

# REVISTA



**SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS**

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

## ARTIGOS PUBLICADOS

### PUBLICAÇÃO MENSAL

Nesta edição

CAPTAÇÃO DE SINAIS CORPORAIS E SUA RELAÇÃO COM A EMOÇÃO NA APRENDIZAGEM	
CAPTURE BODY SIGNALS AND THEIR RELATIONSHIP TO EMOTION IN LEARNING – Marialina Corrêa Sobrinho; Celson Pantoja Lima .....	05
A IMPORTÂNCIA DA CONSOLIDAÇÃO DAS COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS	
THE IMPORTANCE OF CONSOLIDATION OF SUSTAINABLE PUBLIC PROCUREMENT – Bruno Lenilson Costa Da Gama Saraiva; Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto; Eduardo Gonçalves Serra .....	12
SONDAGEM DE INOVAÇÃO: EVIDÊNCIA BRASILEIRA	
INNOVATION SURVEY: BRAZILIAN EVIDENCE – Thales De Oliveira Costa Viegas; Lídia Silveira Arantes .....	21
INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA DE DEFENSA	
INNOVATION IN THE DEFENSE INDUSTRY – Leandro Gabriel Flamino; Thales De Oliveira Costa Viegas ...	30
AVALIAÇÃO DO GANHO DE PESO DE CORDEIROS MERINO AUSTRALIANO CRUZADOS COM TEXEL OU SUFFOLK EM UM SISTEMA DE CONFINAMENTO	
EVALUATION OF WEIGHT GAIN OF AUSTRALIAN MERINO LAMBS CROSSED WITH TEXEL OR SUFFOLK IN A CONFINEMENT SYSTEM – Lucas Balinhas Farias; Jordani Borges Cardoso; Kauani Borges Cardoso; Edgar Gonçalves Malaguez; Cássio Cassal Brauner .....	36
AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL E SENSORIAL DE GELEIAS DE MORANGO (Fragaria) COM E SEM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BETERRABA (Beta vulgaris esculenta)	
EVALUATION OF PROXIMAL AND SENSORY COMPOSITION OF STRAWBERRY JELLIES (FRAGARIA) WITH AND WITHOUT ADDED BEET (Beta vulgaris esculenta) RESIDUE – Everton Manoel dos Santos Machado; Ana Lúcia Becker Rohlfes; Nádia de Monte Baccar .....	40
GESTÃO DA QUALIDADE: REDUÇÃO DE CUSTOS EM UMA USINA SUCROENERGÉTICA	
QUALITY MANAGEMENT: COST REDUCTION IN A SUGAR-ENERGY INDUSTRY – Walter Roberto Hernández Vergara; Juliana Suemi Yamanari; Fábio Alves Barbosa .....	48
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO SIMPLIFICADO PARA A ATIVIDADE ELETROMECAÂNICA CARDÍACA	
DEVELOPMENT OF A SIMPLIFIED MODEL FOR HEART ELECTROMECHANIC ACTIVITY – João Gabriel Rocha Silva; Carolina Ribeiro Xavier; Ricardo Silva Campos; Rodrigo Weber Dos Santos .....	53
IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ÁCIDAS E BÁSICAS DE DIFERENTES SUBSTÂNCIAS USANDO INDICADORES NATURAIS	
IDENTIFICATION OF ACID AND BASIC CHARACTERISTICS OF DIFFERENT SUBSTANCES USING NATURAL INDICATORS – Jéssica Santos Silva; Camila Dos Santos De Jesus; Gisele Apolinário Mendes; Karina Ribeiro Ferreira; Fernanda Cristina Da Costa Kunizaki; Maíra Aparecida Alves Belizário; Jocélia Pereira De Carvalho Oliveira .....	58

PRODUÇÃO DE UMA CÉLULA SOLAR DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO O GARCINIA MANGOSTANA	
LOW COST SOLAR CELL PRODUCTION USING THE GARCINIA MANGOSTANA – Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R. N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues .....	64
UMA ABORDAGEM NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: O USO DA MUSA PARADISIACA	
AN APPROACH IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH NATURAL PRODUCTS: THE USE OF MUSA PARADISIACA – Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R.N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues .....	68
INFLUÊNCIA DA PERMEABILIDADE DO ELETRÓLITO EM CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS COM CORANTE DA MYRCIARIA CAULIFLORA	
INFLUENCE OF ELECTROLYTE PERMEABILITY IN SOLAR CELLS WITH DYE EXTRACTED FROM MYRCIARIA CAULIFLORA – Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R. N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues .....	72
ACIDENTES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO COMO MARIANA E BRUMADINHO PODEM SER EVITADOS?	
FAILURES IN TAILING DAMS LIKE MARIANA AND BRUMADINHO CAN BE AVOIDED? – Paulo Afonso De Cerqueira Luz; Alberto Alonso Lázaro .....	76
ESTUDOS DE ARRANJO DE PLATAFORMA FLUTUANTE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM LAGOS/RESERVATÓRIOS DE UHE’S	
FLOATING PLATFORM ARRAGEMENTN STUDIES FOR IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN HPP’S LAKES/RESERVOIRS – João Antonio Pereira; Antonio Eduardo Turra; Amarildo Tabone Paschoalini; Rui Gelehrter Costa Lopes; Demostenes Barbosa Da Silva; Manoel Dias .....	82
PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE OPERAÇÕES: UMA REVISÃO	
PRINCIPLES OF OPERATIONS MANAGEMENT: A REVIEW – Lindomar Moura; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Maria Da Glória Diniz De Almeida; Bernardo Bastos; Antonio Henriques De Araujo Junior .....	88
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS PARA O PROJETO DE UM TRANSPORTADOR AÉREO DE CABINES: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
APPLICATION OF FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS METHODOLOGY FOR THE DESIGN OF A CABIN AIR CARRIER: CASE STUDY OF AN AUTOMOBILE INDUSTRY – Lindomar Moura; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Maria Da Glória Diniz De Almeida; Bernardo Bastos; Antonio Henriques De Araujo Junior .....	97
Errata .....	103

## Área: Interdisciplinar

---

9-5	<b>CAPTAÇÃO DE SINAIS CORPORAIS E SUA RELAÇÃO COM A EMOÇÃO NA APRENDIZAGEM</b> <b>CAPTURE BODY SIGNALS AND THEIR RELATIONSHIP TO EMOTION IN LEARNING</b> Marialina Corrêa Sobrinho; Celson Pantoja Lima
-----	---

## CAPTAÇÃO DE SINAIS CORPORAIS E SUA RELAÇÃO COM A EMOÇÃO NA APRENDIZAGEM

### CAPTURE BODY SIGNALS AND THEIR RELATIONSHIP TO EMOTION IN LEARNING

MARIALINA CORRÊA SOBRINHO<sup>1</sup>, CELSON PANTOJA LIMA<sup>1</sup>

1- PROGRAMA DE DOUTORADO EM SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO – PPGSND DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA  
*linasobrinho@gmail.com; celson.ufopa@gmail.com*

**Resumo** - O objetivo deste trabalho é demonstrar o processo de captação de sinais corporais como expressões faciais, batimentos cardíacos e ondas cerebrais para compreender a relação dos mesmos com as emoções e a aprendizagem, durante experimentos realizados em instituições de ensino, guiados por um processo de seis passos apoiados por ferramentas tecnológicas. A metodologia é de natureza qualitativa e quantitativa. Os resultados mostram que o estado emocional dos participantes durante a realização das atividades pode ser percebido através do monitoramento dos sinais corporais, e conclui-se que, analisando o conjunto de batimentos cardíacos, métricas de performance através das ondas cerebrais e estado emocional por expressões faciais, uma mesma atividade pode produzir reações diferentes nos participantes, de acordo com a metodologia adotada e o estilo de aprendizagem de cada aluno. Com relação aos trabalhos futuros, o objetivo é expandir o número de experimentos a fim de comparar os dados, ajustar e validar o processo metodológico adotado.

**Palavras-chave:** Sinais Corporais. Emoção. Aprendizagem.

**Abstract** - The aim of this paper is to demonstrate the process of capturing body signals such as facial expressions, heartbeat and brain waves to understand their relationship with emotions and learning during experiments conducted in educational institutions, guided by a six step process, supported by technological tools. The methodology is qualitative and quantitative in nature. The results show that the emotional state of the participants during the activities can be perceived by monitoring the body signals, and it is concluded that by analyzing the set of heartbeat, brainwave performance metrics and emotional state by facial expressions, the same activity can produce different reactions in the participants, according to the methodology adopted and the learning style of each student. Regarding future works, the objective is to expand the number of experiments in order to compare data, adjust and validate the adopted methodological process.

**Keywords:** Body Signs. Emotion. Learning.

#### I. INTRODUÇÃO

Desde o século XVII educadores como Comenius tem contribuído para que a educação tenha um caráter mais prático. Para Comenius o ideal era “trazer a realidade social para a sala de aula, fazendo uso dos meios tecnológicos mais avançados à disposição” (COMENIUS, 1966; GASPARIN, 1994).

Concordando com o pensador anterior, um século depois o educador francês Moreau (2019) afirma “...Não queremos que nossos alunos ignorem algo que devam saber, para atingir este objetivo, não pouparemos qualquer sacrifício...”. Para autores e obras contemporâneas do século XX como as do Piaget, a ênfase está no fato de que o aprendizado é construído pelo aluno e que o conhecimento se dá por descobertas que a própria criança faz. Educar para Piaget é “provocar a atividade”, estimulando a busca pelo conhecimento (PIAGET, 1999). A lista dos pensadores que cooperam para que o aluno tenha oportunidade de participar de uma educação prática e contextualizada, do “aprender fazendo” aumenta ainda mais (DEWEY, 1938; KOLB, 1984; PAPERT, 1980; RESNICK, 2009). Cada um dos educadores citados anteriormente defende o fazer em sua prática, e destaca que é necessário incluir o estudante dentro do mundo real para que aprenda.

No entanto, conforme Felder e Soloman (2006) cada pessoa tem um estilo diferente de aprender, e Saraiva (2017) ressalta que o professor pode aproveitar para adequar as metodologias de ensino e contribuir para a potencialização da aprendizagem dos alunos em sala de aula, refletindo em bons resultados, mas para que isso aconteça, o educador terá que entender inicialmente o estudante, sendo capaz de interpretar suas emoções externadas com base em seus sinais corporais.

Quanto a isso, há um bom número de teóricos e teorias que tratam da concepção sobre emoção, e para evidenciar uma dessas abordagens, Fonseca (2016) destaca que “as emoções fornecem informações sobre a importância dos estímulos exteriores e interiores do organismo”. Além disso, há bastante tempo, pesquisadores isolados e grupos de pesquisa têm procurado entender o sentimento externado pelos estudantes durante o processo de aprendizagem. Corroborando com isso, os estudos desenvolvidos pela equipe de pesquisa do MIT Affective Computing em 1997 já demonstravam que “os sensores são uma parte importante de um sistema de computação afetiva porque fornecem informações sobre o estado físico ou comportamento do usuário”. E foi com esses sensores que em um de seus experimentos Picard atingiu 81% de sucesso no reconhecimento de 8 emoções (PICARD, 1997; JQUES e NUNES, 2012).

Desse modo, o problema está contextualizado dentro da temática emoção na aprendizagem, e a pergunta que guia a pesquisa é tentar verificar de que forma a captação e análise de sinais corporais podem influenciar o processo de aprendizagem dentro do ambiente de sala de aula.

O objetivo deste estudo foi demonstrar o processo de captação de sinais corporais como expressões faciais, batimentos cardíacos e ondas cerebrais para compreender a relação dos mesmos com as emoções e a aprendizagem, logo apresenta o desenvolvimento de experimentos que consistiram na captação de dados advindos de sinais corporais como ondas cerebrais, expressões faciais e batimentos cardíacos através de recursos tecnológicos; e também na interpretação desses dados em emoções, com o intuito de compreender a relação dos mesmos com a aprendizagem. Para tanto os experimentos foram guiados por um processo de seis passos.

O artigo está composto por quatro seções além desta. Na seção dois pode ser encontrada a metodologia utilizada na pesquisa. Na seção três estão apresentados os resultados, as conclusões aparecem na seção quatro e por fim, as referências dos aportes teóricos na seção cinco.

## II. MÉTODOS

Trata-se de um estudo de natureza qualitativa e quantitativa. A primeira porque pode ser aplicada para investigar problemas que abordam aspectos psicológicos, opiniões, comportamento, atitudes individuais ou de um grupo (RODRIGUES, 2006). Com relação a natureza quantitativa, ela permite que o pesquisador transforme em números opiniões e informações para posteriormente serem classificadas e analisadas usando instrumentos estatísticos (MARCONI e LAKATOS, 2003; RAUPP e BEUREN, 2006).

Quanto ao local da pesquisa, ela foi efetuada em três instituições de ensino, sendo duas delas particulares (uma de educação básica e outra de ensino técnico), e uma pública (de ensino superior) na cidade de Santarém no oeste do Pará. Elas foram identificadas no estudo como I1, I2 e I3, respectivamente.

O público alvo foram professores da educação básica, e alunos que estavam devidamente matriculados nos semestres iniciais dos cursos de manutenção de computadores e ciência da computação, conforme mostra a figura 1. Todos se disponibilizaram a participar do experimento de forma totalmente voluntária, e a concordância foi registrada em Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, autorizando o uso de voz, texto e imagem, necessários para compor o acervo de dados da pesquisa.

Figura 1 – Professores, técnicos e acadêmicos durante realização de experimentos



Fonte: Arquivo Pessoal.

Os participantes da I1 foram identificados com a palavra professora acompanhada de um numeral (ex. professora 1, professora 2); os da I2 foram identificados

com a palavra técnico acompanhada de um numeral (ex. técnico 1, técnico 2); e os da I3 foram identificados com a palavra acadêmico acompanhada de um numeral (ex. acadêmico 1, acadêmico 2).

### 2.1 - Ferramentas ou Recursos Tecnológicos

Com relação às técnicas de pesquisa para coletar os dados advindos dos sinais corporais investigados, como expressões faciais, ondas cerebrais e batimentos cardíacos foram utilizados recursos tecnológicos computacionais e de aquisição de dados sensoriais apropriados como o Cara de Aprender (CADAP), o Emotiv EPOC, o sensor de batimentos cardíacos com placa Arduino e oxímetro de dedo.

#### 2.1.1 - Cara de Aprender (CADAP)

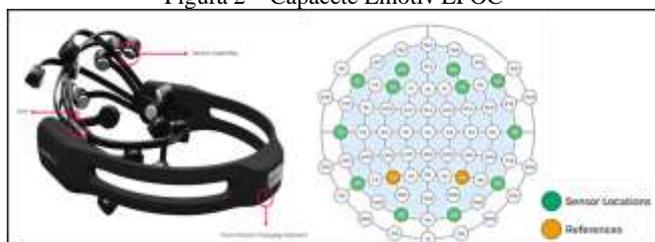
Conforme Paxiuba e Lima (2018, p.7) “a ferramenta CADAP permite que sejam cadastradas videoaulas, turmas, avaliações para os alunos, bem como a visualização de aulas, com a respectiva captura de expressões faciais e emissão dos resultados, por aula e por turma”. Isto é, o professor prepara um vídeo com o tempo de um a quinze minutos, disponibiliza na plataforma, e enquanto o aluno assiste ao material, as expressões faciais vão sendo capturadas e armazenadas em formato numérico na base de dados do CADAP para serem classificadas nas emoções alegria, medo, raiva, desgosto, tristeza, desprezo e surpresa.

A ferramenta foi desenvolvida para “...estudar as relações entre as emoções do aluno, os dispositivos de aprendizagem, os conteúdos utilizados e a performance dos alunos” (PAXIUBA e LIMA, 2018, p. 6). Além disso, vale destacar que a tecnologia utilizada por trás do CADAP que permite o reconhecimento das expressões e as classifica conforme as sete métricas da emoção, é chamada de Affective.

#### 2.1.2 - Emotiv EPOC

De acordo com Schuh et al. (2016) é na área da neurociência que pesquisas com uso de interface cérebro e computador tem sido utilizada, pois as mesmas permitem medir a atividade cerebral dos usuários, apresentando informações com alto nível de precisão. Por isso, para a captura das ondas cerebrais, foi utilizado o sistema de Eletroencefalograma (EEG) portátil conhecido como Emotiv EPOC, um hardware desenvolvido pela Emotiv Systems e que se apresenta com um tipo de interface entre cérebro e computador, como mostra a figura 1 (EMOTIV, 2014). Segundo Tannus (2014, p.10), o Emotiv EPOC é um capacete que possui características como “...transmissão wireless, taxa de amostragem de 128 amostras por segundo, filtros notch em 50 e 60 Hz e permite a coleta de 14 derivações de EEG”. Ele foi projetado para fornecer uma boa cobertura dos lobos frontais, pré-frontais, temporal, parietal e occipital. Ele apresenta dois braços de eletrodos, cada um contendo 9 locais (7 sensores + 2 referências). Dois locais de sensores (M1/M2) já possuem sensores de borracha instalados, pois são as posições alternativas para as referências padrão (P3/P4). Para uma melhor compreensão a figura 2 traz os pontos exatos de captação.

Figura 2 – Capacete Emotiv EPOC



Fonte: Emotiv.com (2019).

O capacete foi utilizado em todos os experimentos por pelo menos um representante de cada instituição, durante o decorrer das aulas. Os dados eram captados a cada 30 segundos e armazenados em uma planilha no programa Microsoft Excel, para posteriormente serem gerados os gráficos que incluem seis métricas de desempenho, sendo elas: estresse (stress), envolvimento (engagement), interesse (interest), excitação (excitement), foco (focus) e relaxamento (relaxation).

### 2.1.3 - Sensor de Batimentos Cardíacos e Oxímetro

O sensor de batimentos cardíacos, por sua vez, é composto por um circuito elétrico com um LED infravermelho, que transmite o sinal através do dedo do indivíduo; um fotodiodo, para captar esse sinal, e um software para a amplificação do sinal. Para o processamento, a placa Arduino foi considerada ideal, principalmente por ser um componente de baixo custo.

O sensor de batimentos cardíacos, com auxílio de uma placa Arduino, possibilitou a captação dos dados dos participantes de segundo a segundo, enquanto as atividades eram desenvolvidas, permanecendo preso à um dos dedos dos mesmos. Para que esse dispositivo funcionasse perfeitamente, foi montada uma aplicação com um pequeno algoritmo que efetuava a captação iniciando com 45 batimentos cardíacos por minuto (bpm), podendo chegar até 115. Conforme a Sociedade Brasileira de Cardiologia, abaixo de 50bpm a pessoa é considerada com bradicardia e acima de 100 taquicardia (PASTORE, 2009). Entretanto, para efeito desse estudo, foram analisados os valores a partir de 40bpm até 120bpm.

Além disso, os dados também foram capturados concomitantemente por um oxímetro de dedo (dispositivo médico importante no controle da saturação de oxigênio no sangue e dos batimentos cardíacos). Com o oxímetro os batimentos cardíacos dos participantes foram capturados 5 minutos antes de iniciarem as aulas, durante as aulas em um intervalo de 05 e 10 minutos, e também no final das atividades. Essas captações também foram enviadas a uma segunda planilha para averiguação. Ao final, todos os dados captados foram transferidos a uma planilha no Excel, para análise.

### 2.2 - Processo para captação dos Sinais Corporais na Aprendizagem

Para alcançar os resultados esperados, os autores desenvolveram um processo envolvendo seis passos que contribuíram na condução da pesquisa, e o mesmo está representado na figura 3.

Figura 3 – Processo para captação dos sinais corporais na aprendizagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O primeiro passo realizado foi selecionar a disciplina que seria ministrada em cada experimento, ressaltando que esse era um passo de responsabilidade do professor da disciplina, e os mesmos prepararam as aulas e classificaram quanto à abordagem de ensino utilizada, tomando mão de metodologias ativas como sala de aula invertida, aula dialogada, baseada em problemas, baseada em projetos, gamificada, etc.

Em seguida foram selecionados os alunos e professores que concordaram em participar do estudo. Esses participantes, responderam previamente a um questionário que ajudava o professor a perceber qual o estilo de aprendizagem que mais se adequava aos mesmos. No âmbito deste artigo, foi considerado o modelo de Felder e Silverman (1988) para agrupar os participantes conforme seu perfil de aprendizagem.

O terceiro passo consistiu na aplicação dos conteúdos, isto é, ministração das aulas que foram previamente preparadas pelos professores e dos vídeos que foram produzidos ou selecionados pelo professor e incluídos no CADAP. Simultaneamente, os sinais corporais foram captados utilizando todas as ferramentas adequadas, caracterizando o cumprimento do quarto passo. Posteriormente foram realizados o quinto e o sexto passo, que consistiram respectivamente na análise dos dados a fim de estabelecer correlações com a aprendizagem.

No entanto, para que essas correlações pudessem ser estabelecidas, se fez necessário avaliar a aprendizagem do participante baseada no desenvolvimento de competências (HAGER, GONCZI e ATHANASOU, 1994). Para isso, o professor apontou as evidências que o aluno desenvolveu de acordo com o esperado para os itens habilidade, competência e conhecimento, utilizando os parâmetros (totalmente, parcialmente, não apresenta) definidos anteriormente pelo professor, no que diz respeito ao conteúdo da disciplina apresentada. O quadro 1 mostra, por exemplo, como o professor deve indicar as evidências a respeito da habilidade de usar corretamente a notação e a terminologia na construção do modelo ER (entidade relacionamento) de (BD) banco de dados.

