A. C et al. (2012) **Eficiência Energética. Fundamentos e Aplicações**. 1 ed. Itajubá. Campinas-SP (2012).

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.

ISSN 1809-3957

Volume 12 – Nº 141 – Setembro / 2017
XXXVII International Sodebras Congress
06 a 08 de junho de 2017 – Fortaleza – CE.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PRÁTICA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADA NO PROCESSO DE LAVAGEM DA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO

ECONOMIC ANALYSIS OF A CLEANER PRODUCTION PRACTICE APPLIED ON THE WASHING PROCESS OF A CLOTHING INDUSTRY

RIMENA CANUTO OLIVEIRA [1,2]; FENI AGOSTINHO[1]

1 - UNIVERSIDADE PAULISTA (UNIP), PPGEP; 2 - INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ.

rimenacanuto@hotmail.com; feni@unip.br

Resumo – Este trabalho avalia o desempenho econômico resultado de prática de produção mais limpa (P+L) aplicada no processo de lavagem do jeans delavê de uma indústria do vestuário localizada no município de Teresina, Piauí. O sistema avaliado engloba o setor de lavagem e a ETE que trata seus efluentes líquidos. Indicadores econômicos de margem líquida (ML), retorno sobre o investimento (ROI), e payback são calculados antes e após a implementação da P+L. Os resultados mostram uma redução de todos os materiais e energia utilizados neste processo após aplicar a P+L, incluindo água 40%, eletricidade 30%, e químicos (entre 8% a 66%). Os indicadores econômicos também mostram melhor desempenho após a P+L, atingindo ML e ROI de 47%, e payback de apenas 2 meses. Os resultados mostram que a P+L avaliada deveria ser incentivada pois reduz a demanda de recursos materiais e de energia, além de possuir respaldo econômico.

Palavras-chave: Indústria de Confecção. Produção mais limpa. Sustentabilidade. Viabilidade Econômica.

Abstract – This work evaluates the economic performance obtained after applying cleaner production (CP) practices in the delavê jeans washing process of a clothing industry located at Teresina city, Piauí state. Boundaries of evaluated system includes washing process its liquid effluent plant. Economic indicators of net margin (NM), return on investment (ROI), and payback are calculated before and after CP practices implementation. Results show a reduction on the system demand of all materials and energy after CP, including water reduction of 40%, electricity 30%, and chemicals (from 8% to 66%). Economic indicators also show better performance after CP by achieving a NM and ROI of 47%, and payback in 2 months. Results show that evaluated CP should be promoted because it reduce materials and energy demand, as well as possessing economic support.

Keywords: Clothing industry. Cleaner Production. Sustainability. Economic viability.

I. INTRODUÇÃO

Para a operacionalização de qualquer segmento industrial, são necessários recursos advindos do meio ambiente. Devido ao crescimento da produção industrial e, consequentemente, da exploração ambiental, o planeta está com recursos cada vez mais escassos, e sua capacidade de diluir resíduos originados pelo ramo industrial encontra-se minimizada. É diante desse cenário que as indústrias iniciam discussões acerca de novas alternativas de produção. A necessidade de reduzir custos de produção, aumentar sua eficiência e competitividade vem ao encontro da adoção de práticas de produção mais limpa.

A produção mais limpa (P+L) é entendida como uma estratégia preventiva, integrativa e continuada, aplicada a serviços, processos e produtos, a qual busca uma redução de riscos ao homem e à natureza. A P+L é um procedimento alternativo que traz resultados de proteção ambiental, com vantagens técnicas e econômicas cuja prioridade de implantação está baseada na origem da geração de resíduos, buscando soluções nos processos produtivos da empresa (PIMENTA, 2007).

A partir da criação da Lei n° 4.854, de 10 de junho de 1996, que instituiu a política Estadual do Meio Ambiente, as empresas do estado do Piauí passaram a adotar práticas menos agressivas ao meio ambiente, o que as tornou mais competitivas dentro de um mercado consumidor cada vez mais exigente. *"Focando na indústria do vestuário no Piauí, em 2016 haviam 1.147 indústrias de confecção fabricando cerca de 597 mil peças e movimentando mais de R$ 204 milhões ao ano"* (informação verbal)[1]; segundo ARAGÃO e FERREIRA (2015), essa indústria emprega mais de 18 mil trabalhadores no estado.

O crescimento econômico desta indústria é promissor, porém os impactos ambientais deste tipo de indústria (principalmente na etapa de lavagem) merecem atenção especial devido à grande quantidade de água, energia e produtos químicos utilizados. Particularmente para este trabalho, a empresa analisada implementou a P+L no seu setor de lavagem, visando reduzir a demanda de materiais e energia neste processo e em sua planta de tratamento de efluentes líquidos. Todavia, a própria implementação e operação da P+L demanda recursos materiais e energéticos e, portanto, deve-se buscar aliar o desempenho econômico ao ambiental antes de aplicar uma P+L.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho econômico da aplicação de P+L no setor de lavagem de uma importante indústria de confecção em Teresina, Piauí.

[1] Entrevista concedida ao autor, em 12 de Setembro de 2016.

ISSN 1809-3957

Ênfase é dada na lavagem do jeans *delavê*, por ser o que demanda mais recursos para ser lavado.

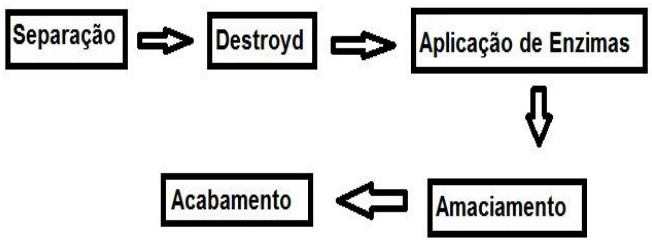
II. PROCEDIMENTOS

2.1 – Empresa de vestuário

A empresa de vestuário considerada como estudo de caso é a maior do segmento no estado do Piauí, considerando-se as variáveis de volume da produção, rentabilidade e disponibilização de empregos diretos e indiretos. A indústria possui seu próprio setor de lavanderia, com 13 funcionários trabalhando diretamente nesse setor. Sua produção diária é de 20 lavagens e de aproximadamente 6000 (seis mil) lavagens por ano. Cada lavagem comporta 167 kg de jeans delavê, e dura em média 4h. Todos os dados utilizados neste trabalho foram obtidos in loco na empresa avaliada, através de questionários e entrevistas com gerentes e responsáveis técnicos do setor de lavagem; todos os dados, após tabulados, foram também validados pelos mesmos sujeitos.

Usualmente, a indústria do vestuário possui as seguintes etapas de produção: criação, modelagem, pilotagem, corte, montagem, beneficiamento, acabamento e expedição. A processo de lavagem, que é o foco deste trabalho, encontra-se dentro da etapa de beneficiamento, que por sua vez pode ser dividido conforma a Figura 1. O processo de lavagem, especificamente a lavagem *delavê*, inicia-se com a separação das peças por tipo de clareamento desejado, colocando cada acabamento em um tipo de máquina diferente. A primeira etapa realizada é o *destroyd*, ou seja, o processo de lavagem com pedras. Posterior a essa etapa, as peças passam por uma aplicação de enzimas, que vão dar o clareamento ao produto. Em seguida, as peças passam por um amaciamento para melhorar o toque do tecido para o consumidor.

Figura 1 – Etapas de beneficiamento da lavagem.