Quadro 1 – Habilidade avaliada

Conhecimento	Uso Correto de Notação e Terminologia na Construção do Modelo ER de BD		
	Totalmente	Parcialmente	Não Apresenta
Evidência			
Modelo relacional utiliza a notação correta			
Modelo relacional utiliza a terminologia correta			
Modelo relacional atende as especificações de requisitos			

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

### III. RESULTADOS

Os experimentos envolveram ao todo 21 participantes e foram ministradas 33 horas de aula, todas mediadas por um docente especialista na disciplina escolhida, e aconteceram em ambientes como sala de aula ou laboratório de informática, usando computadores com acesso à internet.

A seguir será descrito como os experimentos ocorreram em cada instituição, sendo destacado especialmente os resultados alcançados na I3 com acadêmicos do curso de Ciência da Computação.

#### 3.1 - Experimento na I1 – Noções Básicas de Xadrez

Seguindo os passos do processo descrito anteriormente, foi selecionada a temática sobre noções básicas de xadrez como disciplina para aplicar na I1. As aulas foram ministradas em finais de semana com o intuito de ensinar noções básicas de xadrez a um grupo de 8 professores, para que posteriormente pudessem compartilhar e aplicar os conhecimentos adquiridos com os alunos em sala de aula. Desse modo, foram realizados 3 encontros com duração de 3 horas cada, onde o professor ministrante apresentou videoaulas no CADAP e depois solicitou que os participantes colocassem a mão na massa, praticando a movimentação das peças e participando de competições. Em cada um dos encontros, o ministrante identificou as habilidades, competências e conhecimentos que deveriam ser desenvolvidos. As abordagens de ensino utilizadas foram a sala de aula invertida e aprendizagem baseada em problemas.

#### 3.2 - Experimento na I2 – Manutenção de Computadores

No segundo experimento, a disciplina escolhida foi manutenção de computadores, cujo objetivo era avaliar a aprendizagem de um grupo de 5 alunos em um ambiente de ensino técnico. Para tanto, foram realizados 4 encontros com duração de 3 horas, onde os alunos tiveram acesso a videoaulas preparadas pelo professor e disponibilizadas na ferramenta CADAP e em seguida realizaram atividades colocando em prática os conhecimentos recém adquiridos, como fazer a instalação de sistemas operacionais, por exemplo. A abordagem de ensino também consistiu em sala de aula invertida e aprendizagem baseada em problemas.

#### 3.3 - Experimento na I3 – Tecnologias

O experimento cuja disciplina foi sobre tecnologias, envolveu a participação de um grupo de 8 acadêmicos. Foram realizados 4 encontros com duração de 3 horas cada um, utilizando as abordagens de ensino como sala de aula invertida e hands on. Nos primeiros dois dias os acadêmicos assistiram as videoaulas que estavam na plataforma CADAP e em seguida responderam à questionários avaliativos, com perguntas objetivas sobre os temas recém apresentados nos vídeos. Já nos dois últimos dias a avaliação se deu por meio das evidências do desenvolvimento de competências, habilidades e conhecimentos.

Tomando como base o resultado das avaliações objetivas dos dois primeiros dias de experimento, a avaliação individual acerca das competências, habilidades e conhecimentos, e a média de emoções, foi possível identificar que os acadêmicos que apresentaram maior

média de medo e desprezo tiveram menor desempenho nas atividades avaliativas objetivas, bem como na avaliação individual baseada no desenvolvimento de competências, habilidades e conhecimentos. E ainda, os acadêmicos que obtiveram melhor desempenho apresentaram as médias mais altas de surpresa se comparado com os demais participantes.

Gráfico 1 – Média das emoções captadas pela ferramenta CADAP



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Além disso, os resultados demonstraram que a emoção nojo mesmo associada como uma emoção negativa não causou impacto no desempenho dos participantes que tiveram as melhores avaliações. Assim como a alegria sendo associada como uma emoção positiva não foi avaliada como impactando diretamente no desempenho dos acadêmicos.

Abaixo, na figura 4, é possível visualizar um dos acadêmicos usando o Emotiv EPOC enquanto realiza as atividades que foram propostas durante o experimento.

Figura 4 – Uso do Emotiv EPOC durante experimento em I3

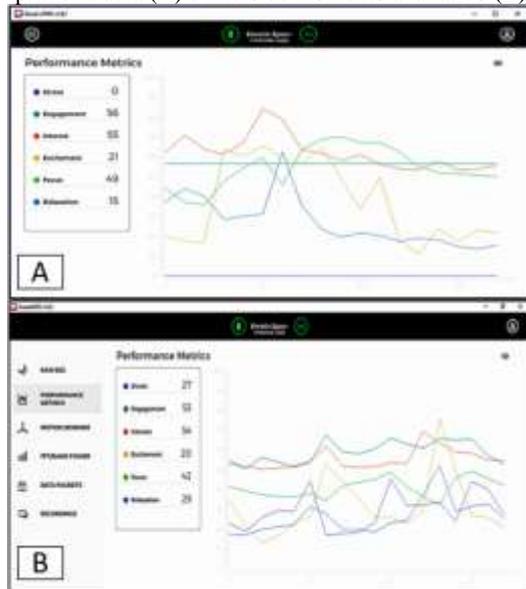


Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Com relação aos dados obtidos pelo Emotiv EPOC, cabe ressaltar que o mesmo faz a captação das ondas cerebrais e mostra a correspondência no formato de métricas de performance. Esse resultado é atualizado pelo software a cada 30 segundos, o que possibilitou o registro de momentos específicos durante a realização das atividades do experimento.

Na primeira ocasião, como mostra a figura 5 (A e B), o acadêmico 3 estava na primeira aula, e seu único compromisso era assistir aos vídeos propostos. Observe que para essa atividade seu nível de stress (linha reta na cor lilás) permanece em 0%. No entanto, no instante em que o acadêmico passa por um momento avaliativo, o nível de stress vai de 0 para 27%, mostrando uma alteração significativa. Nesse ponto, sua principal responsabilidade era pesquisar por um vídeo novo, assisti-lo e escrever a respeito do mesmo usando entre 3 e 5 linhas.

Figura 5 – Métricas de performance do acadêmico 3 da I3 durante primeira aula (A) e início de momento avaliativo (B)



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Na figura 6, é possível visualizar um aumento ainda maior no nível de stress do acadêmico, fazendo com que a métrica atingisse 82%. Isso ocorreu durante o momento final da avaliação, onde era solicitado que os mesmos, além do resumo entre 3 e 5 linhas, produzissem um único resumo integrando os demais para produção de um vídeo.

Figura 6 – Métricas de performance do acadêmico 3 da I3 durante momento final da avaliação.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Durante a captura dos dados os pesquisadores constataram essa mudança repentina de estado, e investigou junto ao acadêmico 3, obtendo retorno de que esse era um grande desafio visto que o seu ponto frágil era a produção de textos no nível solicitado pela atividade.

E no que diz respeito à avaliação realizada pelo professor para estabelecer correlações com a aprendizagem, ela foi baseada na evidência do desenvolvimento de competências quanto a relação entre o indivíduo e os atuais produtos tecnológicos; de habilidades, relacionadas ao processo de seleção e/ou desenvolvimento de um produto tecnológico; e conhecimento, pertinente à apropriar-se de um conteúdo, saber fazer algo, conhecer um assunto, aproximar-se ou dominar uma área do conhecimento. Tudo isso pôde ser verificado através do acompanhamento do processo feito pelo professor e de um questionário de dez perguntas, elaborado para o experimento, que foi respondido pelos participantes. No quadro 2 é possível verificar o resultado da avaliação individual de competências, habilidade e conhecimento dos acadêmicos da I3.

Quadro 2 – Avaliação individual de competências, habilidade e conhecimento

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL			
Acadêmico	Competências	Habilidades	Conhecimentos
Acadêmico 1	Desenvolveu completamente	Desenvolveu completamente	Desenvolveu completamente
Acadêmico 2	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente
Acadêmico 3	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente
Acadêmico 4	Desenvolveu completamente	Desenvolveu completamente	Desenvolveu completamente
Acadêmico 5	Desenvolveu completamente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente
Acadêmico 6	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu completamente
Acadêmico 7	Desenvolveu completamente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente
Acadêmico 8	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente	Desenvolveu parcialmente

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Destaca-se que, dos oito acadêmicos, 4 evidenciaram que desenvolveram completamente as competências; com relação às habilidades, 6 acadêmicos desenvolveram parcialmente e 2 desenvolveram completamente; e quanto aos conhecimentos, 5 acadêmicos desenvolveram parcialmente, enquanto 3 desenvolveram completamente. Esses dados correspondem à investigação do professor, levando em consideração o acompanhamento de todo processo e as respostas dadas pelos acadêmicos ao questionário.

#### IV. CONCLUSÃO

O objetivo do artigo foi descrever três experimentos realizados em instituições de ensino públicas e privadas na cidade de Santarém-Pará, que visaram captar dados de sinais corporais como ondas cerebrais, batimentos cardíacos e expressões faciais usando ferramentas específicas, a fim de correlacionar os dados obtidos com as emoções dos participantes e a aprendizagem dos mesmos. Com relação aos resultados, foram apresentados especialmente os da I3 com acadêmicos do Curso de Ciência da Computação, obtidos por meio do Emotiv Epoc, que fazia a tradução das ondas cerebrais em métricas de performance.

Em avaliação ao experimento, dentre os acadêmicos participantes, mais de 50% acredita que o estado emocional influencia no seu processo de aprendizagem, e corroborando com isso, afirmaram que é necessário estar disposto a querer aprender, se sentir confiante e motivado. Além disso, mais da metade deram nota máxima ao experimento, e um pouco mais de 80% afirmaram que a metodologia do experimento poderia ser utilizada nas aulas.

Diante do que foi apresentado, analisando também os dados captados por meio das expressões faciais e batimentos cardíacos, acredita-se que o estado emocional dos participantes durante a realização das atividades pode ser percebido através do monitoramento dos sinais corporais. Além disso, foi possível concluir que, analisando o conjunto de batimentos cardíacos, métricas de performance através das ondas cerebrais e estado emocional por expressões faciais, uma mesma atividade pode produzir reações diferentes nos participantes, de acordo com a metodologia adotada e o estilo de aprendizagem de cada aluno.

No entanto, esse tipo de pesquisa envolvendo as variáveis de análise aqui apresentadas, ainda é pouco explorada, por isso, com relação aos trabalhos futuros, o objetivo é expandir o número de experimentos a fim de comparar os dados, ajustar e validar o processo

metodológico adotado, para que o mesmo possa atuar como ferramenta de auxílio nos processos de ensino e aprendizagem.

## V. REFERÊNCIAS

AFFECTIVE COMPUTING. **Research on Human Emotions**. MIT, 1997. Disponível em: <<https://affect.media.mit.edu/projectpages/archived/emotions.html>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

COMÊNIO, J. A. **Didática Magna – Tratado da Arte Universal de Ensinar tudo a todos**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

DEWEY, J. **Experience and Education**. New York: Macmillan Company, 1938.

EMOTIV. **Brain Computer Interface & Scientific Contextual EEG**. 2014. Disponível em: <<https://www.emotiv.com/files/Emotiv-EPOC-Product-Sheet-2014.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

FELDER, R.M.; SOLOMAN, B.A. **Learning Styles and Strategies**. 2006. Disponível em: <[www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/style.htm](http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/style.htm)>. Acesso em: 05 dez. 2018.

FELDER, R. M; SILVERMAN, L. K. **Learning and Teaching Styles in Engineering Education**. Engineering Education, 78, 1988.

FONSECA, V. da. **Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica**. Rev. Psicopedagogia 2016; 33(102): 365-64. Disponível em: <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862016000300014](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000300014)>. Acesso em: 17 jul. 2018.

GASPARIN, João Luiz. **Comênio ou da Arte de Ensinar tudo a todos**. Campinas, SP: Papirus, 1994.

HAGER, P.; GONCZI, A. & ATHANASOU, J. General Issues About Assessment of Competence. *Asses. Eval. High. Educ.*, 19 (1): 3-15, 1994.

JAQUES, P.A.; NUNES, M.A. **Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que inferem, expressam e possuem emoções e personalidade**. CBIE 2012 – JAIE. Disponível em: <<http://almanaquesdacomputacao.com.br/gutanunes/publications/JAIE2012-JAQUES.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

KOLB, D. **Experiential learning**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1984.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: <[https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy\\_of\\_historia-i/historia-ii/china-e-india](https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india)>. Acesso em: 18 dez. 2018.

MOREAU, B. A. **Primeira Constituição de Santa Cruz**. 2019. Disponível em: <<https://www.marianites.org/about-us/father-moreau/history-of-father-moreau>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

PAPERT, S. **Mindstorms: Children, computers and powerful ideas**. Brighton: Harvester Press, 1980.

PASTORE, C.A. *et al.* **Sociedade Brasileira de Cardiologia**. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Análise e Emissão de Laudos Eletrocardiográficos (2009). *Arq Bras Cardiol* 2009; 93 (1 supl. 1): 1-19. Disponível em:

<<http://publicacoes.cardiol.br/consenso/pocketbook/2005-2009/09-eco.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

PAXIUBA, C. M. C.; LIMA, C.P. **Cara de Aprender – Uma Ferramenta para Trabalhar Emoções e Aprendizagem Utilizando Expressões Faciais**. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8399189/>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999. Disponível em: <<http://atividadeparaeducacaoespecial.com/wp-content/uploads/2015/01/SEIS-ESTUDOS-DE-PSICOLOGIA-JEAN-PIAGET.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2019.

PICARD, R. W. **Affective Computing**. Cambridge, MA: MIT Press, 1997. Disponível em: <<https://affect.media.mit.edu/pdfs/95.picard.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

RAUPP, F.M.; BEUREN, I.M. **Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais**. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/AwG7Lw>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

RESNICK, M. **Kindergarten is the Model for Lifelong Learning**. *Edutopia*, June 2009. Disponível em: <<https://www.edutopia.org/kindergarten-creativity-collaboration-lifelong-learning>>. Acesso em: 04 dez. 2019.

RODRIGUES, A.J. **Metodologia Científica**. São Paulo: Avercamp, 2006.

SARAIVA, M. P. **O conhecimento do estilo de aprendizagem do aluno como ferramenta de ensino**. Dissertação (Mestrado em Ensino da Música) – Instituto Politécnico de Lisboa. 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8025/1/Relat%C3%B3rio%20de%20est%C3%A1gio\\_M%C3%B3nica%20Saraiva\\_Final.pdf](https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/8025/1/Relat%C3%B3rio%20de%20est%C3%A1gio_M%C3%B3nica%20Saraiva_Final.pdf)>. Acesso em: 24 jan. 2019.

SCHUH, A, CAMPOS, M. D. B., BEZ, M. MOSSMANN, J. B. Usability Evaluation of a Wheelchair Virtual Simulator Controlled by a Brain-Computer Interface: Lessons Learned to the Design Process. In: Antona M., Stephanidis C. (eds) **Universal Access in Human-Computer Interaction**. Interaction Techniques and Environments. UAHCI 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9738. Springer, Cham. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40244-4\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-40244-4_10)>. Acesso em: 04 dez. 2019.

TANNUS, A.M. **Controle de uma cadeira de rodas utilizando potencial evocado visual**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2014. Disponível em: <<https://www.pggee.ufmg.br/defesas/1038M.PDF>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

## VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 20/11/2019*

*Aprovado em: 08/12/2019*

## Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p><b>A IMPORTÂNCIA DA CONSOLIDAÇÃO DAS COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS</b></p> <p><b>THE IMPORTANCE OF CONSOLIDATION OF SUSTAINABLE PUBLIC PROCUREMENT</b></p> <p>Bruno Lenilson Costa Da Gama Saraiva; Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto; Eduardo Gonçalves Serra</p>
6-3	<p><b>SONDAGEM DE INOVAÇÃO: EVIDÊNCIA BRASILEIRA</b></p> <p><b>INNOVATION SURVEY: BRAZILIAN EVIDENCE</b></p> <p>Thales De Oliveira Costa Viegas; Lídia Silveira Arantes</p>
6-3	<p><b>INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA DE DEFENSA</b></p> <p><b>INNOVATION IN THE DEFENSE INDUSTRY</b></p> <p>Leandro Gabriel Flamino; Thales De Oliveira Costa Viegas</p>

## A IMPORTÂNCIA DA CONSOLIDAÇÃO DAS COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS

### THE IMPORTANCE OF CONSOLIDATION OF SUSTAINABLE PUBLIC PROCUREMENT

BRUNO LENILSON COSTA DA GAMA SARAIVA<sup>1</sup>; MARIA ANTONIETA PEIXOTO GIMENES COUTO<sup>1</sup>; EDUARDO GONÇALVES SERRA<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
*bsaraiva@eq.ufrj.br; gimenes@eq.ufrj.br; serra@poli.ufrj.br*

**Resumo** – O artigo tem por objetivo analisar a importância das compras e contratações sustentáveis no âmbito da Administração Pública. Para o estudo foram identificados os instrumentos legais existentes no Brasil usados nas compras e contratações públicas e os critérios sustentáveis que foram consolidados a partir da Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Para o cumprimento do objetivo foi realizado um levantamento bibliográfico, que abordou o conceito e as dimensões das Licitações Sustentáveis, além da consulta aos dados disponibilizados pelo sistema de compras do Governo Federal. Constata-se que as Licitações Sustentáveis ainda apresentam números pequenos frente às necessidades socioambientais.

**Palavras-chave:** Compras Públicas. Sustentabilidade. Licitações Sustentáveis.

**Abstract** - The article aims to analyze the importance of sustainable procurement in the Public Administration. For the study it was identified the existing legal instruments in Brazil used in public procurement and the sustainable criteria that were consolidated from Normative Instruction No. 01/2010 of the Ministry of Planning, Budget and Management. To fulfill the objective was carried out a literature that addressed the concept and dimensions of Sustainable Bids, as well as consulting the data provided by the Federal Government procurement system. It appears that the Sustainable Bids still have small numbers in face of socio-environmental needs.

**Keywords:** Public Procurement. Sustainability. Sustainable Bids.

#### I. INTRODUÇÃO

A necessidade da preservação do meio ambiente é uma preocupação mundial. A partir da segunda metade do século XX se intensificaram as discussões acerca de problemas ambientais. A política ambiental brasileira nasceu e se desenvolveu tardiamente, se confrontada às demais políticas setoriais brasileiras. Isso pode ser atribuído não só pelo fato de os temas ambientais serem, por natureza, controversos, transversais e complexos (THEODORO & BARROS, 2011), mas também, basicamente, em resposta às exigências do movimento internacional ambientalista e pelas ações de movimentos sociais locais.

Veiga (2010) destaca que, até meados do ano 1970, o desenvolvimento era visto como sinônimo do crescimento econômico. O livro "Primavera Silenciosa", originalmente

publicado na década de 1960 nos Estados Unidos da América, que sinalizava as questões ambientais no auge da produção química dos chamados organoclorados e seu uso indiscriminado ainda na agricultura, é considerado por muitos como o primeiro marco do movimento ambientalista. Sua autora, Rachel Carson, foi alçada em dezembro de 2006, pelo jornal britânico "The Guardian", ao primeiro lugar da lista das cem pessoas que mais contribuíram para a defesa do meio ambiente em todos os tempos. No ano de 1971, Foi divulgado um relatório formulado pelo chamado Clube de Roma que objetivou impetrar uma visão mais lúcida dos limites naturais do planeta, suas restrições à população e suas atividades de exploração, assim como identificar os elementos que influenciavam a conduta dos sistemas mundiais e suas interações, indicando para uma crise mundial, caso os níveis de exploração exacerbados fossem mantidos. A conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, em 1973, o choque do petróleo no início da década de 70, que ampliou o debate mundial sobre a escassez absoluta e relativa dos recursos naturais, e a criação do Greenpeace (1971), foram um forte indicio do crescimento da preocupação com a questão da exploração desordenada e os riscos ambientais consequentes.

No Brasil, até a década de 1970, os temas predominantes na área ambiental eram o fomento à exploração dos recursos naturais, o desbravamento do território e os embates entre os interesses econômicos internos e externos. A legislação que dava base à política, até esse período, era formada pelos seguintes marcos regulatórios: o Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, que decreta o Código de Águas (BRASIL, 1934), a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal (BRASIL, 1965), e a Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967, que institui o Código de Caça e Pesca (BRASIL, 1967). Não havia, no entanto, uma ação coordenada de Governo ou uma entidade gestora da questão.

A partir daí, o Brasil começou a sofrer pressões, tanto do movimento ambientalista quanto de organismos internacionais, em virtude da degradação de seu ainda grande patrimônio natural. Em 1973, pouco depois da Conferência de Estocolmo, foi criada no Brasil a Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), órgão especializado no trato de assuntos ambientais, sob a coordenação do

Ministério do Interior. A Lei nº 6938/81, a Política Nacional do Meio Ambiente, definiu as diretrizes gerais para as políticas públicas do meio ambiente e sua interação e convergência com vários setores da economia, de infraestrutura, da sociedade e do direito (BRASIL, 1981). Essa Lei estabeleceu os objetivos, princípios, diretrizes, instrumentos, atribuições e instituições da política ambiental nacional. A citada Lei dispõe em seu artigo 2º: o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo. Criou também o Sistema Nacional de Meio Ambiente, integrado por um órgão colegiado: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é composto por representantes de ministérios e entidades setoriais da Administração Federal, diretamente envolvidos com a questão ambiental, bem como de órgãos ambientais estaduais e municipais, de entidades de classe e de organizações não governamentais. Trouxe também conceitos como a avaliação de impactos ambientais, o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, procedimentos esses corroborados e assegurados na Constituição Federal de 1988.