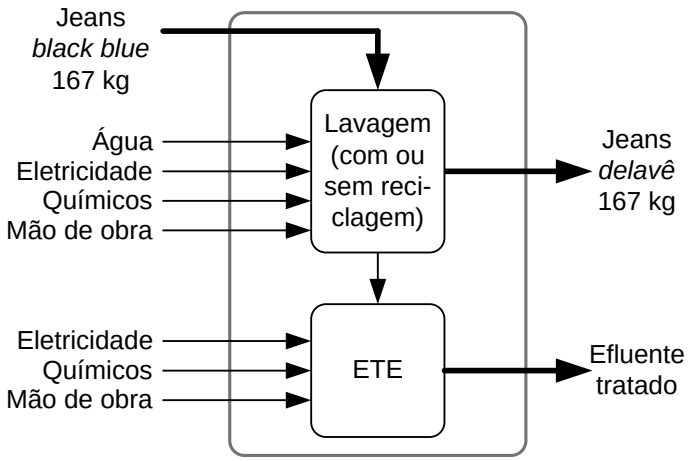
Fonte: Autores, 2017

Ao chegarem ao setor de lavagem, as peças são separadas por tipo de acabamento desejado, e em seguida, inicia-se a lavagem. Geralmente, as peças passam por seis enxágues utilizando seis águas diferentes (algumas vezes até mais), dependendo do processo. Na maioria das vezes, a água utilizada não é reaproveitada em nenhuma outra lavagem, sendo, portanto, totalmente descartada.

A Figura 2 mostra, de forma geral, os recursos necessários pelos processos de lavagem e da ETE avaliados. Essas lavagens podem utilizar somente água e químicos, como insumos, mas, dependendo do resultado esperado, podem-se utilizar pedras, lixas, amarrações, fitas de nylon, entre outros acessórios. Após os seis processos de lavagem, as peças são encaminhadas para os trabalhos manuais, como puídos, desfiados, estonagem, aplicação de resinas, bigodes, entre outros efeitos. Somente após esses procedimentos, elas seguem para o setor de acabamento e embalagem.

São vários os tipos de processos e efeitos que as lavagens podem dar ao tecido. Para isso, utilizam-se diversos produtos químicos. Este estudo tomou como base a lavagem délavé, considerada uma das mais agressivas ao meio ambiente, devido à retirada de quase todo o tingimento da peça. Délavé é uma técnica que usa aplicação de produtos químicos como permanganato de sódio, enzima celulósica e cloro. Sua finalidade é a retirada do tingimento do tecido, sendo utilizada para o clareamento das peças.

Figura 2 – Recursos necessários nos processos de lavagem e ETE.



Fonte: Autores, 2017

A ETE corresponde a pré-tratamento com filtragem simples e posterior aplicação de químicos, em seguida o tratamento aeróbio com aeradores elétricos. Químicos incluem NaClO que possui ação desinfetante para eliminar micro-organismos patógenos, e $Al_2(SO4)3$ que possui ação floculante para posterior sedimentação e separação sólido-líquido.

2.2 – Descrição da prática de P+L avaliada

A prática de P+L implementada no processo de lavagem do jeans *delavê* consiste, basicamente, em reciclar os banhos ou águas da lavagem. O argumento consiste na ideia de que, mesmo após finalizado determinado ciclo de lavagem, a água resultante ainda pode conter elevadas concentrações de químicos que podem ainda ser utilizados nos próximos ciclos de lavagens. Com isso, além de reduzir a demanda de água e químicos para o próximo ciclo, pode-se reduzir a quantidade dos mesmos que precisam ser tratados na planta de tratamento de efluente. Neste cenário, tem-se ganhos ambientais e econômicos.

Para fazer o reaproveitamento do banho, implantou-se um sistema hidráulico com a função de retornar parte da água utilizada para uma caixa d'água pulmão. Para as duas primeiras lavagens, essa água é dispensada e direcionada para a planta de tratamento porque não possui características químicas mínimas necessárias para o próximo ciclo de lavagem. Somente a partir da terceira lavagem é possível a reutilização, desta forma, tem-se a reciclagem de água e químicos do terceiro até o sexto ciclo de lavagem. Adicionalmente, considerando-se que as máquinas utilizadas no processo de lavagem não são muito modernas e

consomem grande quantidade de energia elétrica, identificou-se uma alternativa de P+L por meio da instalação equipamentos eletrônicos chamados *starts*, responsáveis por controlar o início do funcionamento dessas máquinas. As máquinas não são trocadas porque a qualidade final da lavagem é superior quando comparada às máquinas mais novas. Desse modo, além de continuar com as mesmas máquinas de lavagem, esperava-se reduzir o consumo de energia elétrica e aumentar ainda mais a durabilidade das máquinas.

2.3 – Indicadores econômicos

Conforme Werner et al. (2009), a elaboração do estudo de viabilidade econômica baseia-se no fato de que algumas oportunidades de P+L podem implicar investimentos, geralmente devido à compra de equipamentos com alto grau de inovação tecnológica. Assim, há casos em que a P+L pode resultar em ganhos ambientais e perdas em aspectos econômicos, o que muitas vezes inviabiliza sua implementação pelos gestores das empresas.

Especificamente para este trabalho, utilizou-se das seguintes informações: despesas, descriminação das receitas, e demonstrativos de resultados da empresa considerada como estudo de caso. Quantidades e custos dos materiais e energia foram obtidos in loco. Os seguintes indicadores econômicos foram considerados: margem líquida, rentabilidade sobre o investimento, e tempo de retorno do investimento (*payback*).

O índice de margem líquida (ML) indica quanto a empresa obtém de lucro para cada R$ 100,00 vendidos. Esse cálculo consiste em dividir o lucro líquido pelas vendas líquidas conforme Equação 1.

$$ML = (\text{lucro líquido}/\text{vendas líquidas})\ 100 \quad (1)$$

Onde: *ML = índice de margem líquida (%)*
Lucro líquido = obtido após descontar todos os custos e impostos (R$)
Vendas líquidas = valor total obtido com a venda dos produtos (R$)

Outro indicador utilizado é o índice de rentabilidade sobre o investimento (ROI), que indica o quanto a empresa obteve de lucro ou prejuízo para cada R$ 100,00 investido na implantação de P+L. Consiste em dividir o lucro líquido pelo valor do investimento total e multiplicar por 100, conforme Equação 2.

$$ROI = (\Delta \text{ lucro líquido}/\text{investimento total})\ 100 \quad (2)$$

Onde: *ROI = índice de retorno sobre o investimento (%)*
Δ lucro líquido = diferença do lucro líquido antes e após a implantação da P+L (R$)
Investimento total = investimento na implantação da P+L (R$)

O terceiro indicador é o tempo de retorno do investimento (*payback; Equação 3*), utilizado para calcular o período necessário para a empresa recuperar todo o investimento na implantação da P+L.

$$TR = (\text{investimento total}/\text{economia mensal}) \quad (3)$$

Onde: *TR = tempo de retorno do investimento*
Investimento total = total dispendido para a implantação da P+L (R$)
Economia mensal = total economizado que a implantação do processo de P+L possibilitou (R$)

III. RESULTADOS

3.1 – Demanda de recursos materiais e de energia antes e após a P+L

Como esperado, a aplicação da prática de P+L na indústria do vestuário estudada resultou na redução da demanda de recursos materiais e de energia. Considerando o a fase de operação do processo de lavagem, as reduções alcançaram 30% para eletricidade, 40% água, 13% alvejante, 66% permanganato, 40% cloro, 50% hipocal, e 24% enzima celulósica. Para a ETE, as reduções atingiram 30% para eletricidade, 29% sulfato de alumínio, e 8% hipocloreto de sódio. Usualmente, as práticas de P+L resultam em um trade-off em relação à demanda de materiais e energia, ou seja, há redução para alguns itens mas aumento para outros. Quando isso ocorre, deve-se ponderar sobre o grau de importância (econômica ou ambiental na maioria das vezes) que determinado item possui sobre o outro antes de tomar uma decisão. Porém, para este trabalho os números mostram que houve benefício em todos os recursos materiais e de energia. Desta forma, sob uma perspectiva local de redução de demanda de recursos, a prática de P+L aplicada deveria ser incentivada.

Tabela 1 – Benefício líquido na demanda anual de recursos após a P+L.