Com o avanço tecnológico da década de 1980, o aprimoramento dos métodos de diagnóstico dos problemas ambientais e o impulso observado pelo movimento ecológico, a questão central voltou-se para a sobrevivência da espécie humana no planeta. Assim, o debate que havia se centrado basicamente nos impactos adversos que o meio ambiente sofria, por causa do desenvolvimento, deu origem à questão das perspectivas de desenvolvimento, a partir de um ambiente degradado. Era preciso, assim, agir de forma responsável em relação ao ambiente, de modo a garantir os recursos naturais necessários à sobrevivência das futuras gerações. Nascia, a partir, dessa ideia o conceito de Desenvolvimento Sustentável. Novos temas de política ambiental foram assim redefinidos no mundo e a necessidade de um novo pacto entre as nações geraria uma nova conferência internacional, a UNCED-92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento), conhecida como Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, Brasil.

Nesse sentido, segundo Oliveira (2002), o crescimento econômico não faz sentido se não conseguir promover o desenvolvimento humano (social), entendido como a realização pessoal dos indivíduos de um país ou região. O Estado e seus órgãos reguladores precisam optar por medidas que busquem o equilíbrio entre a sustentabilidade e o crescimento econômico. Para Schenini e Nascimento (2002) o Setor Público deve dar preferência às práticas gerenciais sustentáveis com a utilização de procedimentos e instrumentos que protejam o meio ambiente.

O Estado exerce uma grande influência como agente econômico, seja nas compras ou contratações públicas. Em média, no Brasil, estima-se que as compras públicas, em vários níveis do Governo, movimentem cerca de 10% a 15% do PIB (BIDERMAN *et al.*, 2008), um consumo bem expressivo, com capacidade de estimular o mercado para fornecimento de bens, serviços e obras sustentáveis. Ao Estado cabe o dever de “dar exemplo”, em matéria de preservação do meio ambiente. Seu poder de compra é indiscutivelmente forte, podendo valer-se desse poder para intervir nas relações sociais e também estimular o mercado produtor a adotar critérios sustentáveis na sua fabricação. É

um grande consumidor, tornando-se indispensável para favorecer o desenvolvimento sustentável, por meio das compras públicas. Se os consumidores procuram por produtos de qualidade e alto desempenho, produzidos sob circunstâncias de menor impacto ambiental a competição global será afetada positivamente, pois o mercado produtor vai competir com base na sustentabilidade.

O edital de licitação pode vir a ser uma ferramenta eficiente para induzir o desenvolvimento sustentável, pois, reflete diretamente na iniciativa privada. Se as organizações públicas decidirem por produtos sustentáveis, uma procura maior estimulará uma oferta maior o que levará a um preço mais baixo. Além disso, pode incentivar processos de inovação e conseqüentemente estimularem a competição nas indústrias, garantindo aos produtores recompensa pelo melhor desempenho ambiental de seus produtos, por meio da demanda do mercado.

A Lei Federal nº 8.666/93 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos), institui em seu artigo 3º que “a Licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar proposta mais vantajosa para a Administração” (BRASIL, 1993). O texto desse artigo foi alterado pela Lei 12.349/2010, que passou a incluir um novo objetivo a ser alcançado: o desenvolvimento nacional sustentável (BRASIL, 2010a). A expressão sustentabilidade ambiental alcançou as contratações e aquisições públicas e a Lei 8.666/93 reflete uma cautela com o desenvolvimento sustentável, em que licitação destaca que a característica da vantagem determinada pelo preço mais baixo não é mais causa para que o produto seja vencedor na licitação. É preciso que atenda às questões ambientais em suas estratégias corporativas, por meio de práticas e procedimentos em favor do desenvolvimento sustentável.

Dentre as estratégias de sustentabilidade ambiental da Administração Pública, se insere a Licitação Sustentável, um método adotado pelo Governo para aquisição de produtos e serviços, que emprega os recursos naturais de forma mais eficiente. A expressão sustentabilidade surgiu nos editais licitatórios, a partir da Instrução Normativa nº 01/2010, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade no processo de aquisição de bens e contratação de serviços e obras na Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, p.1, 2010). Essa forma de incluir critérios ambientais nas compras e contratações realizadas pela Administração Pública dá prioridade à compra de materiais com facilidade para reciclagem, vida útil mais longa, gerar menos resíduo e menor consumo de matéria prima e energia.

## II. LICITAÇÕES: CONCEITO E OBJETIVOS

A licitação é um procedimento formal, utilizado pela Administração Pública direta ou indireta, para a contratação de bens e serviços e é regulada pela Lei 8.666 de 1993 (BRASIL, 1993), conforme mandamento constitucional expresso no inciso XXI, do artigo 37, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Art. 37. (...)

XXI - ressalvados os casos especificados na legislação, as obras, serviços, compras e alienações serão contratados mediante processo de licitação pública que assegure igualdade de condições a todos os concorrentes, com cláusulas que estabeleçam obrigações de pagamento, mantidas as

condições efetivas da proposta, nos termos da lei, o qual somente permitirá as exigências de qualificação técnica e econômica indispensáveis à garantia do cumprimento das obrigações (BRASIL, 1988).

Cuida-se de procedimento administrativo, no qual exige uma “sequência de atividades da Administração e dos interessados, devidamente formalizadas, para que se chegue ao objetivo desejado”, conforme destacado por Carvalho Filho (2018). Meireles (2004) conceitua licitação como procedimento administrativo mediante o qual Administração Pública seleciona a proposta mais vantajosa para o contrato de seu interesse. Como procedimento, desenvolve-se através de uma sucessão ordenada de atos vinculantes para a Administração e para os licitantes, o que propicia igual oportunidade a todos os interessados e atua como fator de eficiência e moralidade nos negócios administrativos.

Para Di Pietro (2011) licitação significa o procedimento administrativo, pelo qual um ente público no exercício da função administrativa abre a todos interessados, que se sujeitam a condições fixadas no instrumento convocatório a possibilidade de formularem propostas dentre as quais selecionará e aceitará a mais conveniente para celebração de contrato.

Outrossim, a licitação é um procedimento vinculado que, além de ser exigido que a Administração observe o rito estabelecido na lei de licitações, deverá também observar as regras previamente fixadas. Carvalho Filho (2018) afirma que essa a única maneira de proteger o direito dos interessados e a probidade na realização do certame licitatório.

Pode ser objeto da licitação, por exemplo, uma obra pública, um serviço, uma compra, uma alienação, uma locação, um arrendamento, uma concessão ou permissão de uso de bem público desejado pela entidade obrigada a licitar. O objeto da licitação deve ser descrito de forma clara e sucinta no edital ou carta-convite. Meireles (2004) esclarece que uma licitação sem a caracterização de seu objeto é nula, uma vez que a finalidade da licitação será sempre a obtenção de seu objeto nas melhores condições para a Administração.

O art. 3º da Lei nº 8.666/93, dispõe que:

Art. 3º

“A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável e será processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos” (BRASIL, 1993).

Destaca-se no artigo supracitado que são finalidades ou objetivos da licitação pública: *garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável*. Para Justen Filho (2016), a licitação é um procedimento administrativo disciplinado por lei e por um ato administrativo prévio, que determina critérios objetivos de seleção da proposta da contratação mais vantajosa com observância do princípio da isonomia conduzido por um órgão de competência específica.

A observância do princípio constitucional da isonomia significa que a Administração Pública deve assegurar a todos aqueles interessados, de forma indistinta, a aplicação das regras previamente fixadas, incluindo aquelas estabelecidas em Edital. Sendo assim, é inadmissível a imposição de exigências diversas para os eventuais interessados em contratar com o Estado, por meio do competente torneio licitatório, salvo exceções legais, como, por exemplo, o tratamento diferenciado conferido às microempresas e empresas de pequeno porte definido na Lei Complementar Nº 123, de 14 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006).

Já a seleção da proposta mais vantajosa para a Administração Pública consiste na busca pela melhor proposta para a Administração. Não se trata, necessariamente, da proposta de menor preço, pois os aspectos de qualidade também são relevantes nas contratações públicas. Para atender a essa finalidade, cabe à Administração Pública selecionar a proposta em que o particular fique obrigado a realizar o objeto com a melhor qualidade ao menor custo.

Sendo assim o Gestor público deve buscar o equilíbrio entre os três princípios norteadores da licitação pública: sustentabilidade, economicidade e competitividade, como esquematizado na Figura 1.

Figura 1 – Princípios norteadores da licitação pública



Fonte: Autores, 2019.

Por fim, a *promoção do desenvolvimento nacional sustentável*, inserido na redação do artigo 3º, da Lei nº 8.666/1993, por força da alteração trazida pela Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010a), busca provocar importantes modificações nas contratações públicas, uma vez que atribui à licitação a finalidade de viabilizar o desenvolvimento nacional sustentável.

### III. A LICITAÇÃO SUSTENTÁVEL

Conforme visto, destaca-se que as licitações públicas são compostas de três pilares: a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a Administração e, com a nova redação dada ao artigo 3º da Lei nº 8.666/93, por meio da Lei nº 12.349/2010, o *desenvolvimento nacional sustentável*.

No entanto, cabe observar, o que propõe Justen Filho (2016):

“A Lei nº 12.349 alterou a redação do art. 3º e incluiu a promoção do desenvolvimento nacional sustentável como um dos fins da licitação. Isso configurou um equívoco lógico, ainda que não se trate de um vício de inviabilidade. **O desenvolvimento nacional sustentável não é uma**

**finalidade da licitação propriamente dita, mas um fim a ser promovido por meio das contratações públicas.** (grifo nosso)” (JUSTEN FILHO, p.58, 2016).

Percebe-se que a licitação sustentável não deve ser tratada como uma exceção nas contratações públicas, pelo contrário, consiste em regra geral que deve ser perseguida pelo administrador público.

“A licitação sustentável é uma solução para integrar considerações ambientais e sociais em todos os estágios do processo da compra e contratação dos agentes públicos (de governo) com o objetivo de reduzir impactos à saúde humana, ao meio ambiente e aos direitos humanos. A licitação sustentável permite o atendimento das necessidades específicas dos consumidores finais por meio da compra do produto que oferece o maior número de benefícios para o ambiente e a sociedade.” (BIDERMAN, p.21, 2008).

O Ministério do Meio Ambiente conceitua a licitação sustentável como sendo o procedimento administrativo formal que contribui para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, mediante a inserção de critérios sociais, ambientais e econômicos nas aquisições de bens, contratações de serviços e execução de obras (BRASIL, 2017), ou seja, é a utilização da máquina pública, através do seu poder de compra, com a finalidade de gerar vantagens econômicas e socioambientais para a sociedade.

“A Compra Pública Sustentável ou Licitação Sustentável deve considerar as consequências ambientais, sociais e econômicas dos seguintes aspectos: elaboração de projeto; utilização de materiais renováveis; métodos de produção; logística e distribuição; uso, operação, manutenção, reuso; opções de reciclagem; e o comprometimento dos fornecedores em lidar essas consequências ao longo de toda a cadeia produtiva” (UK SUSTAINABLE PROCUREMENT TASK FORCE, 2006, APUD SOUZA & OLIVERO, p.4, 2010).

Busca a Administração Pública, por meio de inserção de critérios sustentáveis em seus editais de licitação, reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente, levando-se em consideração os seguintes aspectos, conforme sugerido pelo Guia Nacional de Licitações Sustentáveis: redução do consumo; análise do ciclo de vida do produto (produção, distribuição, uso e disposição) para determinar a vantagem econômica da oferta; estímulo para que os fornecedores assimilem a necessidade premente de oferecer ao mercado, cada vez mais, obras, produtos e serviços sustentáveis, até que esta nova realidade passe a representar regra geral e não exceção no mercado brasileiro; fomento da inovação, tanto na criação de produtos com menor impacto ambiental negativo, quanto no uso racional destes produtos, minimizando a poluição e a pressão sobre os recursos naturais (CARVALHO; FERREIRA; & VILLAC, 2016).

Já em termos práticos, conforme explicitado pelo autor Victor Aguiar Jardim de Amorim:

“os critérios e práticas de sustentabilidade são veiculados como especificação técnica do objeto ou como obrigação da empresa contratada, tanto na execução dos serviços quanto no fornecimento dos bens, devendo ser preservado o caráter competitivo do certame” (AMORIM, p.23, 2017).

Tão importante quanto inserir critérios de sustentabilidade como especificação técnica do objeto na

aquisição de bens, evitar a necessidade da compra é a maneira mais direta e o caminho certo para cortar custos de aquisição.

“Em termos concretos, isto significa que os consumidores finais do produto e os compradores têm que rever suas exigências ou necessidades do produto e identificar oportunidades potenciais para aumentar a eficiência de seu uso” (BIDERMAN, p.45, 2008).

As compras públicas sustentáveis podem ser práticas de fomento e estímulo ao mercado de fornecedores sustentáveis. Elas sinalizam mudanças de comportamento, promovem a competição, a inovação, economias de escala e redução de riscos. Nota-se que o papel do Estado, por meio das contratações sustentáveis, aliadas com outras medidas de gestão pública e educação ambiental, possibilita e incentiva hábitos mais sustentáveis. Portanto, é:

“fundamental a consideração, desde a fase de planejamento, de como se processará a utilização do bem sustentável adquirido para que não seja objeto de desperdício nas atividades administrativas cotidianas” (VILLAC & BLIACHERIS, p.45, 2013).

Vale destacar a ausência de incompatibilidade com os princípios da isonomia e razoabilidade, uma vez que a inclusão de variáveis ambientais nos processos licitatórios, podendo ser interpretadas como discriminatórias, “têm por objetivo a proteção do meio ambiente, com fundamento em preceitos constitucionais, contidos especialmente nos artigos 170, VI, e 225, § 1º, V” (DI PIETRO, p.422, 2016).

Diante do exposto, a licitação sustentável ou compra de produtos sustentáveis é um instrumento de gestão ambiental imprescindível na Administração Pública, de modo que contribui com a redução dos impactos ao meio ambiente, a partir do momento que dá as empresas nacionais verdadeiros incentivos a fim de desenvolverem tecnologias mais ecológicas, e estimula o uso racional destes produtos.

#### IV. ASPECTOS LEGAIS ACERCA DAS CONTRATAÇÕES SUSTENTÁVEIS

O princípio do desenvolvimento sustentável, consagrado na Constituição Federal de 1988, procura harmonizar a proteção ao meio ambiente com o desenvolvimento socioeconômico. É um desdobramento da interpretação dos artigos 225, caput e 170, VI.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, conhecida como a constituição cidadã, no artigo 170, inciso VI, estabelece a defesa do meio ambiente como um dos princípios da ordem econômica ao afirmar que esta é fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observado, dentre outros princípios, a proteção ambiental (BRASIL, 1988).

A Constituição Federal de 1988 foi a primeira a dedicar um capítulo específico ao meio ambiente. O meio ambiente foi elevado ao patamar constitucional, ganhando capítulo próprio, com status de direito fundamental difuso e transindividual. Portanto, é um direito de todos, bem de uso comum do povo, sendo dever do Poder Público e da coletividade defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A norma constitucional deixa claro que:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida,

impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Conforme já visto, por força de norma constitucional, a Administração Pública está vinculada a obrigatoriedade de licitar, sendo também um instrumento para viabilizar políticas públicas, devendo para tanto observar princípios norteadores, tais como, legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência, todos previstos expressamente no texto constitucional.

Igualmente, podemos citar princípios, os quais regem as contratações públicas, como por exemplo, a da vinculação ao instrumento convocatório, o do julgamento objetivo, o da motivação, todos decorrentes expressamente ou implicitamente da Lei nº. 8.666/93 e de legislação esparsa, recepcionados pelo direito pátrio, como o *princípio da sustentabilidade da licitação ou princípio da licitação sustentável*.

A Lei 8.666/93, inicialmente uma norma voltada para as aquisições do Poder Público, transformou-se em um importante instrumento para a realização de políticas públicas, contendo disposições que privilegiam o desenvolvimento nacional sustentável, o desenvolvimento de produtos e serviços manufaturados nacionais, ações de inovação, associações de catadores de produtos recicláveis, reserva de cargos para pessoa com deficiência ou reabilitado da Previdência Social, além de resguardarem contra a prática do trabalho de menor em condições vedadas pela Constituição Federal.

De acordo com Di Pietro (2016), o princípio da sustentabilidade da licitação ou da licitação sustentável liga-se à ideia de que é possível, por meio do procedimento licitatório, incentivar a preservação do meio ambiente.

A autora traz como marco inicial a Lei nº. 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), destacando o artigo 4º, o qual define os objetivos da política nacional do meio ambiente, vejamos:

Art 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

I - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;

II - à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios;

III - ao estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais;

IV - ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;

V - à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;

VI - à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

VII - à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos (BRASIL, 1981).

Não obstante a promoção do desenvolvimento nacional sustentável seja um dos objetivos da Lei 8.666/93, ela é omissa quanto ao dever de se cumprir os requisitos de proteção ao meio ambiente, que devem constar no instrumento convocatório, seja em relação ao objeto em si ou à obra/serviço, seja em relação à condição da empresa do licitante. Assim, é indispensável uma análise de outros dispositivos para entender a necessidade e a obrigatoriedade de as compras públicas serem ambientalmente sustentáveis e de se compreender que essa característica, ser sustentável, deve necessariamente integrar o dever pelo qual a Administração deve obter a proposta mais vantajosa.

Somente em 2010, portanto, 22 anos após a promulgação da constituição, foram introduzidos critérios ambientais nas licitações públicas brasileiras. Com a edição da Instrução Normativa 01, pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, critérios de sustentabilidade ambiental foram estabelecidos na aquisição de bens, contratação de serviços e obras por parte dos órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, 2010).

No mesmo ano, pode-se destacar a edição da Lei nº. 12.349/2010, que alterou o artigo 3º da Lei nº 8.666/93, onde pode-se afirmar que somente através da licitação sustentável será possível alcançar o desenvolvimento nacional sustentável (BRASIL, 2010a).

Mais tarde, no ano de 2012, o Decreto nº. 7.746/2012 foi editado para regulamentar o dispositivo acima mencionado e, com isso, estabeleceram-se critérios, práticas e diretrizes gerais para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, por meio das contratações realizadas pela Administração Pública Federal. De acordo o artigo 4º do referido decreto, são diretrizes de sustentabilidade, entre outras: o menor impacto sobre recursos naturais como flora, fauna, ar, solo e água; a preferência para materiais, tecnologias e matérias-primas de origem local; a maior eficiência na utilização de recursos naturais como água e energia; a maior geração de empregos, preferencialmente com mão de obra local; a maior vida útil e menor custo de manutenção do bem e da obra; o uso de inovações que reduzam a pressão sobre recursos naturais; e a origem ambientalmente regular dos recursos naturais utilizados nos bens, serviços e obras (BRASIL, 2012).

Outras normas sugeriram visando garantir o princípio da sustentabilidade das licitações, com destaque para:

O Decreto nº. 5.450, de 2005, que regulamentou o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns. Trata-se de modalidade licitatória, instituída pela Lei nº. 10.520 de 17 de julho de 2002, que na forma eletrônica figura como a principal modalidade de aquisição nas licitações econômica, social e ambientalmente responsáveis (BRASIL, 2005). Nos últimos três anos (2016, 2017 e 2018), por exemplo, de acordo com informações extraídas do Painel de Compras do governo federal (disponível em <http://painelcompras.planejamento.gov.br>), a modalidade respondeu por 96% (noventa e seis por cento) dessas aquisições, com mais de 60 mil licitações cadastradas, representando um gasto superior a R\$ 55 milhões.

É importante destacar, ainda, a Lei nº 12.462, de 2011, que instituiu Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC) para os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de 2016, Copa das Confederações da Federação Internacional de

Futebol Associação Fifa 2013 e Copa do Mundo de futebol de 2014 (BRASIL, 2011).

Portanto, com os grandes eventos sediados no Brasil foi estabelecido o Regime Diferenciado de Contratações. Inicialmente concebido para conferir maior celeridade às obras relacionadas a esses grandes eventos. Atualmente o rol de hipóteses de cabimento para utilização do RDC está bastante ampliado.

Nessa linha, a Lei das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte, instituída em 14 de dezembro de 2006 (Lei Complementar Federal nº 123/2006), para regulamentar o disposto na Constituição Brasileira, que prevê o tratamento diferenciado e favorecido à microempresa e à empresa de pequeno porte (BRASIL, 2006), e que juntamente com a criação do pregão e do RDC, compõe a tríade das alterações de maior impacto nas compras públicas brasileiras. Essa lei abriu esse importante e sólido mercado à microempresa e à empresa de pequeno porte, autorizando o tratamento diferenciado e favorecido quando em competição com empresas de médio e grande porte (BRASIL, 2006).

A Lei nº 12.187, de 2009, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC – destaca-se como importante inovação na legislação, com a previsão de critérios de preferência nas licitações públicas para propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais (BRASIL, 2009).

O artigo 3º da referida lei faz referência ao desenvolvimento sustentável, bem como a importância de todos os agentes para seu alcance:

Art. 3º A PNMC e as ações dela decorrentes, executadas sob a responsabilidade dos entes políticos e dos órgãos da administração pública, observarão os princípios da precaução, da prevenção, da participação cidadã, do desenvolvimento sustentável e o das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, este último no âmbito internacional, e, quanto às medidas a serem adotadas na sua execução, será considerado o seguinte:

I - todos têm o dever de atuar, em benefício das presentes e futuras gerações, para a redução dos impactos decorrentes das interferências antrópicas sobre o sistema climático;

II - serão tomadas medidas para prever, evitar ou minimizar as causas identificadas da mudança climática com origem antrópica no território nacional, sobre as quais haja razoável consenso por parte dos meios científicos e técnicos ocupados no estudo dos fenômenos envolvidos;

III - as medidas tomadas devem levar em consideração os diferentes contextos socioeconômicos de sua aplicação, distribuir os ônus e encargos decorrentes entre os setores econômicos e as populações e comunidades interessadas de modo equitativo e equilibrado e sopesar as responsabilidades individuais quanto à origem das fontes emissoras e dos efeitos ocasionados sobre o clima;

IV - o desenvolvimento sustentável é a condição para enfrentar as alterações climáticas e conciliar o atendimento às necessidades comuns e particulares das populações e comunidades que vivem no território nacional;

V - as ações de âmbito nacional para o enfrentamento das alterações climáticas, atuais, presentes e futuras, devem considerar e integrar as ações promovidas no âmbito estadual e municipal por entidades públicas e privadas (BRASIL, 2009).