Item	Antes de aplicar P+L	Após aplicar P+L	Benefício líquido[(a)]
Fase de operação do processo de lavagem.			
Eletricidade (kWh)	390.600,00	273.600,00	117.000,00
Água (m^3)	180.000,00	108.000,00	72.000,00
Alvejante (kg)	18.000,00	15.600,00	2.400,00
Permanganato (kg)	21.000,00	7.200,00	13.800,00
Cloro (m^3)	18,00	10,80	7,20
Hipocal (kg)	9.600,00	4.800,00	4.800,00
Enzima celulósica (kg)	1.800,00	1.368,00	432,00
Fase de operação da estação de tratamento de efluentes.			
Eletricidade (kWh)	24.000,00	16.800,00	7.200,00
Sulfato de Alumínio (kg)	510,00	360,00	150,00
Hipocloreto Sódio (kg)	2.220,00	2.040,00	180,00

[(a)] Benefício Líquido = (Antes de aplicar P+L) – (Após aplicar P + L)

3.2 – Indicadores econômicos antes e após a P+L

Mesmo que sendo considerada como positiva sob uma perspectiva na redução de materiais e energia, a prática de P+L demandou recursos econômicos para sua implantação. Desta forma, a abordagem econômica torna-se importante por que considera, além da fase de operação do sistema, a fase de implantação. Para a implantação da P+L foram

necessários investimentos da empresa, que totalizam aproximadamente R$ 126.000,00 (Tabela 2).

Tabela 2 – Custo do investimento na fase de implantação da P+L.

Item	Quant.	Unidade	Valor unitário (R$/Unid.)	Valor Total (R$/ano)
Bomba d'água	12	Unid.	650,75	7.809,00
Válv. descarga	12	Unid.	220,00	2.640,00
Caixa d'água	12	Unid.	431,66	5.179,92
Cisterna	12	Unid.	255,00	3.060,00
Tubulação	480	m	15,00	7.200,00
Inversor freq.	12	Unid.	8.333,00	99.996,00
			Total:	125.884,92

Obs.: Não houve implantação de P+L na ETE, somente na lavagem. Vida útil para inversor de frequência, e de 5 anos para os outros itens.

Da mesma forma em que há custos para implementar a P+L, também há benefícios econômicos resultantes da redução da demanda de recursos materiais e de energia durante a fase de operação dos processo de lavagem e da ETE. A Tabela 3 mostra este benefício econômico alcança aproximadamente R$ 891.000,00 anualmente, valor este que era desperdiçado antes da P+L.

Tabela 3 – Benefício anual da fase de operação do processo de lavagem e da ETE após P+L.

Item	Quant.	Unidade	Valor unitário (R$/Unid.)	Valor Total (R$/ano)
Eletricid.	117.000,00	kWh	0,39	45.630,00
Água	72.000,00	m^3	5,71	411.120,0
Alvejante	2.400,00	kg	15,60	37.440,00
Permang.	13.800,00	kg	22,50	310.500,0
Cloro	7,20	m^3	12.000,00	86.440,00
Hipocal	4.800,00	kg	17.50	84.000,00
Enzima	432,00	kg	8,07	3.484,80
			Total:	891.090,0 0

Complementarmente a estes indicadores de custo e benefício, os três indicadores econômicos (ML, ROI, TR) calculados neste trabalho são importantes para auxiliar no entendimento e na tomada de decisão sobre a aplicação da P+L. Antes de calculá-los, a seguir são discriminadas as receitas, impostos, custos e investimento da empresa.