Quanto à questão de resíduos sólidos, a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece em seu art. 7º prioridade nas aquisições e contratações governamentais para: I- produtos reciclados e recicláveis; II- bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis (BRASIL, 2010c).

## V. A IMPORTÂNCIA DAS LICITAÇÕES SUSTENTÁVEIS

O aumento do consumo de água, de energia, entre outros elementos da biodiversidade é responsável por diversos problemas ambientais, tais como, poluição da água e do ar, desaparecimento de espécies de vegetais e animais e o agravamento das mudanças climáticas. Com os padrões de produção e consumo insustentáveis a manutenção da vida no planeta se torna cada vez mais insegura.

“Toda vez que uma compra ou contratação pública é realizada, são gastos recursos públicos para a aquisição de produtos ou contratação de serviços. Pode não parecer, mas esse tipo de decisão é muito importante, e pode causar significativos impactos. Nesse momento, várias considerações deveriam ser feitas pelo agente tomador de decisão. Primeiramente, deveria ser avaliada se existe uma necessidade real de aquisição do(s) produto(s). Em segundo lugar, a decisão poderia ser tomada baseada nas circunstâncias sob as quais o produto foi gerado, levando em conta os materiais com os quais foi feito e as condições de trabalho de quem o gerou. Em terceiro lugar, deveria ser feita uma avaliação em relação ao seu futuro, ou seja, como este produto se comportará durante sua fase útil e após a sua disposição final” (BIDERMAN, p.15, 2008).

Conforme já explicitado, as ações governamentais têm um papel de destaque na promoção de mudanças no atual modelo de desenvolvimento. Além de promover políticas públicas objetivando a promoção do desenvolvimento nacional sustentável, o governo tem importante influência quando desempenha a função de consumidor.

Destaca-se que a:

“consideração da sustentabilidade na fase de elaboração dos regramentos licitatórios tem por pressupostos repensar a formulação automatizada dos editais e recusar bens e serviços que não atendam às normas ambientais” (VILLAC & BLIACHERIS, p.43, 2013).

É de suma importância a inserção de critérios de sustentabilidade nas contratações públicas e, segundo o Projeto “Compras Sustentáveis pela Inovação e por uma Economia Verde e Inclusiva” (BETIOL, 2012), as Compras Públicas Sustentáveis podem trazer diversos benefícios, dos quais podemos destacar os seguintes, entre outros:

- Promoção da proteção socioambiental;
- Movimentação do mercado, estímulo à economia e aumento da competitividade de empresas em mercados futuros, criando novos negócios e aumentando o número de postos de trabalho;
- Melhores produtos e serviços, trazendo benefícios diretos para a população usuária dos serviços públicos, como resultado de novas ideias e padrões no mercado, que poderão, em seguida, ser fornecidos de maneira mais eficiente e eficaz, e com um menor preço;

- Descobertas científicas e tecnológicas resultantes de processos de inovação podem ajudar a solucionar alguns dos principais desafios sociais, como saúde e bem-estar, segurança alimentar, agricultura sustentável, energia limpa e eficiente, transporte sustentável e integrado, alterações climáticas e eficiência no uso de recursos naturais.

Portanto, a inserção de critérios de sustentabilidade nas licitações pública, além de promover o mercado de bens e serviços sustentáveis, resulta na geração de benefícios socioambientais e na redução de impactos ambientais.

Entretanto, constata-se que a consolidação das licitações sustentáveis ainda está muito aquém do razoável. Os números mostram-se tímidos, frente à urgência dos fatos. O Estado brasileiro para atender aos princípios constitucionais e às normas legislativas a que deve obediência, necessita aumentar suas ações, face às dificuldades encontradas para a implementação definitiva da licitação sustentável. Deve, principalmente, atentar para a capacitação de seus servidores e, também, aumentar a fiscalização para a consecução de um Estado sustentável.

As Licitações Sustentáveis ainda apresentam números pequenos frente às necessidades socioambientais. A modesta participação dessas aquisições no total das compras públicas demonstra a urgência pela efetividade das normas aplicadas ao tema. O Gráfico 1, cujos dados foram extraídos do Painel de Compras do Governo Federal (disponível em <http://paineldecopras.planejamento.gov.br>), ilustra a real situação dessas contratações. As Licitações Sustentáveis realizadas nos anos de 2014 até 2018 representaram menos de 1% dos processos cadastrados no portal de compras do governo federal.

Gráfico 1 - Evolução das licitações sustentáveis cadastradas no Painel de Compras do Governo Federal



Fonte: Autores, 2019.

No último ano (2018), a título de exemplo, o Governo Federal gastou R\$ 131.744.662,35 (cento e trinta e um milhões e setecentos e quarenta e quatro mil e seiscentos e sessenta e dois reais e trinta e cinco centavos) em aquisições de bens e serviços com indicadores de sustentabilidade, nas diversas modalidades licitatórias, conforme Tabela 1, cuja fonte de dados é o Painel de Compras do Governo Federal (disponível em <http://paineldecopras.planejamento.gov.br>). Verifica-se de um número quase irrelevante, frente ao poder de compra do governo.

Tabela 1 – Total de compras do Governo Federal no ano de 2018

Modalidade de Compras	Indicador de Item Sustentável	Quantidade de Compras	Valor da Compra
Dispensa de Licitação	NÃO SE APLICA	28	R\$ 66.305,50
Concorrência	NÃO SUSTENTÁVEL	249	R\$ 706.559.943,67
Concorrência Internacional	NÃO SUSTENTÁVEL	12	R\$ 105.557.661,05
Concurso	NÃO SUSTENTÁVEL	23	R\$ 1.258.988,00
Convite	NÃO SUSTENTÁVEL	81	R\$ 7.559.596,08
Dispensa de Licitação	NÃO SUSTENTÁVEL	64.404	R\$ 18.350.863.348,01
Inexigibilidade de Licitação	NÃO SUSTENTÁVEL	18.111	R\$ 9.158.612.088,02
Pregão	NÃO SUSTENTÁVEL	19.281	R\$ 19.107.908.825,70
Tomada de Preços	NÃO SUSTENTÁVEL	432	R\$ 215.095.427,03
Convite	SUSTENTÁVEL	1	R\$ 974,40
Dispensa de Licitação	SUSTENTÁVEL	339	R\$ 390.514,69
Inexigibilidade de Licitação	SUSTENTÁVEL	5	R\$ 119.804,24
Pregão	SUSTENTÁVEL	653	R\$ 131.233.369,02
TOTAL		103.619	R\$ 47.785.226.845,40

Indicador de Item Sustentável	Quantidade de Compras	Valor da Compra
SUSTENTÁVEL	998	R\$ 131.744.662,35
NÃO SUSTENTÁVEL	102.593	R\$ 47.653.415.877,56
NÃO SE APLICA	28	R\$ 66.305,50

Fonte: Autores, 2019.

Em 2019, transcorridos 10 (dez) meses, R\$ 12.154.711,03 (doze milhões e cento e cinquenta e quatro mil e setecentos e onze reais e três centavos) foram despendidos com itens sustentáveis. Parcela ainda insignificante, comparada aos gastos com itens “não sustentáveis”, que representa um valor de R\$ 43.106.922.958,18 (quarenta e três bilhões e cento e seis milhões e novecentos e vinte dois mil e novecentos e

cinquenta e nove reais e dezoito centavos), conforme dados extraídos no Painel de Compras do Governo Federal (disponível em <http://paineldecopras.planejamento.gov.br>), listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Total de compras do Governo Federal no ano de 2019\*

Indicador de Item Sustentável	Quantidade de Compras	Valor da Compra
SUSTENTÁVEL	743	R\$ 12.154.711,03
NÃO SUSTENTÁVEL	58.209	R\$ 43.106.922.958,18

Fonte: Autores, 2019.

\*Dados se referem aos primeiros dez meses do ano de 2019 (coletados 11/11/2019).

As ações governamentais necessitam de reavaliação, visando fomentar as contratações públicas sustentáveis. Diante de números inexpressivos, constata-se a dificuldade de a administração pública atender às determinações constitucionais e às normas legais. Todavia o Gráfico 1 deixa claro que há uma tendência de crescimento ano a ano da percentagem de compras de itens sustentáveis, em relação ao quantitativo total de aquisições de bens e serviços do Governo Federal.

Nesse contexto é importante destacar o posicionamento constante do *Manual para Implementação de Licitações Sustentáveis na Administração Pública Federal*, disponibilizado pela AGU, o qual sugere um grande comprometimento dos diversos órgãos da administração, vejamos:

“[...] a concepção da licitação como instrumento jurídico para a promoção do desenvolvimento sustentável será com mais familiaridade reconhecida e adotada pelos servidores públicos que atuam nos setores de licitações se os órgãos públicos dotarem medidas de sustentabilidade não apenas nas contratações, mas na gestão ambiental da unidade como um todo, em seus diversos setores, com a implementação de mecanismos de educação e conscientização ambiental dos seus servidores” (VILLAC; BLIACHERIS, p.19, 2013).

De fato, a licitação sustentável pode ser considerada um instrumento para viabilizar as políticas públicas para promoção do desenvolvimento nacional sustentável, e as ações governamentais precisam convergir para a consolidação desse objetivo.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As compras sustentáveis apresentam um novo conceito, segundo o qual os fornecedores se alinham ao uso racional e inteligente dos recursos naturais, agregando valor a seus produtos. As organizações que adotam compras sustentáveis apresentam diversos benefícios, sendo que muitas vezes esses são obtidos em longo prazo. Quando aplicada corretamente ajuda a instituição a melhorar sua imagem política, maximizar a eficiência, alcançar nível mais elevado de sustentabilidade com o mesmo capital, aperfeiçoar ao modo de vida da comunidade local e antecipar a legislação; além de estimular o desenvolvimento local e desenvolver mercado para inovação. Gomes (2006) considera que a proteção ao meio ambiente é uma das finalidades do Estado enquanto a contratação é um meio de ação.

Portanto, podemos concluir que o caminho das licitações públicas sustentáveis é um destino sem volta, pois temos que nos comprometer com as gerações futuras e, para isso, requer mudanças de hábitos de toda a sociedade, incluindo o governo e empresas.

Apesar de a Constituição Federal prever em seu texto a proteção ao meio ambiente, somente em 2010, efetivamente, a legislação que trata de contratações públicas passou a defender o desenvolvimento nacional sustentável. E, como visto, a Administração Pública, através das contratações públicas, movimentou significativamente a economia.

Entretanto, pode-se perceber que a efetivação das licitações sustentáveis ainda não está consolidada – muitas das vezes os números se mostram tímidos em frente à urgência dos fatos. O Estado brasileiro para atender aos princípios constitucionais e às normas legislativas a que deve obediência, necessita aumentar suas ações frente às dificuldades encontradas para a implementação definitiva da licitação sustentável. Deve, principalmente, atentar para a capacitação de seus servidores e, também, aumentar a fiscalização para a consecução de um Estado sustentável.

O país vive um momento de crise econômica e, nessas horas, precisa-se criar mecanismos que promovam iniciativas para que a retomada do crescimento ocorra de forma sustentável. No âmbito de uma instituição pública, uma das iniciativas concretas como forma de colaborar para o desenvolvimento sustentável é a inserção de práticas sociais e ambientais nas aquisições de bens e serviços por meio de licitação pública. A seleção da proposta mais vantajosa, conforme mencionado, é um dos objetivos da licitação pública, a qual a Administração atua diretamente para a consecução do interesse público onde está inserido o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

## VII. REFERÊNCIAS

- AMORIM, V. A. J. de. **Licitações e contratos administrativos: teoria e jurisprudência**. Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. Disponível em: <[http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/533714/licitacoes\\_e\\_contratos\\_administrativos\\_1ed.pdf?sequence=1](http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/533714/licitacoes_e_contratos_administrativos_1ed.pdf?sequence=1)> Acesso em 03 Jul 2019.
- BETIOL, L. S. *et al.* **Compra Sustentável: a força do consumo público e empresarial para uma economia verde e inclusiva**. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80063/CompraSt\\_FGV.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80063/CompraSt_FGV.pdf)> Acesso em 15 Set 2019.
- BIDERMAN, R. *et al.* **Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: GVces; ICLEI; LACS. 2008.
- BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. 1934.
- BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal. 1965.
- BRASIL. **Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967**. Institui o Código de Caça e Pesca. 1967.
- BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>.

- BRASIL. **Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. 1993.
- BRASIL. **Decreto nº 5.450, de 31 de maio de 2005.** Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. 2005.
- BRASIL. **Lei Complementar nº123, de 14 de dezembro de 2006.** Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte. 2006.
- BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. 2009.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 01 de 19 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. 2010. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalh.e.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 02 Mar 2019.
- BRASIL. **Lei n. 12.349, de 15 de dezembro de 2010.** Que altera as Leis nºs 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006. 2010a.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Licitações e contratos: orientações e jurisprudência do TCU / Tribunal de Contas da União.** – 4ª ed. rev., atual. e ampl. – Brasília: TCU, Secretaria Geral da Presidência: Senado Federal, Secretaria Especial de Editoração e Publicações, 2010b.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010c.
- BRASIL. **Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011.** Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC. 2011.
- BRASIL. **Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012.** Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão socioambiental nas universidades públicas: A3P.** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Departamento de Proteção e Consumo Sustentáveis, Programa Ambiental na Administração Pública. – Brasília, DF: MMA, 2017.
- CARSON, R. **Primavera Silenciosa.** 2ª ed. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1969.
- CARVALHO, F. G. de; FERREIRA, M. A. de O.; & VILLAC, T. **Guia Nacional de Licitações Sustentáveis.** Brasília: Advocacia-Geral da União (AGU), 2016.
- CARVALHO FILHO, J. dos S. **Manual de direito administrativo.** 32. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- DI PIETRO, M. S. Z. **Direito administrativo.** 24ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- DI PIETRO, M. S. Z. **Direito administrativo.** 29ª. Ed. Rio de Janeiro: Forense, 2016.
- GOMES, M. C. **Compras públicas sustentáveis.** Revista Eco 21, Rio de Janeiro, ed. 116, Jul. 2006.
- JUSTEN FILHO, M. **Comentários à Lei de Licitações e Contratos Administrativos.** São Paulo: RT, 2016.
- MEIRELLES, H. L. **Direito Administrativo Brasileiro.** 30. Ed. São Paulo: Malheiros, 2004.
- OLIVEIRA, I. P. **Licitação: Formalismo ou Competição?** Rio de Janeiro: Temas e Ideias. 2002.
- SCHENINI, P. C.; & NASCIMENTO, D. T. **Gestão Pública Sustentável.** Revista de Ciências da administração - v.04 n. 08. 2002.
- SOUZA, M. T. S. de; & OLIVERO, S. M. **Compras Públicas Sustentáveis: um Estudo da Incorporação de Critérios Socioambientais nas Licitações do Governo do Estado de São Paulo.** XXXIV Encontro da AnPAD. p. 1-17. 2010.
- THEODORO, S. H.; & BARROS, J. G. do C. **Política Nacional do Meio Ambiente: conquistas e perspectivas.** In: THEODORO, S. H. (org.). **Os 30 anos da Política Nacional de Meio Ambiente: conquistas e perspectivas.** Rio de Janeiro: Editora Garamond. 2011.
- VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI.** Rio de Janeiro: Garamond, 2010.
- VILLAC, T.; BLIACHERIS, M. W. **Implementando licitações sustentáveis na Administração Pública.** Brasília: AGU, 2013.

## VIII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 19/11/2019*  
*Aprovado em: 30/11/2019*

**SONDAGEM DE INOVAÇÃO: EVIDÊNCIA BRASILEIRA****INNOVATION SURVEY: BRAZILIAN EVIDENCE**THALES DE OLIVEIRA COSTA VIEGAS<sup>1</sup>; LÍDIA SILVEIRA ARANTES<sup>2</sup>

1 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; 2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

*thales.viegas@ufsm.br; lidia.arantes@ppge.ie.ufrj.br*

**Resumo** - Este trabalho adota a metodologia de estudo para analisar a Sondagem de Inovação (ABDI), com o objetivo de compreender o desempenho inovativo da indústria brasileira entre 2010 e 2019. Os resultados apontam que o total de empresas inovadoras caiu de cerca de 70%, em 2010, para cerca de 44% em 2019. Constata-se que os indicadores de inovação sofreram quedas sucessivas, desde 2014, influenciados pela crise econômica do país e pelas incertezas presentes na economia global. Contudo, o desempenho inovativo de um país também influencia a competitividade internacional e a capacidade de crescimento de sua economia. Conclui-se que o escopo e a maior frequência da Sondagem de Inovação fornecem subsídios úteis para os formuladores de política pública de inovação e possibilitam uma análise do impacto da conjuntura econômica nos esforços de inovação das empresas. Nesta seara, o Brasil precisa avançar para dinamizar o seu parque produtivo.

**Palavras-chave:** Survey de Inovação. Sondagem de Inovação. Desempenho Inovativo. Produto. Processo.

**Abstract** - This paper presents a case study of the Innovation Survey (Sondagem da Inovação), aiming to analyze the innovative performance of Brazilian industry between 2010 and 2019. The results show that the percentage of innovative companies fell from about 70% to about 44% in 2019. It can be seen that innovation indicators have declines since 2014, influenced by the Brazilian economic crisis and the uncertainties around the global economy. However, a country's innovative performance also influences the international competitiveness and growth capacity of its economy. It is concluded that the scope and frequency (quarterly) of the Innovation Survey provide useful insights for innovation policy making. It enables analysis about the impact of short run economic environment on companies' innovation efforts. In fact, Brazil needs to move forward in its innovation results and policies to boost its production sector.

**Keywords:** Innovation Survey. Sondagem de Inovação. Innovative Performance. Product. Process.

**I. INTRODUÇÃO**

O objetivo deste trabalho é apresentar a evidência brasileira sobre Sondagem de Inovação capitaneada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Neste contexto, o problema de pesquisa é o seguinte: quais as características do desempenho inovador das empresas brasileiras, ao longo da década de 2010, medido pela Sondagem de Inovação? A Sondagem de Inovação segue os padrões internacionais de coleta e tratamento de dados sobre pesquisa e desenvolvimento (P&D) conforme o “Manual de Oslo”, o que proporciona compatibilidade metodológica com *surveys* internacionais.

O método desta pesquisa é o estudo de caso, com base no qual serão analisados, os limites, as potencialidades, os resultados e os avanços da Sondagem de Inovação. Naturalmente, os dados secundários utilizados foram obtidos das publicações da ABDI.

Ademais, é preciso salientar que o tema inovação está associado a um dos mais importantes desafios para o desenvolvimento econômico e produtivo do país, uma vez que a geração de conhecimento e de tecnologia ajuda a elevar a produtividade e competitividade de das empresas de uma nação. No caso do Brasil, em especial, é um desafio a redução do atraso das estruturas produtivas em relação à fronteira tecnológica internacional.

Destaca-se, neste particular, que o conceito de inovação carrega, contemporaneamente, um sentido associado à criatividade, à evolução e ao bom desempenho de profissionais, de empresas e de nações. Contudo, historicamente, a inovação não era bem vista por conservadores, pois podia representar rupturas sociais e políticas. Na atualidade, o conceito de inovação está associado ao progresso técnico, econômico e social. Não raro a inovação é tratada como uma palavra mágica ou é empregada em vários sentidos diversos. Para os propósitos deste trabalho vale esclarecer que a inovação pode ser entendida como uma mudança no espaço econômico, ou mesmo o processo que transcorre entre a invenção técnica de um produto ou processo (produtivo ou organizacional) até a sua comercialização e difusão na sociedade (GODIN, 2017). Enfim, a inovação é um fenômeno social complexo.

Neste contexto, este trabalho irá analisar a inovação no Brasil, a qual é um dos fenômenos mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país. Para tanto, a estrutura do artigo é composta por quatro seções, tal como segue: i) Introdução; ii) Metodologia; iii) Resultados e Discussão e; iv) Considerações Finais.

**II. METODOLOGIA****2.1 – Estudo de Caso**

Este trabalho adota o método de estudo de caso da experiência brasileira da Sondagem de Inovação. O propósito é sintetizar o legado da pesquisa realizada pela ABDI, bem como analisar as evidências dela extraídas, à luz da discussão realizada na literatura especializada. O estudo de caso aqui empreendido é um método de natureza qualitativa, que busca compreender as características particulares do objeto de pesquisa e aquelas que podem ser generalizadas, em alguma medida. Busca-se compreender o

objeto investigado a partir da análise aprofundada e exaustiva de um fenômeno. Neste caso, o objeto é a inovação mensurada pela Sondagem de Inovação, a qual se constitui numa *survey* que coleta e publica os dados de inovação que serão apreciados nesta pesquisa.