Receita = 300.000 peça/mês * 100,00 R$/peça
Receita = 30.000.000,00 R$/mês

Impostos = 29,48%*30.000.000,00 R$/mês
Impostos = 8.444.000,00 R$/mês

Custos = 40% sobre faturamento
Custos = 40% * 30.000.000,00 R$/mês
Custos = 12.000.000,00 R$/mês

Investimento na Fábrica = R$ 30.000.000,00

Agora, com estas informações disponíveis, os três indicadores econômicos podem ser calculados. Para o índice margem de lucro tem-se:

Margem de lucro antes da P+L
ML = (8.191.634,40 / 253.872.000,00) x 100
ML = 3,22%

Margem de lucro após a P+L
ML = (12.050.921,66/253.872.000,00)x100
ML = 4,74 %

O ML indica quanto a empresa obtém de lucro para cada R$ 100,00 vendidos. Antes da P+L, a empresa possuía uma margem líquida de 3,22%, ou seja, lucrava R$ 3,22 para cada R$ 100,00 vendidos. Após a aplicação de P+L, a empresa obteve uma margem líquida de 4,74%, ou seja, passou a ter um lucro de R$ 4,74 para cada R$ 100,00 vendidos. Desta forma, a empresa aumentou seu lucro em aproximadamente 47%.

Para o índice de retorno sobre o investimento tem-se:

ROI antes da P+L
ROI = (8.191.634,40/30.000.000,00) x 100
ROI = 27,30%

ROI após a P+L
ROI = (12.050.921,66/30.000.000,00) x 100
ROI = 40,16%

O ROI indica quanto a empresa obteve de lucro ou prejuízo para cada R$ 100,00 investido. Antes da P+L, a empresa apresentava uma rentabilidade do ativo de 27,30%, ou seja, obtém de lucro líquido R$ 27,30 para cada R$ 100,00 de investimento total. Após a aplicação de P+L, a empresa indica uma rentabilidade do investimento total de 40,16%, ou seja, obtém um lucro líquido de R$ 40,16 para cada R$ 100,00 de investimento total. Isso significa que, após a implantação de P+L, a empresa aumentou sua rentabilidade sobre o investimento em aproximadamente 47%.

A Tabela 3 mostra que a economia anual proporcionada pela implementação da P+L é de R$ 891.090,00; portanto, a economia mensal é de R$ 74.257,50. Desse modo, serão necessários apenas dois meses para se obter o retorno do investimento da implementação de P+L (*payback*), pois, como mostra a Tabela 2, o valor do investimento total foi de R$ 125.884,92.

Todos os indicadores econômicos considerados neste trabalho apresentam bom desempenho, indicando viabilidade econômica para a empresa que adotou a P+L.

IV. CONCLUSÕES

A P+L implementada resultou em uma diminuição da demanda de todos os recursos materiais e de energia necessários no processo de lavagem do jeans *delavê* e tratamento de seus efluentes. As reduções incluem eletricidade (30% lavagem e 30% ETE), água (40%), alvejante (13%), permanganato (66%), cloro (40%), hipocal (50%), enzima celulósica (24%), sulfato de alumínio (29%;

ETE) e hipoclorito de sódio (8%; ETE).

O diagnóstico da avaliação econômica estabelece que, mesmo havendo dispêndio financeiro considerado elevado para a implementação da prática de P+L avaliada, ela pode ser considerada viável, pois: (i) o índice de margem líquida apresentou um aumento de 47% no lucro; (ii) o índice de retorno sobre o investimento também apresentou um aumento de 47%; (iii) o *payback* mostra que a empresa recuperará o investimento realizado na P+L em 2 meses, desempenho esse considerado como positivo.

Considerando os indicadores calculados neste trabalho, a prática de P+L estudada deveria ser incentivada porque possui respaldo ambiental e econômico, dois aspectos importantes em busca do desenvolvimento sustentável.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, Camila Maria Albuquerque; FERREIRA, Carla Moura. **Relatos de memórias da moda no Piauí**, 2015.

PIAUÍ. **Lei n° 4.854, de 10 de junho de 1996**. Dispõe sobre a política de meio ambiente do Estado do Piauí e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Piauí. Disponível em:http://www.mppi.mp.br/internet/phocadownload/artigos/95.htm>. /Acesso em: 21/jun/2016.

PIMENTA, H. C.; GOUVINHAS, Reidson Pereira. **Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal–RN.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, Paraná, 2007.

WERNER, Eveline de Magalhães; BACARJI, Alencar Garcia; HALL, Rosemar José. **Produção mais Limpa: Conceitos e definições metodológicas.** Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.