A análise da experiência brasileira de Sondagem da Inovação se apoia em estatísticas descritivas, correlatas à performance inovadora das empresas do país. A conformação de *surveys* de inovação envolve desafios metodológicos relevantes. Neste contexto, devem ser feitas algumas ponderações sobre a qualidade dos dados coletados por estes instrumentos. Cabe salientar que as especificidades institucionais de um país afetam as atividades inovativas e os dados produzidos sobre esses fenômenos. Por essa razão, é esperado que a produção de conhecimento no interior de uma nação possa apresentar especificidades. No caso do Brasil, em particular, nota-se que um dos desafios é reduzir o atraso, em relação à fronteira tecnológica internacional, verificada em diversas áreas do conhecimento.

## 2.2 - Caracterização das “Innovation Surveys”

O principal objetivo das *innovation surveys* é monitorar o processo de inovação para permitir um melhor entendimento deste processo e os efeitos da inovação sobre a economia e, particularmente, para o desenvolvimento de políticas públicas. Cerca de duas décadas depois da difusão das pesquisas de inovação ao redor do mundo, cabe avaliar este processo e questionar se as metodologias de pesquisa baseadas no Manual de Oslo são capazes de fornecer informações úteis sobre inovação. Existem algumas dicotomias conceituais e metodológicas que devem ser observadas nos resultados das *surveys* de inovação, tais como, por exemplo: alta tecnologia *versus* baixa tecnologia; novo para a firma *versus* novo para o mercado e; empresas bem-sucedidas *versus* empresas malsucedidas.

Um dos desafios é a qualidade das informações obtidas por intermédio de *surveys* pode ser afetada pela ocorrência de viés de informação, que está associada à má compreensão sobre os conceitos de inovação por parte da pessoa que responde o questionário. Por essa razão, caso o profissional designado para responder a pesquisa se altere ao longo do tempo, é possível que haja algum efeito espúrio nas respostas apresentadas pela empresa. O nível de qualificação das pessoas envolvidas com a resposta dos questionários é um elemento importante, de modo que a qualidade dos resultados pode ser potencializada na medida em que os profissionais respondentes sejam qualificados para isso.

## 2.3 - Caracterização da Sondagem da Inovação

A Sondagem de Inovação é realizada trimestralmente, desde 2010, com organizações que possuem mais de 500 empregados, a qual é representativa do conjunto de firmas que compõem a indústria extrativa e de transformação do Brasil. A amostra (estratificada pela CNAE) é composta por 304 empresas, pertencentes a uma população de 1485 unidades empresariais. Para cada CNAE é preciso haver, ao menos, uma empresa com P&D e outra sem P&D. Para essa amostra, obtém-se um erro máximo de 5,014%, com nível de confiança de 95%. Diferentemente da PINTEC, a Sondagem de Inovação tem um escopo mais limitado, não é obrigatória, mas é realizada com maior periodicidade, bem como a sua divulgação é mais rápida. Tais características a

tornam um instrumento muito útil para a gestão da política industrial e de inovação do Brasil.

A Sondagem de Inovação, realizada sob a responsabilidade da ABDI, mantém a conformidade com os padrões internacionais de coleta e tratamento de dados sobre pesquisa e desenvolvimento (P&D), disponíveis no “Manual de Oslo”. Essa característica permite que os seus resultados sejam comparados com outras pesquisas dessa natureza.

O questionário possui 15 perguntas (que abordam as variáveis correlatas), segmentadas nos seguintes blocos: i) inovação em produto; ii) inovação em processo; iii) projetos iniciados ou abandonados; iv) investimentos e inovação; v) razões para investir em inovação; vi) tendência de variação futura nos dispêndios em P&D interno; vii) número de empregados graduados (ou pós-graduados) na área de P&D.

Ademais, o questionário é composto por 5 perguntas regulares, sendo quatro de natureza quantitativa (múltipla escolha) e uma de natureza qualitativa. A cada edição, a Sondagem inclui uma diferente seção que aborda temas relevantes da fronteira tecnológica que tenham impacto no progresso industrial brasileiro.

A cada trimestre, as organizações que fazem parte da amostra são contatadas por telefone e convidadas a responder o questionário, o qual é disponibilizado online em sítio administrado pelo IPEAD. Ele também pode ser acessado por meio de arquivo em editor de texto, enviado por e-mail. Qualquer problema que eventualmente ocorra é reportado às empresas por telefone, permitindo que sejam confirmados ou corrigidos os dados. Na sequência, estes são compilados e os são realizados os cálculos para se chegar aos resultados finais da Sondagem (LIBÂNIO *et al*, 2014).

Para assegurar o sigilo das informações prestadas durante a realização deste tipo de pesquisa, a instituição responsável por elaborar o questionário (FGV) adota na divulgação de resultados regras de não identificação de empresas, de modo a evitar a individualização do respondente. Desta forma, no nível de divulgação de quaisquer resultados, o critério adotado é que com menos de 20 respondentes, ou a fatia de mercado relativa a determinado respondente for considerada muito elevada, os indicadores nesse nível de detalhe não serão divulgados.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 – Evidências da Pesquisa da ABDI

Ao longo da maior parte da década de 2010 as expectativas de inovação e a inovação realizada caíram muito. Isso resulta de alguns fatos a serem apontados na sequência. O percentual de firmas sem produtos novos aumentou. O percentual de empresas com produtos novos para elas mesmas caiu muito, assim como o percentual de empresas com produtos novos para o mercado reduziu-se, consideravelmente, ampliando o percentual de firmas sem qualquer produto novo. Trajetória semelhante se verificou nos processos novos existentes no mercado. As empresas brasileiras tendem a preferir incorporar e adaptar inovações realizadas por outras empresas do mercado internacional. É possível constatar que as empresas brasileiras têm um comportamento mais próximo do seguidor do que aquele em que as empresas com inovações disruptivas, que se destacam no mercado internacional, mas que também assumem maiores riscos e custos no processo inovador.

Segundo o trabalho realizado por Libânio *et al* (2019) com base nos dados da Sondagem da Inovação, entre 2010 e

2015, verificou-se uma redução significativa da atividade de inovação das organizações industriais analisadas ao longo daquele período. A taxa de inovação sofreu uma queda acentuada entre o início de 2010 e o final de 2015, associada à desaceleração econômica observada ao final deste período. Os autores apontam que a predominância, no Brasil, de segmentos industriais com tecnologia madura também explica parte desse desempenho, na medida em que tais setores têm baixa margem para inovação em produto, o que a torna mais arriscada e onerosa.

O percentual de empresas industriais que inovaram (em processo ou produto) e possuem mais de 500 empregados variou entre 71,4%, na primeira edição da Sondagem (1º semestre de 2010), e 44,4%, em sua última edição (2º semestre de 2019), como se pode notar na tabela 1. Este patamar tem se mantido relativamente estável desde 2017 (ABDI, 2019b). Como a Sondagem pesquisa apenas grandes empresas, é esperado que neste conjunto de empresas ocorra o maior desempenho inovativo, tendo em vista que os esforços de inovação no país tendem a se concentrar entre empresas de maior porte.

Libânio *et al* (2014) comparam os dados da Sondagem de Inovação da indústria brasileira com a de Minas Gerais. Constatam que o desempenho deste estado é inferior ao do país, em decorrência das deficiências do Sistema de Inovação estadual e do grande peso dos setores maduros na economia mineira, de pouca densidade tecnológica, particularmente, os setores de mineração, siderurgia e indústria mecânica. Os autores ressaltam a importância do instrumento da Sondagem por produzir indicadores conjunturais que contribuem para o monitoramento dos esforços tecnológicos das empresas no Brasil. Ademais, contemplam como esforço tecnológico inovações incrementais associadas às iniciativas de imitação.

A análise em conjunto das bases de dados referentes à Sondagem de Inovação e DCP/CNPq também permitiram constatar que são as grandes empresas que realizam a maior parte das atividades inovativas. Além de realizarem os maiores dispêndios com inovação elas também são as que mais interagiram com universidades. Um dos motivos cruciais para que isso venha ocorrendo está associado à busca constante de conhecimento e aprendizado. Com base nestes, as empresas implementam as suas estratégias de inovação, por meio do aprimoramento de processos produtivos e do desenvolvimento de produtos. As empresas analisadas pelos autores pertencem a diversos setores industriais (RAPINI; CHIARINI; SANTOS; 2018).

A economia nacional enfrenta um grande desafio para promover um dinamismo tecnológico significativo em sua indústria. Neste contexto, a política industrial e de inovação, precisa considerar, pelos menos duas estratégias importantes. A primeira deve envolver o aprimoramento do Sistema Nacional de Inovação, de modo a intensificar a cooperação entre as instituições de pesquisa e o setor privado produtor. Este é um meio de potencializar as inovações de produtos e processos voltados à solução de problemas práticos da esfera produtiva e do consumidor final. A segunda estratégia envolve incentivos para ampliar a diversificação do tecido industrial nacional, tendo em vista que na indústria brasileira predominam setores maduros e de médio e baixo dinamismo tecnológico (LIBÂNIO *ET AL*, 2016).

É relevante lembrar que inovação tecnológica envolve não apenas ciência e pesquisa básica, mas também outras

atividades, como pesquisa aplicada. Inovação tecnológica não se refere apenas às novidades associadas a produtos, embora neles possa estar contido um significativo conjunto de conhecimentos e resultar de esforços de P&D. Tecnologia se manifesta num corpo de conhecimento aplicado, que pode mudar ao longo do tempo, e decorre de acúmulo de saberes e de invenção técnica (GODIN, 2016).

### 3.2 – Evolução dos Indicadores da Sondagem de Inovação

O número de organizações que inovaram em produto também apresentou uma trajetória declinante ao longo do período, na medida em que registrou 52,4% da amostra no 1º trim. de 2010 e caiu até se estabilizar em torno de 35% a partir do 2º trim. de 2014. Esse indicador variou em torno deste patamar ao longo dos anos até o 2º trim. de 2019. Algo semelhante ocorreu com o percentual das respondentes que introduziram um produto novo para a empresa, na medida em que a partir de 2014 ele variou entre 30% e 36%, o que significa um patamar bem abaixo do registrado no 1º trim. de 2010 (48,5%). Desde 2012, cerca de 13% das empresas apontam terem introduzido um produto novo para o mercado nacional.

Já a inovação de processo, que era de 55,2% da amostra no 1º trim. de 2010, caiu até 24% no 1º trim. de 2016, mas se recuperou um pouco na sequência e tem se mantido entre 25%-31%. No 2º trim. de 2019 registrou 25,8%. Cumpre mencionar que na região Sudeste e Sul concentra o melhor desempenho desse indicador. A inovação de processo para a empresa, que no início da série histórica estava no patamar dos 48,6% chegou ao 2º trim. de 2019 marcando 24,6%. Neste mesmo trimestre, 8,5% das empresas introduziu novo processo para o mercado nacional.

Quando se compara o quarto trimestre dos dez anos da pesquisa (adicionados das estatísticas do primeiro semestre publicado) verifica-se uma tendência de decréscimo significativa da taxa de inovação em todos os indicadores, como se pode notar na Tabela 1.

Tabela 1 - Percentual de empresas industriais com mais de 500 pessoas ocupadas que inovaram – 2010/2019

Percentual de Empresas (%)	1o Tri	4o Tri									
	2010	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2º tri
Inovadoras de Produto ou Processo	71,4	61,6	54,5	51,8	50,2	47,8	44,9	49,5	44,1	43,8	44,4
De produto	52,4	48,4	42,4	38,8	39,3	35	34,1	40,9	36,2	35,3	35,6
Produto novo para empresa	48,5	44,6	37,4	35,6	36	30,9	32,2	35,9	33,2	31,5	33,8
Produto novo para o mercado nacional	18,1	18,4	18,3	12,7	13,3	12,6	11,9	14,9	11,9	13,8	13,3
De processo	55,2	45,8	36,4	35	37,1	33,3	29	30,9	26,2	30,9	25,8
Processo novo para a empresa	48,6	41,5	32,1	31,5	33,3	28,6	25,7	28,5	23,3	28,6	24,6
Processo novo o mercado nacional	24,8	15,5	11,6	8,6	12,6	9,4	8,7	8,6	9,1	8,2	8,5

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

Por outro lado, na medida em que os referidos indicadores são analisados em toda a sua série histórica é possível constatar algumas oscilações que podem indicar a inexistência de uma trajetória consistente bem definida, uma vez que a queda não é progressiva e constante ao longo de todo o período, embora, a queda tenha sido mais regular entre o começo de 2014 e o ano de 2018.

Neste sentido, as evidências mostram que, no período mais recente, referente ao 2º semestre de 2019 comparativamente ao 1º semestre de 2019 os números

relacionados a atividade inovadora melhoraram. Isso se refletiu na ampliação de produtos novos para o mercado e para a empresa. Esse indicador cresceu do primeiro trimestre de 2019 (10,9%) para o 2º trimestre do mesmo ano (13,3%). Na análise agregada dos resultados não é possível notar uma melhoria consistente dos indicadores da inovação nos últimos trimestres.

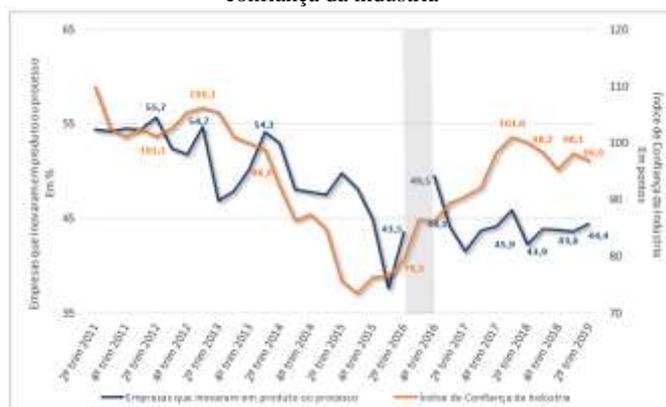
### 3.3 – A Inovação e as Condições Macroeconômicas e Institucionais

Em verdade, o cenário de recessão econômica, manifesto mais intensamente a partir do ano de 2014, promoveu o arrefecimento do ímpeto inovador das empresas industriais brasileiras. Essa circunstância reflete as incertezas do cenário internacional e doméstico que se ampliaram no passado recente.

A média das taxas de inovação caiu significativamente ao longo dos últimos anos, essencialmente, porque a adoção de novos processos e dispêndio no desenvolvimento de produtos inovadores requer um ambiente de negócios e macroeconômico mais favorável e menos incerto. A desaceleração da produção industrial e a queda da formação bruta de capital fixo apontam um cenário pouco favorável para a inovação.

Embora o índice de confiança da indústria tenha começado a crescer em 2016 (depois uma queda dramática) e atingido um pico em 2017, desde então as incertezas permanecem sobre a celeridade e a intensidade da recuperação econômica do país, em geral, e da indústria, em particular. As expectativas de inovação da indústria brasileira declinaram, embora a inovação também possa ser um mecanismo de incremento na produtividade e de redução de custos.

Figura 1 - Proporção de empresas que inovaram e índice de confiança da indústria



Fonte: ABDI (2019b).

Cabe destacar a influência dos elementos macroeconômicos no desempenho da inovação. Esses aspectos refletem as políticas implícitas, as quais remetem às condições estruturais e conjunturais das variáveis macroeconômicas e das políticas econômicas, em geral, bem como das ações direcionadas ao ambiente microeconômico. Nesta lógica, pode-se afirmar que, as políticas implícitas, através dos seus instrumentos (taxa de juros, câmbio, expectativa de inflação, dentre outros.) podem moldar as decisões microeconômicas (COUTINHO, 2005).

Neste sentido, vale destacar que os arcabouços regulatórios dos setores regulados podem atuar no sentido de potencializar ou de desincentivar a inovação. Por

exemplo, Ribeiro e Araújo (2018) analisam a indústria farmacêutica, que é uma atividade regulada, e identificam desafios à inovação neste setor, os quais estão associados à burocracia, complexidade dos processos de regulação e insuficiência de apoio financeiro público ao inovador. Ainda assim, os autores reconhecem, em alguma medida, o papel que o Estado desempenha na cooperação entre empresas e universidade, nas parcerias público privadas e em outras iniciativas voltadas ao desenvolvimento de projetos de P&D e inovação na área da Saúde.

Neste contexto, cabe salientar o “Novo Marco Legal da Inovação”, instituído pela Lei nº 13.243/2016, que inseriu novos conceitos relevantes, tais como polo tecnológico, bônus tecnológico e capital intelectual. Também alterou, significativamente, os Núcleos e Inovação Tecnológica (NIT), ao ampliar o seu conceito. Desta forma, parte das leis de inovação estaduais e municipais ficaram obsoletas e precisaram ser alteradas para melhorar a integração entre os membros da hélice tripla (empresa, universidade e governo), de modo a facilitar a cooperação entre entidades de diversas esferas. A nova lei ampara as políticas públicas voltadas para a inovação, a exemplo de incentivos, subvenções, isenções e participações do setor público na inovação (KOROCOSKI; CRISÓSTIMO; RODRIGUES, 2018).

Neste particular, com base nos dados da Sondagem de Inovação, Santos, Rapini e Mendes (2019) analisaram os efeitos dos incentivos fiscais sobre a inovação e constataram que eles variam de acordo com o segmento da atividade industrial. Os efeitos positivos dos incentivos fiscais sobre a inovação de produto foram encontrados nos setores de média-alta intensidade tecnológica. Também foi notada uma relação positiva daqueles com a inovação de processo nos setores de média-baixa intensidade tecnológica. No entanto, de forma contra intuitiva, os resultados do trabalho dos autores apontam que os incentivos fiscais reduzem a chance de inovação nos setores de alta intensidade tecnológica do Brasil.

Do ponto de vista conjuntural, os indicadores de atividade econômica ainda indicam baixo dinamismo, o que se refletiu no desempenho inovador do 2º trimestre de 2019. A taxa de crescimento do PIB ainda continua próximo à zero, apesar de uma alta de 0,4% em comparação ao período anterior (1º trimestre de 2019). Deve-se ressaltar a relevância da demanda doméstica que se encontra reduzida. Adiciona-se a esses fatores os problemas relacionados à economia argentina e à retração da produção extrativa. Este último fator apresenta-se como uma das consequências da tragédia de Brumadinho.

### 3.4 – Expectativas de Inovação

Ademais, a taxa de inovação esteve sempre abaixo da expectativa de inovação declarada pelas empresas no trimestre imediatamente anterior, conforme fica claro na Figura 2.

Figura 2 - Expectativas de inovação e inovação efetivamente realizada nas empresas industriais com mais de 500 pessoas ocupadas (em %) – 2010/2016



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

Em outros termos significa dizer que as expectativas de inovação não se confirmaram em sua totalidade. Essa diferença entre a intenção de inovar e a taxa de inovação se manteve pelo menos até 2º trim. de 2016. Contudo, apesar da trajetória descendente da taxa de inovação, a partir de 2011, as expectativas de inovação ameaçaram uma recuperação em todas as categorias de indicadores (seja para produto, processo, para a empresa e para o mercado). Contudo, essa situação recuperação não foi consistente e as expectativas caíram acentuadamente entre 2015 e 2016. A diferença entre as inovações realizadas e esperadas é uma manifestação do fato de que parte dos projetos de inovação desenvolvidos pelas firmas pode não dar os resultados planejados nos prazos estabelecidos. Quando considerados os números desde 2011 verifica-se uma estabilidade nos patamares verificados até o final de 2014. Na prática, os indicadores de expectativa de inovação registraram em 2016 os níveis mais baixos (cerca de 50%) da série histórica, após uma queda sistemática ao longo dos anos anteriores, como se pode notar na tabela 2.

Vale salientar que as empresas pesquisadas pela Sondagem fazem parte de setores que já adotam tecnologias avançadas e que possuem pouco espaço para incrementos inovativos. Ademais, os custos e riscos associados à busca por novas tecnologias desestimulam os esforços de inovação. Na prática, a expansão dos dispêndios em máquinas e equipamentos representa o principal fator de geração de inovações de processo. Num contexto em que o cenário econômico é desfavorável, o horizonte de cálculo do empresário o desestimula a correr riscos investindo em bens de capital, o que constitui uma parte importante dos esforços de inovação dessas organizações.

Conforme fato estilizado, o percentual de firmas que lançaram produtos e processos novos para o mercado nacional é menor do que o percentual de empresas que introduziram produtos e processos novos para a empresa, mas já existentes para o mercado. Isso demonstra que lançar produtos inovadores para o mercado nacional é mais desafiador, razão pela qual este resultado se concentra em poucas empresas e o percentual de empresas que o realiza se altera significativamente ao longo do tempo.

Parte importante das inovações em processo realizada nos anos que se seguiram ao estopim da crise estiveram associados à incorporação de novas máquinas e equipamentos, ou seja, trata-se de tecnologia incorporada a bens de capital. Vale lembrar que predomina no Brasil setores de tecnologia madura (ABDI, 2017).

Tabela 2 - Expectativas de inovação das empresas industriais com mais de 500 pessoas ocupadas que inovaram – 2010/2016

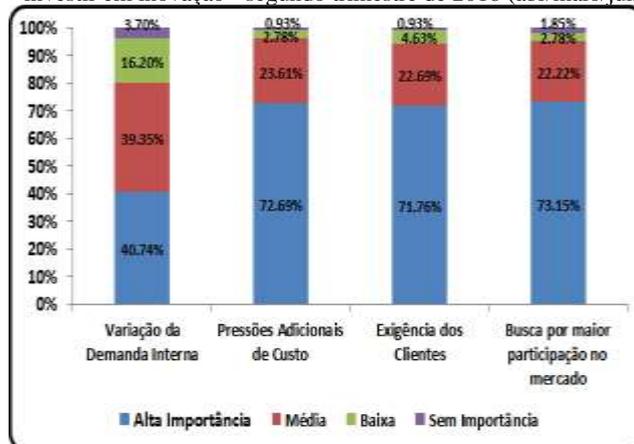
Percentual de Empresas	1o Tri 2010	4o Tri 2010	4o Tri 2011	4o Tri 2012	4o Tri 2013	4o Tri 2014	4o Tri 2015	2o Tri 2016
Inovadoras de Produto ou Processo	74,3%	72,3%	54,4%	61,2%	59,3%	57,4%	51,5%	48,4%
De produto	61,0%	61,6%	43,1%	52,6%	50,2%	48,4%	41,6%	40,2%
Produto novo para empresa	57,1%	54,4%	39,4%	48,3%	45,9%	44,1%	37,8%	36,3%
Produto novo para o mercado nacional	29,5%	29,8%	15,5%	20,2%	20,5%	21,1%	15,5%	14,6%
De processo	62,9%	55,6%	37,2%	43,9%	41,4%	39,9%	30,1%	33,0%
Processo novo para a empresa	55,2%	49,6%	33,7%	38,8%	36,7%	34,8%	24,5%	28,7%
Processo novo o mercado nacional	24,8%	18,5%	9,4%	12,9%	13,7%	13,7%	12,0%	10,6%

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

### 3.5 – Fatores que Afetam os Gastos em Inovação

Os fatores que influenciaram a decisão de inovar no segundo trimestre de 2016 foram: i) pressões adicionais de custo, ii) busca por maior participação no mercado e, iii) exigência de clientes. Ao longo dos cinco anos de pesquisa estes indicadores foram considerados de alta relevância para a decisão de investimento em inovação de, aproximadamente, dois terços das empresas entrevistadas. A evolução do mercado interno foi indicada, sistematicamente, por cerca de 40,7% das firmas pesquisadas como se pode notar na Figura 3. Somente 3,7% apontou que esse item não tem importância para a inovação.

Figura 3 – Importância dos principais fatores para a decisão de investir em inovação - segundo trimestre de 2016 (abr/maio/jun)



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

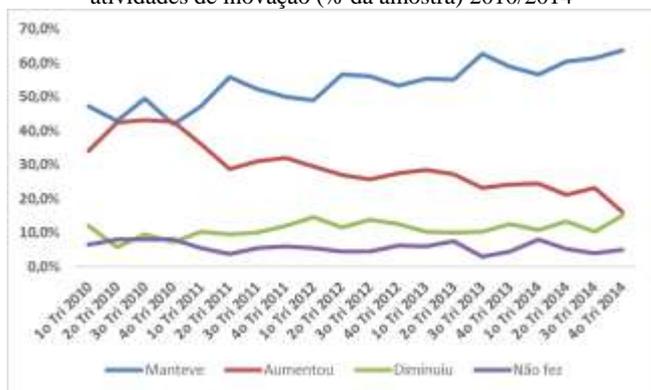
A partir do início de 2015, houve uma tendência de elevação dos gastos em P&D mesmo frente a um cenário de desaceleração da economia e menores receitas para as firmas, de modo que o indicador de gasto em P&D em relação ao faturamento bruto chegou ao seu maior nível da série histórica desde 2010, qual seja: 3,8%. No entanto, no em 2016 esta variável caiu para 2%, abaixo da média histórica. Naquele período teria ocorrido uma ampliação dos dispêndios em P&D e nos projetos em andamento, concomitantemente, à queda nos investimentos em capital fixo e na taxa de inovação corrente.

De acordo com Libânio *et al* (2019), com base nos dados da Sondagem da Inovação, entre 2010 e 2015, nota-se uma estabilidade relativa do número de doutores e mestres ocupados exclusivamente em P&D. Estabilidade semelhante pôde ser constatada nos gastos em P&D interno e externo como percentual do faturamento das empresas. Dados da ABDI (2017) mostram que, de fato, não houve mudança

considerável no pessoal ocupado em P&D, ainda que os esforços de inovação tenham se reduzido. Verificou-se, em verdade, uma pequena variabilidade desde 2010 até 2016. Cerca de 23% das empresas da amostra mantinham doutores envolvidos com P&D. Por volta de 46% das firmas possuíam mestres dedicados integralmente em P&D. Aproximadamente 73% tinha pós-graduados, mas a grande maioria, 87% possuía apenas graduação.

Os gastos em P&D interno ficaram estáveis ao longo dos anos. Já o P&D externo se reduziu muito com a crise econômica recente. É provável que as empresas tenham buscado manter os seus profissionais e as competências acumuladas internamente, tanto a espera de eventual reversão do ciclo econômico, quanto para capacitá-las na absorção de conhecimento e tecnologias geradas externamente. O dispêndio de P&D externo, por seu turno, pode ser reduzido na crise sem impactar o acúmulo de capacitações dinâmicas das empresas. Em linha com essa percepção verifica-se relativa estabilidade no número de doutores e mestres ocupados exclusivamente em P&D, bem como nos gastos em P&D interno e externo como percentual do faturamento. Ademais, o indicador de empregados por nível de qualificação não avançou muito no período pesquisado pela Sondagem, a despeito da difusão do ensino superior e da ampliação dos egressos de cursos de pós-graduação, nos últimos anos, no Brasil.

Figura 4 - Situação da empresa em relação aos gastos totais em atividades de inovação (% da amostra) 2010/2014



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

Outro aspecto relevante é a redução do conjunto de firmas que apontou ter investido mais em capacidade produtiva. Este indicador caiu, progressivamente, desde 2010, com raras exceções. Essa trajetória é condizente com o desempenho da atividade econômica doméstica, a qual vinha se desacelerando progressivamente.

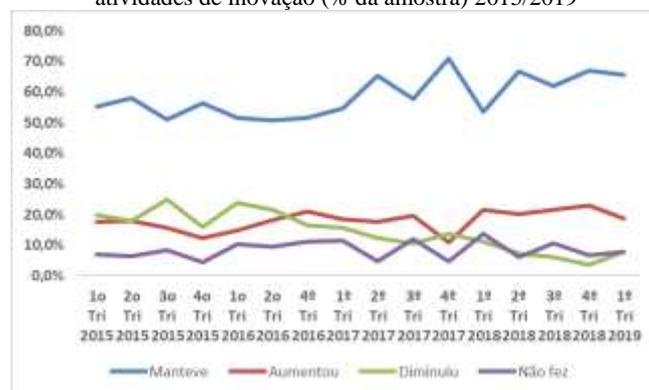
Ademais, no período recente visualiza-se (na Figura 5) que, apesar da alta referente ao 4º trimestre de 2018, houve uma inversão dos gastos com P&D pelas empresas no 1º trimestre de 2019. Verifica-se uma redução de gastos com a inovação entre o período relativo ao 4º trimestre de 2018 e o 1º trimestre de 2019. Essa redução pode ser expressa em termos percentuais que passou de 22,8% para 18,7%. Esse percentual é próximo do que foi apurado no 2º trimestre de 2017 (17,6%).

Além disso, dois movimentos expressivos podem ser destacados. O primeiro é que o percentual de empresas que gastaram menos com inovação subiu de 3,7% para 7,9% e o percentual de empresas que não fizeram gastos subiu de 6,6% no 4º semestre de 2018 para 7,9 no 1º trimestre de 2019. Entre o 1º e o 2º trimestre de 2019, a parcela das

empresas que gastaram mais com inovação passou de 18,7% para 21,9%. As que gastaram menos com inovação caiu de 7,9% para 4,8%. O percentual de empresas que disseram que não fizeram gastos caiu de 7,9% no 1º trimestre de 2019 para 4,1% no 2º trimestre de 2019.

Ao longo da maior parte desta década (entre 2010 e 2019) nota-se uma tendência de longo prazo no sentido da ampliação do percentual de empresas que mantiveram estáveis os seus gastos totais de inovação. Este indicador em 2010 estava abaixo de 50% e atingiu o patamar de 70% dos respondentes em 2019. Em contrapartida, o percentual de empresas que aumentaram os seus gastos com inovação variava em torno de 40% em 2010 e atingiu níveis próximos a 20% em 2014 e, deste então, oscila em torno deste patamar. Em 2010 cerca de 10% das empresas apontavam uma redução desse tipo de gasto e, em 2015, 20% das firmas apontaram essa mesma situação. Já as empresas que não realizaram dispêndios dessa natureza variaram em torno de 5% e 10% da amostra pesquisada. Esses movimentos de longo prazo podem ser notados nas figuras 4 e 5.

Figura 5 - Situação da empresa em relação aos gastos totais em atividades de inovação (% da amostra) 2015/2019



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (vários números)

Além dos gastos, é necessário citar os fatores que influenciam as decisões das empresas de investir em inovações tecnológicas, com vistas a realizar um planejamento futuro nessa atividade. Oito fatores merecem ser mencionados: i) a demanda interna; ii) a demanda externa; iii) entrada de novos concorrentes; iv) pressões adicionais de custos; v) inovação por parte dos concorrentes; vi) exigência dos fornecedores; vii) exigência dos clientes e viii) atendimento a nova regulamentação (ANDRADE *et al.* 2019).

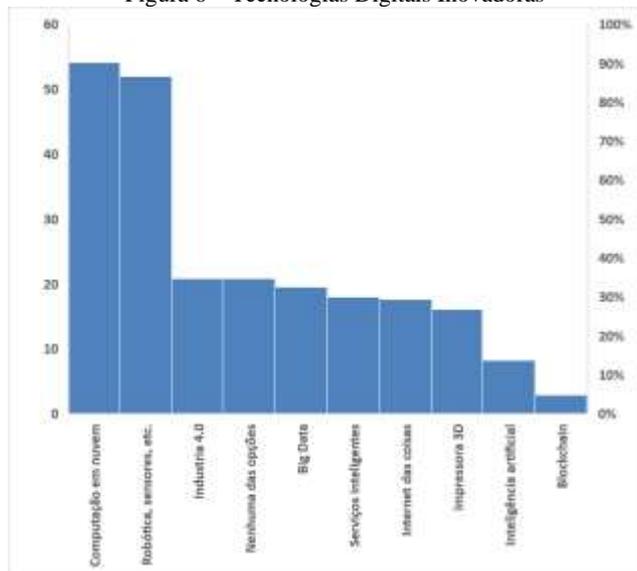
Segundo Andrade *et al.* (2019), o fator mais relevante para as empresas foram as pressões adicionais de custo. Na sequência, figurou a exigência dos clientes e a demanda interna, respectivamente. Em contraponto, as empresas explicitaram ser de baixa relevância a exigência dos fornecedores e a entrada de novos concorrentes. Constata-se que o percentual das empresas que avaliaram os oito fatores com média ou alta importância aumentou entre 2015 e 2016 em comparação com os períodos anteriores (2010 a 2014). Atribui-se esse indicador à crise de 2014 que apresentou cenários economicamente desfavoráveis.

### 3.6 – A Inserção da Tecnologia Digital nas Empresas

A pesquisa da Sondagem de Inovação analisou no 1º trimestre de 2019 o quesito especial “transformação digital”. Dentre os aspectos analisados, confere-se destaque para as

tecnologias digitais inovadoras utilizadas pelas empresas. Os indicadores relativos a essas tecnologias digitais são apresentados na figura 6, em termos percentuais, por ordem de preferência em utilização das empresas (ABDI, 2019a).

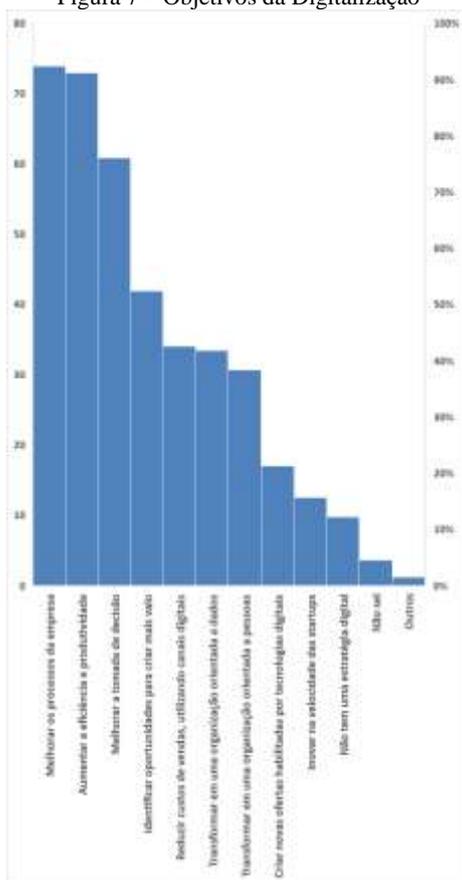
Figura 6 – Tecnologias Digitais Inovadoras



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (2019).

Em consonância com essa análise, no 2º trimestre de 2019 a investigação sobre os aspectos da transformação digital enfatizou a digitalização. Nesse contexto, foram avaliados quais os principais objetivos em relação a digitalização da empresa, os quais foram expressos em termos percentuais na figura 7 (ABDI, 2019b).

Figura 7 – Objetivos da Digitalização



Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da ABDI (2019).

De forma geral, buscou-se traçar um perfil das empresas em termos do seu planejamento em relação à tecnologia. No 2º trimestre de 2019, 80% de todas as empresas pesquisadas (325) consideraram a tecnologia como uma variável importante no planejamento da empresa. Ademais (48,3%) a descreveram como sendo o aspecto que possui a máxima prioridade no planejamento. Em contrapartida 20,0% das empresas indicaram que a tecnologia não se apresenta como uma prioridade no seu planejamento, apesar de (16,9%) dessas já a considerarem relevante.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se a partir deste estudo de caso da Sondagem da Inovação que os indicadores de inovação caíram recorrentemente a partir de 2014. Por um lado, isso se deve em grande medida, pela recessão econômica do país e em decorrência das incertezas que permeiam a economia mundial. Por um lado, a própria performance inovadora de uma nação influencia a competitividade internacional e a capacidade de crescimento de sua economia. Há, portanto, um processo de retroalimentação positiva ou negativa entre inovação e crescimento econômico. Neste contexto, o escopo e a frequência trimestral da Sondagem de Inovação permitem que sejam fornecidos subsídios úteis para os formuladores de política pública de inovação. Esse instrumento permite a realização de uma análise do impacto da conjuntura econômica nos gastos e esforços de inovação das empresas. Cumpre notar que o Brasil precisa avançar muito nas políticas de inovação e na disposição das empresas para inovar, para que se consiga dinamizar o parque produtivo do país e sejam alcançados níveis mais elevados de produtividade e competitividade internacional das empresas. Isso ajudaria o país a atingir patamares mais altos de bem-estar social para a população brasileira.

Quanto à relação entre a macroeconomia e o desempenho inovador, os dados analisados neste trabalho apontam uma sensível redução dos esforços de inovação entre as organizações inquiridas ao longo da década de 2010. Em alguma medida, esse comportamento da taxa de inovação reflete o desempenho da economia. As atividades de inovação brasileiras apresentaram uma redução significativa, juntamente com a queda no crescimento econômico do país, particularmente, a partir de 2014.

A redução da demanda agregada diminuiu os incentivos para as empresas lançarem novos produtos. Tal fenômeno se justifica, em alguma medida, pelo fato de o principal esforço de inovação das empresas brasileiras estar associado à aquisição de máquinas e equipamentos novos. Grande parte do aumento das inovações de processo tende a se manifestar, no Brasil, a partir do crescimento na aquisição de máquinas e equipamentos. Adicionalmente, boa parte das empresas brasileiras de maior pode atuar em setores com intensidade tecnológica mais baixa, consequentemente, com menores oportunidades e incentivos para inovar, o que reflete, em alguma medida, no baixo dinamismo tecnológico da indústria nacional.

No que se refere às potencialidades da inovação e da Sondagem de Inovação, as surveys de inovação produzem informações sobre os esforços e resultados de inovação, em particular nos setores industriais e de serviços. Importa salientar que a inovação é uma força motora do crescimento das empresas, posto que pode impactar, significativamente, a rentabilidade, a produtividade e a performance de uma organização. Por conseguinte, a inovação também pode

promover o desenvolvimento do conjunto das atividades produtivas de um país. Contudo, as condições institucionais de um país e as suas políticas públicas podem atuar no sentido de potencializar ou de desincentivar as atividades de inovação. Por essa razão, a atuação do Estado nesta seara deve ser embasada em dados consolidados, tais como os produzidos pela Sondagem da Inovação.

A despeito dos desafios associados à realização de *surveys* de inovação, a Sondagem tem cumprido bem o seu papel. É preciso destacar que a periodicidade trimestral da Sondagem de Inovação (ABDI) possibilita o monitoramento frequente do comportamento inovador das empresas, bem como ajuda a traçar tendências a respeito da propensão a inovar das empresas brasileiras. Neste contexto, é possível cotejar os dados da conjuntura econômica com os resultados conjunturais da inovação empresarial. Isso permite que a Sondagem possa ser útil na formulação e na avaliação de políticas públicas de estímulo à inovação.

A inovação tecnológica é cada vez mais percebida como um motor do crescimento econômico. Por um lado, é uma necessária para sustentar a liderança industrial de alguns países avançados. Por outro lado, é ferramenta fundamental para reduzir defasagens na produtividade entre países que estão em diferentes níveis de desenvolvimento.

Por fim, no que se refere às limitações das *surveys* de inovação, é possível encontrar diferenças entre as pesquisas em que as empresas não são obrigadas a respondê-las. Nessas circunstâncias, a organização que não realizou inovação tem menos incentivos a responder do que aquela que tem algum resultado a apresentar nesta seara. A Sondagem da Inovação é uma pesquisa não compulsória, que pode estar sujeita a esse tipo de situação. Outro aspecto que deve ser salientado é empresas de maior porte (caso da amostra da Sondagem da Inovação) tendem a inovar mais do que empresas de menor porte. Essa é uma constatação que considera a média do comportamento inovador das empresas, embora a propensão a inovar possa variar muito em decorrência do setor que as empresas estão inseridas, independente do seu porte, propriamente dito.

Outro desafio enfrentado pelas *surveys* de inovação, está associado ao fato de que a empresa é a unidade básica de análise, pois, cada vez mais as empresas tendem a inovar em cooperação com outras firmas e não apenas inovar sozinhas.

Em suma, as empresas com capacidade de assumir ou se manter na vanguarda da tecnologia, da produtividade e da competitividade internacional tendem, em alguma medida, a estar entre as organizações mais inovadoras e que acumulam capacitações dinâmicas. Neste contexto, a capacidade de inovar tende a se ampliar com a cooperação tecnológica entre diferentes organizações, bem como com a inserção em cadeias globais de valor, as quais, em regra, requerem tecnologia de ponta das empresas.

## V. REFERÊNCIAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Sondagem de Inovação da ABDI**. Brasília: ABDI, vários números (disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/sondagem.aspx>).

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Sondagem de inovação da ABDI**: 4º trimestre de 2016. 2017. (disponível em: <http://www.abdi.com.br/Paginas/sondagem.aspx>).

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Sondagem de inovação da ABDI**: 1º trimestre de 2019. 2019a (disponível em: [https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/SONDAGEM\\_INOVACAO\\_1T\\_2019.pdf](https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/SONDAGEM_INOVACAO_1T_2019.pdf)).

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Sondagem de inovação da ABDI**: 2º trimestre de 2019. 2019b. (disponível em: [https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Sondagem\\_Inovacao\\_2\\_Trim\\_2019.pdf](https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Sondagem_Inovacao_2_Trim_2019.pdf)).

ANDRADE, Mônica Viegas *et al.* **Inovação em saúde**: um estudo a partir da Pesquisa Sondagem de Inovação. Textos para Discussão Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

COUTINHO, Luciano G. *et al.* Regimes macroeconômicos e estratégias de negócios: uma política industrial alternativa para o Brasil no século XXI. Lastres HMM, Cassiolato JE, Arroio A, organizadores. Conhecimento, sistemas de inovação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: **Contraponto**, p. 429-48, 2005.

GODIN, Benoît. A conceptual history of innovation. In: **The Elgar Companion to Innovation and Knowledge Creation**. Cheltenham, Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, p. 25-32, 2017.

GODIN, Benoît. Technological innovation: on the origins and development of an inclusive concept. **Technology and Culture**, v. 57, n. 3, p. 527-556, 2016.

KOROCOSKI, Luana Esteche Nunes; CRISÓSTIMO, Cláudia; RODRIGUES, Paulo Rogério Pinto. Análise Comparativa da Lei de Incentivo à Inovação do Município de Guarapuava/PR com a Lei Federal nº 13.243/2016. **XXXVIII International Sodebras Congress**, v. 13, n. 147, p. 19-22, mar./2018.

LIBÂNIO, Gilberto *et al.* Inovação na indústria brasileira: uma análise a partir dos dados de um painel de empresas da Sondagem de Inovação. **Gestão e Sociedade**, v. 13, n. 35, p. 3011-3037, 2019.

LIBÂNIO, Gilberto; FERREIRA, Cândido; DIAS, Ana; SANTOS, Ulisses; ALENCAR, Douglas; LONDE, Anna. **Inovação na indústria de Minas Gerais e do Brasil**: uma análise comparativa a partir dos dados da Sondagem de Inovação (2010-2013). Seminário de Economia Mineira – Repensando o Brasil. Diamantina, 2014.

LIBÂNIO, Gilberto; FERREIRA, Cândido; DIAS, Ana; SANTOS, Ulisses; ALENCAR, Douglas; LONDE, Anna. **Inovação na indústria brasileira**: uma análise a partir dos dados de um painel de empresas da Sondagem de Inovação. Seminário de Economia Mineira, Diamantina, 2016.

RAPINI, M.S., CHIARINI, T. and SANTOS, U.P. “Interação das grandes empresas com universidades no Brasil: evidências a partir da pesquisa “sondagem da inovação”, in Garcia, R., Rapini, M. and Cário, S. (Eds) **Experiências de Interação Universidade-Empresa no Brasil, Cedeplar**, Belo Horizonte, BH, pp. 326-353, 2018.

RIBEIRO, Patrícia Gomes; ARAÚJO, Fernando Oliveira. Inovação na Indústria Farmacêutica Brasileira: Confrontação Percentual entre Regulados e Agentes Reguladores. **Revista Sodebras [on line]**, v. 13, n. 150, Jun./2018, p. 83-89, ISSN 1809-3957. Disponível em:

<<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N150.pdf>>. Acesso em 05 nov.2019.

SANTOS, Ulisses Pereira, RAPINI, Marcia, MENDES, Philipe Scherrer. **Impactos dos incentivos fiscais na inovação de grandes empresas:** uma avaliação das empresas da pesquisa da sondagem de inovação da ABDI. Texto para Discussão nº 597. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

#### VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 12 /11/2019*

*Aprovado em: 09/12/2019*

## INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA DE DEFENSA

### INNOVATION IN THE DEFENSE INDUSTRY

LEANDRO GABRIEL FLAMINO<sup>1</sup>; THALES DE OLIVEIRA COSTA VIEGAS<sup>2</sup>

1; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

*flamino.leo@gmail.com; thales.viegas@ufsm.br*

**Resumen** – *El objetivo de ese trabajo es presentar un estudio, basado en la metodología de revisión bibliográfica, sobre innovación en sector de defensa. En la industria de defensa, la incertidumbre de la innovación es más grande debido a la demanda de los productos ya que el mercado, en general, es monopsonio. Resulta que cuando se decide desarrollar una política industrial de la defensa nacional, deciden también, políticamente, asumir los costos más altos antes de mirar los precios de las opciones más competitivas en el mercado internacional. La conclusión señala que, para desarrollar una política industrial de la defensa nacional hay que se buscar desarrollar la industria nacional para reducir la dependencia estratégica y económica de productos de defensa importados. Es a través de las universidades y centros de investigación civiles y militares, que las innovaciones son impulsadas.*

**Palabras-clave:** *Política Industrial. Defensa Nacional. Tecnología e Innovación.*

**Abstract** - *The aim of this work is to present study, based on review method, about innovation in defense industry. In the defense industry, the uncertainty in innovation efforts is greater due to the nature of the demand for products, because the market, in general, is monopsonic. When it is decided to develop an industrial policy to the national defense, there is a politically decision about the expenses, related to this policy, before search more competitive prices in the international market. It is necessary to ensure the participation of the national industry in the government demand. The conclusion shows that developing an industrial policy of national defense aims to develop the national industry to reduce the strategic and economic dependence of defense products from foreign countries. It is through civil and military universities and research centers that innovations are driven.*

**Keywords:** *Industrial Policy. National Defense. Technology and Innovation.*

#### I. INTRODUCCIÓN

El tema de la innovación es muy amplio. Los investigadores que trabajan con este tema emplean sus esfuerzos en la dirección de mejorar las teorías que tratan de innovación, pues ella afecta el desarrollo económico y social. El conocimiento y la innovación son esenciales en la promoción del crecimiento, del desarrollo tecnológico y de la competitividad. La innovación puede ser comprendida como nuevas combinaciones de productos y procesos ya disponibles que cuando estén juntos resulten en un producto, servicio o proceso distinto de lo que se conocía antes.

La innovación es un tema de investigación que estudia las fronteras del conocimiento, que reflejen el "estado del

arte" en la producción científica y tecnológica. En este contexto, la investigación de este trabajo tiene como objetivo una revisión bibliográfica acerca del tema de la industria de la defensa nacional o industria militar.

Los incentivos a las innovaciones son importantes para el desarrollo industrial del sector de la defensa en cualquier región. Además, la Investigación y Desarrollo (I+D), son componentes elementales en el mecanismo de la industria militar, que en sus centros de investigaciones son tratados de excelencia por naturaleza.

#### II. MARCO TEÓRICO

Según Amarante (2012) hay que tener un especial cuidado con la definición de innovación aplicada a la literatura de defensa. En este estudio, los términos Innovación Militar e Innovación en Defensa son comprendidos como intercambiables.

Los términos considerados "palabra de moda", tal cual innovación, se han desgastado por el uso demasiado extendido del término. Por lo tanto, en el área de la defensa, no es diferente y la innovación tiene que ser entendida como un medio para lograr el éxito deseado (QUENCEZ, 2018).

El Manual de Oslo de 2005, en su tercera edición, emplea esfuerzos en un intento de estandarización mundial del concepto de innovación (OSLO, 2005). Ya los esfuerzos para definir la innovación militar son de la Rand Corporation en 1999 (ISAACSON; LAYNE; ARQUILLA, 1999). La innovación militar es sustancialmente diferente de otras innovaciones (AMARANTE, 2012).

Según Amarante (2012), en la década de 1970 la preocupación con las innovaciones (introducción de nuevas tecnologías), de hecho, se hizo popular, una que, a su vez, también el (área de defensa) sector militar tiene que lidiar tanto con la definición de la innovación (tecnológica) en un sentido amplio, así como la preocupación de la innovación militar (innovación en defensa) en sí.

Fue con el "renacimiento schumpeteriano", al final del siglo XX, que impulsó intensamente la discusión acerca de la innovación. Los trabajos seminales de Joseph Schumpeter mostraron que el progreso tecnológico es el resultado de la competencia a través de la innovación entre las empresas y el origen de los cambios económicos industriales, sectoriales y sistémicos de la economía capitalista. Para Santos (2017), la teoría de Schumpeter señala que el cambio tecnológico es el elemento central de la dinámica capitalista y el nivel micro (la empresa) estaría en el centro del proceso de innovación.

Es necesario aclarar que la innovación militar y la innovación tecnológica no son sinónimos. Lo cierto es que la innovación militar puede incluir el uso de alta tecnología (innovación tecnológica), pero hay que requerir el uso de alta tecnología (ISAACSON; LAYNE, ARQUILLA, 1999).

Los autores mencionados anteriormente definen la innovación militar de la siguiente manera: Para un militar, en particular, la innovación se manifiesta por el desarrollo de nuevos conceptos de lucha de guerra y / o nuevos medios de integración de la tecnología. Nuevas formas de integrar la tecnología pueden incluir la revisión de doctrina, la táctica, la formación y la logística.

En este sentido, por ejemplo, Dombrowski y Gholz (2006) señalan que, incluso en los casos en que las tecnologías disponibles en diferentes países eran similares, la diferencia de las tecnologías estaba relacionada a las prácticas y doctrinas. Esto enseña la importancia de mantener la interacción eficiente entre la doctrina y la innovación tecnológica (LESKE, 2018). Oliveira Filho (2015) señala el rol de la evolución y del nivel tecnológico de los equipos militares en la potencia de una nación, como dice:

En términos de relaciones de poder en el sistema internacional, la tecnología y el uso de la fuerza están estrechamente relacionados. En el pensamiento realista, cuanto mayor sea el desarrollo científico y tecnológico en sí, y el más pequeño de los posibles rivales, mejor. Desde la antigüedad de lanzas y espadas a la última generación de sistemas de armas, la conducta de combate, reales o virtuales, y el resultado puede estar relacionado, en cierta medida, la tecnología disponible (OLIVEIRA FILHO, 2015).

La innovación no es sólo un progreso tecnológico, puede que esté relacionada a desarrollos institucionales (MOREIRA, MEDEIROS, 2016). Actualmente, el sector de la defensa está cada vez más vinculada a los cambios tecnológicos. Los procesos de innovación están presentes en la organización de la malla industrial (industria de defensa) que deben cumplir los nuevos desafíos del cambiante mundo de hoy (OLIVEIRA FILHO, 2015).

### III. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolla a través de un método de revisión bibliográfica para discutir y reflexionar sobre Investigación, Desarrollo e Innovación como vectores de crecimiento y desarrollo tecnológico nacional. La investigación se caracteriza como una revisión de la literatura, ya que se basa en la encuesta de materiales como artículos publicados y revistas nacionales e internacionales, consultas en capítulos de libros y publicaciones de corporaciones y gobiernos nacionales e internacionales. Prodanov y Freitas (2013) definen la revisión de la literatura como una puñalada de ideas sobre la investigación principal relacionada con el tema propuesto.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 - Industria de la defensa: la innovación por la demanda

El proceso innovador tiene un grado elevado de incertidumbre. En la industria de defensa, esta incertidumbre es más grande debido a los problemas de la demanda del producto. Esto tiene que ver con el formato, en general, monopsonio de los mercados (SILVA *et al.*, 2016).

Según, de las características actuales del sector industrial de defensa, se destaca la fuerte dependencia de los presupuestos estatales, pues el Estado - en casi todos los casos - es su principal comprador. En general es el único cliente - excepto en la exportación - estableciendo, de esta manera, una estructura de mercado de monopsonio u oligopsonio. Los Ministerios de Defensa son prácticamente los únicos compradores del sector de la industria de defensa. Este monopsonio les da un gran poder en las negociaciones con la industria de la defensa (PILA 2018).

Conforme lo mismo autor, también existe, en general, un gran poder de los ofertantes en la industria de defensa. La industria se compone, generalmente, de un pequeño número de grandes empresas. Son definidas como contratistas principales, pues suelen obtener los contratos más importantes, de los cuales un conjunto de subcontratos es hecho con las empresas más pequeñas - pequeñas o medianas empresas. Tal poder de mercado tiene que ver con el elevado conocimiento, por parte de las grandes empresas, a cerca de los aspectos técnicos de las demandas de los Ministerios de Defensa.

Según Ravara (2001, citado en SILVA *et al.*, 2016) es esencial el apoyo del gobierno en el desarrollo de las industrias. Las empresas brasileñas de la industria de defensa suelen tener dos dificultades principales: (a) la incertidumbre acerca de la demanda por productos y; (b) la dificultad en la obtención de financiación.

El escenario para la industria esta indefinido a cerca de la demanda de productos como consecuencia de los recortes en el presupuesto de las Fuerzas Armadas. Eso es el más grande obstáculo para las empresas del sector de defensa ya que impide un planeamiento de más largo plazo. En consecuencia, las empresas enfrentan desequilibrios entre ingresos y gastos, así como dificultades financieras relacionadas con el capital de trabajo y el flujo de caja insuficiente (SILVA *et al.*, 2016).

La incertidumbre de la demanda por parte del Ministerio de Defensa y las Fuerzas Armadas inhiben mucho los esfuerzos de la producción y de la innovación de este sector industrial. El empresario debe entender las demandas de las fuerzas armadas para que pueda planificar y alcanzar la madurez en términos de tecnología, de capacidad industrial, de recursos humanos y financieros. Así se puede cumplir con las exigencias técnicas, operativas y logísticas de su cliente y del usuario final (SILVA *et al.*, 2016).

En la Tabla 1 abajo, si puede entender como los ministerios invierten en la defensa nacional. Resulta que Estados Unidos tiene el más grande presupuesto de defensa y también una de las más importantes e innovadoras industrias de defensa del mundo. Luego si confirma la teoría de que las políticas de compras gubernamentales son muy importantes para el desarrollo de este sector.

Tabla 1 - Presupuesto e inversión en defensa en el mundo, 2014

País	Presupuesto en la Defensa 2014 (US\$ billones)	PIB invertido en la Defensa (%)	Gasto Mundial (%)
EUA	610.0	3,8 %	34 %
China	216.0	2,1 %	12 %
Rusia	84.5	4,5 %	4,8 %
Arabia Saudita	80.8	10,4 %	4,5 %
Reino Unido	60.5	2,2 %	3,4 %
Francia	59.3	2,2 %	3,3 %
India	50.0	2,4 %	2,8 %
Alemana	46.5	1,2 %	2,6 %
Japón	45.8	1,0 %	2,6 %
Corea del Sul	36.7	2,6 %	2,1 %
Brasil	31.7	1,4 %	1,8 %
Italia	31	1,5 %	1,7 %
Australia	25.4	1,8 %	1,4 %
Emiratos Árabes	22.8	5 %	1,3 %
Turquía	22.6	2,2 %	1,3 %
África del Sul	3.9	1,2 %	0,2 %

Fuente: Dill, 2017

Por lo tanto, la contratación pública, tanto en lo que respecta al volumen y la regularidad, son componentes clave de este mercado. La garantía de las órdenes del gobierno permitiría a la reducción de la incertidumbre económica relacionada con la planificación y desarrollo de nuevos productos, en particular de los equipos que implican una sofisticación tecnológica más grande (BRASIL, 2011).

Según Hall, Markowski y Wylie (2010, p. 176-180, citado en AMBROS, 2018, p. 298-299), cuando se decide desarrollar una política industrial de la defensa nacional, deciden también, políticamente, asumir los costos más altos antes de mirar los precios de las opciones más competitiva en el mercado internacional. Eso asegura la participación de la industria nacional en las compras gubernamentales. Las estrategias varían en cuatro posibilidades: (a) sustitución de importaciones con márgenes de preferencia nacional, suponiendo que las empresas locales se aseguren de que sus productos se compren incluso por encima del precio internacional hasta un límite; (b) la sustitución de importaciones con políticas de contenido local, lo que requiere que la empresa proveedora extranjera produzca una fracción del valor del contrato en el territorio nacional o que subcontrate empresas nacionales; (c) sustitución de importaciones compensadas (*offset*), si algún valor contratado requiere contrapartes del país de la compañía extranjera, a través de transferencia de tecnología, acuerdos comerciales, etc. y; (d) acuerdos de división laboral en adquisiciones de multinacionales, buscando explotar ventajas competitivas entre países socios o exigir altas demandas para lograr economías de escala.

Según Berkok, Penney y Skogstad (2012, citado en AMBROS, 2018), para diseñar una política industrial de la defensa nacional a través de una lógica del proceso de sustitución de importaciones, hay que desarrollar la industria nacional para reducir la dependencia estratégica y económica, de productos de defensa, de los países extranjeros. La herramienta más eficiente para esto serían las políticas de contratación pública por los militares, que servirían como instrumentos para generar demanda para las empresas locales.

La coordinación de políticas entre el sector de la industria de defensa y el Estado involucra dificultades que el gobierno puede tener para la compra de equipo dentro de los plazos requeridos si no hay empresas nacionales listas para atender esa demanda. Por otro lado, para las empresas es un desafío planificar la producción y mantener a los empleados y las inversiones de manera eficiente en un mercado donde la demanda de equipos militares no suele ser constante, pero esporádica e inestable (AMBROS, 2018).

Dado el carácter estratégico para la compra de productos en la industria de defensa, países que son grandes o medianas potencias (del punto de vista económico, político y militar) tienen la demanda de sus fuerzas armadas suministrada, principalmente, por la producción local. En estos países hay restricciones no sólo a las importaciones de productos de defensa, sino también a su producción local de las filiales extranjeras, con incentivo, formales o informales, para fortalecer sus empresas nacionales (BRASIL, 2011).

Como el principal cliente de las empresas de la industria de defensa es el sector público, ya sea nacional (doméstico) o extranjera (mercado de exportación), la dependencia de los presupuestos del estado es muy alta. Eso implica en la existencia de una relación especial entre los dos agentes, ministerios y empresas. Con el recorte en los presupuestos estatales dedicados a la defensa, la industria ha adoptado estrategias de diversificación en dirección al mercado civil con el fin de reducir la dependencia de este presupuesto (PILA, 2018).

#### 4.2 - La innovación en el ámbito de la defensa: la innovación instigada por la I+D

Debido a la progresiva sofisticación tecnológica de los sistemas utilizados en los conflictos actuales, las demandas de los Ministerios de Defensa están aumentando. Por eso, las empresas tienen que realizar inversiones significativas en I+D y generar continuamente innovaciones (PILA, 2018).

Con el advenimiento de las grandes empresas en principios del siglo XX, hubo una intensificación de las actividades de investigación y desarrollo, así que se criaron laboratorios de investigación industrial en las empresas. En la década de 1940, la I+D de los Estados Unidos difiere de otras economías industriales debido a una participación más grande del Estado, especialmente a través de su Departamento de Defensa innovaciones de financiación (TIGRE, 2015).

En un enfoque tradicional de la innovación, la I+D es una fuente central para el análisis de la innovación. Las inversiones en I+D, la literatura, trae componentes, tales como las patentes y certificados de calidad como los principales indicadores de la capacidad de innovación. Al mismo tiempo, estos indicadores indican las actividades de innovación de la compañía mirando el largo plazo (KAROGLU; ECERAL, 2015).

Vale la pena la advertencia de que las presiones para que se tenga eficiencia en costes contribuye a un sesgo de corto plazo en la política de defensa, incluyendo los cambios en el énfasis de los esfuerzos de I+D. La economía en su conjunto tiene un sesgo para el desarrollo a corto plazo, en detrimento de la innovación a largo plazo. No es de extrañar que también está afectando a los mecanismos de inversión en el área de defensa (STEINBOCK, 2014). La Tabla 2, basada en datos de los Indicadores Clave de Ciencia y Tecnología de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE), enseña las inversiones

gubernamentales de los diez principales países, del I+D en productos de defensa y para el mercado civil.

Tabla 2 - Inversiones gubernamentales en I+D (defensa y civil) en países seleccionados, 2018

País	Presupuesto en I+D (US\$ millones PPC)	% Defensa	% Civil
Estados Unidos	113.662,44	46,34	53,66
Australia	4.420,83	6,43	93,57
Francia	17.086,43	6,17	93,83
Suecia	3.642,24	3,74	96,26
Noruega	3.160,32	3,50	96,50
Alemania	34.016,88	3,31	96,69
Japón	33.468,15	2,76	97,24
Finlandia	1.877,45	2,43	97,57
Eslovaquia	618,15	1,82	98,18
Grecia	1.633,36	1,36	98,64

Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la OCDE Statistics - Main Science and Technology Indicators, 2019.

En los países desarrollados la parte más grande de la I+D se lleva a cabo en las empresas. El estado también es responsable por la expansión del conocimiento y la base científica necesaria para desarrollar el sector productivo. Las innovaciones son impulsadas en las universidades y centros de investigación civiles y militares. El Estado ofrece la financiación y crea incentivos para la innovación y para las actividades de I+D. Por lo tanto, además de la financiación, la contratación pública relacionada con la defensa fuera indispensables para el crecimiento de las nuevas empresas, tales como las empresas de semiconductores y de computadoras en los Estados Unidos. Tal soporte del Estado, en la financiación a empresas y universidades, contribuye al suministro de invenciones con potencial comercial. La relación universidad-empresa es esencial para el desarrollo tecnológico (TIGRE, 2015).

Esta relación es apuntada en el caso francés, donde las políticas de valoración de la Innovación y la Propiedad Intelectual están en el Código de la Propiedad Intelectual y la Ley de Innovación en el país. Esta Ley de Innovación, por lo tanto, ayudo a ampliar el número de patentes en Francia, haciendo más grande el porcentaje perteneciendo a universidades y centros de investigaciones (ORSSATTO *et al.*, 2013).

## V. CONSIDERACIONES FINALES

El conocimiento y la innovación son los principales inductores de crecimiento y de la competitividad de una nación. Schumpeter mostró que el progreso tecnológico es el resultado de la competencia a través de la innovación entre las empresas y el suministro de los cambios económicos industriales, sectoriales y sistémicos de la economía capitalista.

Un proceso innovador puede presentarse de varias maneras, tales como: innovaciones económicas, sociales, tecnológicas y organizativas. Una innovación tecnológica es puramente una aplicación en la actividad industrial, basada en el conocimiento científico y técnico. Por lo tanto, la innovación es la introducción y difusión de nuevas mejoras de productos y procesos. La innovación tecnológica es

resultado de la madurez del conocimiento técnico y de los avances científicos.

El proceso de innovación requiere una red de relaciones que involucra investigación, tecnología, gestión de conocimiento, producción, aprendizaje y comprensión (tácita e implícita). Sin embargo, es necesario contar en este proceso con el agente del Estado, que incentiva las acciones y reacciones en el ámbito privado, a través de políticas públicas, que ayuda a generar una dinámica industrial innovadora.

El I+D es el proveedor de estos procesos de innovación, todavía requiere incentivos en entornos privados y públicos para que sea más grande posible sus resultados. Él es la principal fuente innovación en los mercados militares y civiles. La innovación es un diferenciador para el éxito empresarial.

Una política industrial que fomente el desarrollo de la I+D en la industria militar o de defensa puede ayudar en el cambio estructural de la industria. Puede promover el desarrollo de una nación, ya que requiere un alto conocimiento y habilidades para abordar demandas y problemas tan complejos. La industria militar puede ser un componente clave del progreso industrial de una nación.

Para desarrollar una política industrial de la defensa nacional hay que se buscar desarrollar la industria nacional para reducir la dependencia estratégica y económica de productos de defensa importados. Es a través de las universidades y centros de investigación civiles y militares, que las innovaciones son impulsadas.

## VI. REFERENCIAS

AMARANTE, J. C. A. do. **A Base Industrial de Defesa Brasileira**. Rio de Janeiro: IPEA, 2012.

AMBROS, C. C. Experiências Subnacionais em Políticas de Promoção da Indústria de Defesa: O Caso do Rio Grande do Sul. **Austral: Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais** e-ISSN 2238-6912. ISSN 2238-6262. v.7, n.14, Jul./Dez. 2018 | p. 295-322

BRASIL. ABDI; FERREIRA, M. J. B.; SARTI, F. **Diagnóstico: base industrial de defesa brasileira**. Campinas: ABDI; NEIT-IE-UNICAMP, 2011. 54 p.

DILL, R. A. **O Capital Social do Arranjo Produtivo Local Polo de Defesa e Segurança da Cidade de Santa Maria - RS**. Monografia (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

DOMBROWSKI, P. J. & GHOLZ, E. **Buying military transformation: Technological innovation and the defense industry**, 2006.

ISAACSON, J. A.; LAYNE, C.; ARQUILLA, J. **Predicting military innovation**. Santa Monica, Califórnia: RAND, 1999.

KAROGLU B. A.; ECERAL T. O. Human Capital and Innovation Capacity of Firms in Defense and Aviation Industry in Ankara. **Procedia - Social and Behavioral Sciences** (195) 1583-1592, 2015.

LESKE, A. D. C. Verbete 'Base Industrial de Defesa'. In: Héctor Luis Saint-Pierre; Marina Gisela Vitelli. (Org.). **Dicionário de Segurança e Defesa**. 1ed.São Paulo (SP): Editora Unesp; Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, p. 128-147, 2018.

- MANUAL DE OSLO. **Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados Sobre Inovação**. Organização Para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), Gabinete Estatística das Comunidades Européias (Eurosta) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Terceira Edição, 2005. Disponível em: <<http://download.finep.gov.br/imprensa/oslo2.pdf>>. Acesso em 06/12/2019.
- MOREIRA, W. S.; MEDEIROS, S. E. **Economia de Defesa e Reputação em Perspectiva Institucionalista**. IX Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos de Defesa (IX ENABED), Florianópolis-SC, 6 a 8 de julho, 2016.
- OECD. **Organisation for Economic Co-operation and development: OECD Statistics - Main Science and Technology Indicators**, 2019. Disponível em: <<https://stats.oecd.org/Index.aspx>>. Acesso em: 06 dez. 2019.
- OLIVEIRA FILHO, I. de. **A Situação Atual da Indústria de Defesa Nacional: desafios enfrentados pelo setor de simuladores de emprego militar**. Monografia (Instituto COPPEAD UFRJ, Curso de Pós-MBA Lato Sensu em Gestão Internacional), 2015.
- ORSSATTO, J. H. C. *et al.* PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NA FRANÇA. **Revista SODEBRAS [on line]**. v.8, n. 89, maio/2013, p.47-54. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N89.pdf>>. Acesso em: 10 jun.2019.
- PILA, J. R. A. **Defensa: Estado y Sociedad**. El caso de España. Instituto Europeo de Estudios Internacionales, 2018. 365 p. Disponível em: <<http://www.ieeiweb.eu/publications/defensa-estado-y-sociedad-el-caso-de-espana>>. Acesso em: 15 jun. 2019.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.
- QUENCEZ, M. **Defense Innovation: How Can Europe and the United States Learn from Each Other?** German Marshall Fund of the United States, 2018. Disponível em: <[www.jstor.org/stable/resrep18788](http://www.jstor.org/stable/resrep18788)> Acesso em: 15 jun. 2019.
- SANTOS, T. **Economia de Defesa e Indústria de Defesa: barreiras à política e à gestão da CT&I nos países em desenvolvimento**. In: IV Encontro Brasileiro de Estudos Estratégicos e Relações Internacionais (IV EBERI), Niterói-RJ, 23 a 26 de outubro, 2017.
- SILVA, A. A. P. *et al.* **A Crise Econômica no Brasil e seus reflexos na Indústria de Defesa Nacional**. XIII Congresso Acadêmico sobre Defesa Nacional, Castelo, RJ, 2016. Disponível em: <[https://www.defesa.gov.br/arquivos/ensino\\_e\\_pesquisa/defesa\\_academia/cadn/artigos/XIII\\_cadn/a\\_crise\\_economica\\_no\\_brasil\\_e\\_seus\\_reflexos\\_na\\_industria\\_de\\_defesa\\_nacional.pdf](https://www.defesa.gov.br/arquivos/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/artigos/XIII_cadn/a_crise_economica_no_brasil_e_seus_reflexos_na_industria_de_defesa_nacional.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- STEINBOCK D. The challenges for America's Defense Innovation. **The Information Technology and Innovation Foundation (ITIF)**, 2014. Disponível em: <[www2.itif.org/2014-defense-rd.pdf](http://www2.itif.org/2014-defense-rd.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015

## VII. COPYRIGHT

Derechos de Autor: Los autores son los únicos responsables del material incluido en el artículo.

*Submetido em: 20/11/2019*

*Aprovado em: 10/12/2019*

## Área: Ciências Agrárias e Biológicas

---

5-5	<b>AVALIAÇÃO DO GANHO DE PESO DE CORDEIROS MERINO AUSTRALIANO CRUZADOS COM TEXEL OU SUFFOLK EM UM SISTEMA DE CONFINAMENTO</b>  <b>EVALUATION OF WEIGHT GAIN OF AUSTRALIAN MERINO LAMBS CROSSED WITH TEXEL OR SUFFOLK IN A CONFINEMENT SYSTEM</b> Lucas Balinhas Farias; Jordani Borges Cardoso; Kauani Borges Cardoso; Edgar Gonçalves Malaguez; Cássio Cassal Brauner
5-7	<b>AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL E SENSORIAL DE GELEIAS DE MORANGO (Fragaria) COM E SEM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BETERRABA (Beta vulgaris esculenta)</b>  <b>EVALUATION OF PROXIMAL AND SENSORY COMPOSITION OF STRAWBERRY JELLIES (FRAGARIA) WITH AND WITHOUT ADDED BEET (Beta vulgaris esculenta) RESIDUE</b> Everton Manoel dos Santos Machado; Ana Lúcia Becker Rohlfes; Nádia de Monte Baccar

## AVALIAÇÃO DO GANHO DE PESO DE CORDEIROS MERINO AUSTRALIANO CRUZADOS COM TEXEL OU SUFFOLK EM UM SISTEMA DE CONFINAMENTO

### *EVALUATION OF WEIGHT GAIN OF AUSTRALIAN MERINO LAMBS CROSSED WITH TEXEL OR SUFFOLK IN A CONFINEMENT SYSTEM*

LUCAS BALINHAS FARIAS<sup>1</sup>; JORDANI BORGES CARDOSO<sup>1</sup>; KAUANI BORGES CARDOSO<sup>1</sup>;  
EDGAR GONÇALVES MALAGUEZ<sup>1</sup>; CÁSSIO CASSAL BRAUNER<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

*lucasbalinhas@gmail.com; jordanicardoso.12@gmail.com; kauaniborgescardoso@gmail.com;  
edgardgmalaguez@gmail.com; cassiocb@gmail.com*

*Resumo – A demanda por carne ovina cresceu nos últimos anos, ocasionando uma intensificação dos sistemas de terminação de cordeiro e aumentando a busca por estratégias para melhorar a eficiência desse sistema. Concomitante a isso houve uma desvalorização da lã, induzindo os criadores de ovinos laneiros a iniciar a utilização de cruzamentos genéticos com machos de aptidão carnicera, buscando uma valorização na comercialização dos cordeiros. O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho produtivo de cordeiros filhos de matrizes Merino Australiano e cruzados com carneiros Suffolk ou Texel, terminados em sistema de confinamento. O experimento foi realizado em uma propriedade comercial, localizada no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul (Brasil), nos meses de março e abril de 2019, com 30 cordeiros machos, inteiros, de 6 a 7 meses de idade e peso médio de 25,6 kg no início do estudo. Os animais foram divididos em dois grupos, grupo cruza Suffolk e grupo cruza Texel, sendo pesados no início (PVI) e no final (PVF) do estudo, foram calculados o ganho médio diário (GMD) e o ganho de peso total (GPT). Os dados foram submetidos à análise no programa NCSS 7.0 (2007), considerando-se no modelo o efeito fixo cruzamento (Suffolk e Texel). As variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA), sendo considerados significativos valores de  $P < 0,05$ . Como resultados, foi possível verificar menor PVI, maior PVF, melhor GMD e maior GPT para os cordeiros cruza Suffolk em comparação aos cordeiros cruza Texel, concluindo que a raça Suffolk possibilita que as suas progênes tenham melhor desempenho produtivo em comparação com a raça Texel.*

**Palavras-chave:** Cordeiros. Produtividade. Raça.

*Abstract - Demand for sheep meat has increased in recent years, leading to intensification of lamb termination systems and increasing the search for strategies to improve the efficiency of this system. Concomitantly, there was a devaluation of the wool, inducing the breeders of lane sheep to start the use of genetic crossings with males of carnage aptitude, seeking an appreciation in the commercialization of lambs. The objective of the present study was to evaluate the productive performance of lambs of Australian Merino and crossbred lambs with Suffolk or Texel lambs, finished in confinement system. The experiment was carried out in a commercial farm located in Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul (Brazil), in March and April 2019, with 30 male lambs, from 6 to 7 months old and of medium weight. 25.6 kg at beginning of study. The animals were divided into two groups, Suffolk cross group and Texel cross group, being weighed at the*

*beginning (ILW) and at the end (FLW) of the study, average daily gain (ADG) was calculated and total weight gain (TWG) were calculated. Data were analyzed by NCSS 7.0 (2007), considering the fixed crossing effect (Suffolk and Texel). The variables were subjected to analysis of variance (ANOVA), being considered significant values of  $P < 0.05$ . As a result, it was possible to verify lower ILW, higher FLW, better ADG and higher TWG for Suffolk crossbred lambs compared to Texel crossbred lambs, concluding that the Suffolk breed allows their progeny to have better productive performance compared to the Texel breed.*

**Keywords:** Lambs. Productivity. Breed.

#### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos houve um aumento na procura por carne ovina, principalmente nos grandes centros urbanos, fazendo com que houvesse um aumento de 27% na produção de carne. Para suprir essa necessidade o rebanho ovino nacional cresceu, aproximando-se das 13 milhões de cabeças segundo Cavararo (2017). Essa demanda do mercado, induziu ao aumento da produção de animais para o abate, e a procura por sistemas de terminação mais eficientes, como a utilização de sistemas intensivos, que possibilitam ciclos mais rápidos e a produção de carcaças de animais jovens e de elevada qualidade (REGO *et al.* 2015).

Além de investir em sistemas de terminação eficientes, selecionar animais de maior rendimento também é papel importante, em que a utilização de animais geneticamente superiores ou até mesmo a adoção de cruzamentos entre raças é uma boa alternativa, já que foi comprovado maior velocidade de crescimento, melhor conformação e qualidade da carcaça em animais mestiços, refletindo na redução dos custos econômicos e no ciclo produtivo do sistema. (PAIM *et al.* 2011). Isso ocorre devido ao vigor híbrido obtido pelo cruzamento, resultando em produtos com elevado padrão de qualidade (SHACKELFORD *et al.* 2012).

Para o sucesso do cruzamento um ponto muito importante é a escolha adequada das raças, uma vez que cada linhagem apresenta características próprias, e essas, quando utilizadas de forma combinada e estratégica, resultam em progênes de melhor qualidade (BRITO *et al.* 2017). Quando o objetivo é melhorar a carcaça e produzir animais mais

precoces e eficientes, é vital utilizar reprodutores de aptidão carniceira, obtendo alta heterose no cruzamento, e as progênes respondendo com maior ganho de peso e conversão alimentar (LEEDS *et al.* 2012)

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo, através do monitoramento do ganho de peso de cordeiros filhos de carneiros Suffolk ou Texel, em matrizes da raça Merino Australiano, terminados em sistema de confinamento.

## II. PROCEDIMENTOS

O estudo foi realizado em uma propriedade comercial, localizada no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul (Brasil), de coordenadas geográficas 31°30'37.2" sul 53°26'11.3" oeste, nos meses de março e abril de 2019.

Foram utilizados 30 cordeiros machos, não castrados, oriundos do cruzamento das raças Merino Australiano com Suffolk e Texel, com 6 a 7 meses de idade e peso médio de 25,6 kg no início do estudo. Distribuíram-se os animais em dois grupos, um grupo cruza Suffolk (Merino Australiano x Suffolk, 16 animais) e um grupo cruza Texel (Merino Australiano x Texel, 14 animais). Para manter a homogeneidade dos grupos, foi considerado o peso corporal, sendo necessário para entrar no estudo cordeiros com peso superior a 24 kg. Os cordeiros foram pesados em balança eletrônica no início (PVI) e final (PVF) do estudo. O ganho médio diário (GMD) foi calculado dividindo-se o ganho de peso total (GPT) no período pelo número de dias em que os animais permaneceram confinados (35 dias). Todos os animais foram vermifugados no dia zero, com o anti-helmíntico closantel sódico, com o objetivo de diminuir a carga parasitária.

Os cordeiros permaneceram confinados por 35 dias, em um galpão com estábulo ripado, sendo realizada as avaliações de desempenho de forma simultânea em ambos os grupos durante o período experimental. Era fornecida a mesma dieta para ambos os grupo, no qual a composição nutricional está demonstrada na tabela 1, sendo a dieta composta de ração, fornecida duas vezes ao dia, às 7 h e às 18 h, e volumoso, fornecido uma vez ao dia, às 14 h. Forneceu-se 1 kg de ração Cotrisul ovinos (Cotrisul<sup>®</sup>) por dia e 1 kg de volumoso a base de aveia *in natura* cortada e fornecida no cocho, com água *ad libitum*. Os animais permaneceram confinados até atingir peso mínimo de 31 kg e escore de condição corporal (ECC) superior a 3 (Escala de 1 – 5; OSÓRIO; OSÓRIO, 2003). Um cordeiro cruza Texel foi excluído do experimento, pois não atingiu o peso final mínimo aos 35 dias de confinamento.

Os dados foram submetidos à análise estatística no programa NCSS 7.0 (2007), Considerando-se no modelo o efeito fixo cruzamento (Suffolk e Texel), e as variáveis peso vivo inicial, peso vivo final, ganho de peso total e ganho médio diário, as quais foram submetidas à análise de variância (ANOVA), sendo considerados significativos valores de  $P < 0,05$ .

Tabela 1- Composição nutricional dos alimentos fornecidos aos cordeiros no período do estudo

	Ração (%)	Aveia (%)
Matéria seca	86	16
Fibra Bruta	9	7
FDA	11	30
Matéria Mineral	10	8
Proteína Bruta	15	13
Extrato etéreo	3	4

## III. RESULTADOS

Foi utilizado matrizes da raça Merino Australiano devido à localização do estudo, (cidade de Pinheiro Machado). Região conhecida pelo grande número de ovinocultores, no ano de 2013 Silva e colaboradores realizaram um levantamento do número de propriedades que possuíam sistemas de criação de ovinos no estado, e constataram que 23% do total das propriedades gaúchas pertenciam a região sudeste, região geográfica da cidade. Nesse mesmo estudo ainda realizaram um levantamento do tipo de criação, e concluíram que 42% criavam ovinos de raças de dupla aptidão ou aptidão laneira, onde 11% eram animais da raça Merino Australiano.

A raça Merino Australiano é uma raça por excelência produtora de lã fina, possuindo um alto valor no mercado (SILVEIRA *et al.* 2015). No entanto com a desvalorização do preço da lã e a concomitante valorização do preço do cordeiro, passou-se a adotar manejos reprodutivos alternativos, como o uso de cruzamentos entre raças, visando alcançar a máxima heterose nas progênes, e com isso agregar valor no produto final - produção de carne de cordeiro (LEEDS *et al.* 2012). Então propriedades tradicionais produtoras de lã começaram a utilizar reprodutores de aptidão carniceira, a fim de obter cordeiros mais pesados no momento da comercialização (SANTOS, 2018).

De acordo com Brito *et al.* (2017) matrizes de lã possuem excelente habilidade materna e alto potencial reprodutivo e raças como Suffolk e Texel são utilizadas como raças paternas, devido à alta herdabilidade de suas características produtivas como rápido crescimento, ganho de peso e qualidade de carcaça.

O peso médio final dos cordeiros no momento da venda foi de 33,45 kg. Na tabela 2 é observado o desempenho produtivo dos cordeiros nos diferentes grupos genéticos, em que os cordeiros cruza Texel obtiveram peso vivo inicial (PVI) superior aos cordeiros cruza Suffolk com valores médios de 25,12<sup>b</sup> ± 0,15 kg e 26,22<sup>a</sup> ± 0,17 kg respectivamente ( $P < 0,01$ ). Esse peso vivo inicial é no momento da desmama, período no qual os animais entraram para terminação em sistema intensivo.

Esses resultados não eram esperados, Leeds *et al.* (2012) ao avaliarem progênes de diferentes grupos genéticos obtiveram peso a desmama superior para as descendentes do cruzamento Suffolk quando comparadas as outras raças testadas, incluindo a raça Texel. No entanto animais da raça Texel são considerados precoces, depositando satisfatória massa muscular no início do desenvolvimento corporal, produzindo carcaças musculosas e magras (NOTTER *et al.* 2012), já a raça Suffolk é conhecida pela tendência de maior deposição de gordura corporal. E sabendo que o desenvolvimento fisiológico dos tecidos apresenta uma ordem de prioridade de crescimento, em que tecido muscular apresenta um desenvolvimento mais rápido que o tecido adiposo. Esse fato justificaria o comportamento de desempenho dos cordeiros cruza Texel no estudo (ZAGO, 2013).

As variáveis de peso vivo final (PVF), ganho médio diário (GMD) e ganho de peso total (GPT) diferiram estatisticamente entre os grupos, tendo resultados superiores para os animais cruza Suffolk. Os resultados de PVF foram 34,55<sup>a</sup> ± 0,17 e 32,12<sup>b</sup> ± 0,19 kg para os animais cruza Suffolk e cruza Texel respectivamente. Esses resultados corroboraram com Kirschten *et al.* (2013, eles avaliaram a eficiência de reprodutores machos de diferentes raças, sobre

o crescimento pós-desmame, consumo de ração e eficiência alimentar dos cordeiros oriundos de diferentes cruzamentos, e observaram que os animais cruzados com Suffolk apresentaram peso vivo final superior aos demais animais. Essa é uma variável importante de ser avaliada, pois é considerada no momento da comercialização, onde quanto maior o peso vivo final do animal, maior é o valor pago ao produtor pela unidade de cordeiro.

Os cordeiros Suffolk obtiveram um GMD de 101 gramas a mais que os cordeiros Texel ( $0,269^a \pm 0,007$  cruza

Suffolk e  $0,168^b \pm 0,008$  cruza Texel), esses resultados corroboram com os encontrados na literatura, Shackelford *et al.* (2012) avaliaram 10 diferentes raças ovinas quanto ao desempenho de suas progênes, sendo as raças Suffolk e Texel avaliadas entre essas, nesse estudo os cordeiros Suffolk obtiveram uma taxa de crescimento maior que os cordeiros Texel. No estudo de Kirschten *et al.* (2013) também foram encontrados resultados semelhantes, onde cordeiros com genética Suffolk apresentaram maiores ganhos de peso aos 45 e 90 dias, em relação aos cordeiros com genética Texel.

Tabela 1 - Peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), ganho médio diário (GMD) e ganho de peso total (GPT) de cordeiros confinados, de acordo com os diferentes genótipos

Varáveis	Genótipos		
	Cruza Suffolk	Cruza Texel	Valor de P
PVI (kg)	25,12 <sup>b</sup> ± 0,15	26,22 <sup>a</sup> ± 0,17	<0,01
PVF (kg)	34,55 <sup>a</sup> ± 0,17	32,12 <sup>b</sup> ± 0,19	<0,01
GMD (kg)	0,269 <sup>a</sup> ± 0,007	0,168 <sup>b</sup> ± 0,008	<0,01
GPT (kg)	9,42 <sup>a</sup> ± 0,26	5,89 <sup>b</sup> ± 0,29	<0,01

PVI= Peso vivo inicial em Kg; PVF= Peso vivo final em Kg; GMD= Ganho médio diário; GPT= Ganho de peso total. Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Fonte: Autores, 2019.

O maior GMD está diretamente relacionado com o maior GPT, variável também avaliada nesse estudo e que se comportou da mesma forma, em que os cordeiros Suffolk ganharam  $9,42^a \pm 0,26$  kg e os cordeiros Texel  $5,89^b \pm 0,29$  kg. Podemos observar que os animais com genótipo Suffolk ganharam mais peso ao final do experimento, chegando ao abate com 245 dias de idade e aproximadamente 3,5 kg a mais que os cordeiros meio-sangue Texel, Kirschten *et al.*, (2013) encontrou resultados similares, onde os cordeiros Texel, tiveram um peso vivo final inferior aos cordeiros Suffolk, e associou à taxa de crescimento mais lenta da raça Texel, em relação à Suffolk.

#### IV. CONCLUSÃO

Concluiu-se com esse estudo que, nestas condições alimentares e de manejo, os animais oriundos do cruzamento com reprodutores Suffolk obtiveram melhor desempenho produtivo quando comparados aos ovinos cruza Texel. Tornando-se uma boa opção de raça para usar em cruzamentos, visando aumentar o ganho de peso dos cordeiros.

#### V. REFERÊNCIAS

BRITO, G. F. **Desempenho e qualidade da carcaça e da carne de ovinos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento**. 2017. 84p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017.

CAVARARO, R. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, v.7, p.1-108, 2017.

KIRSCHTEN, D. P.; NOTTER, D. R.; LEEDS, T. D.; MOUSEL, M. R.; TAYLOR, J.B.; LEWIS, S. Evaluation of Columbia, Usmarc-Composite, Suffolk, and Texel rams as terminal sires in an extensive rangeland production system: V. Postweaning growth, feed intake, and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.91, p.2021–2033, 2013.

LEEDS, T. D., NOTTER, D. R., LEYMASTER K. A., MOUSEL M. R., AND LEWIS G. S. Evaluation of Columbia, USMARC Composite, Suffolk, and Texel rams as terminal sires in an extensive rangeland production system I. Ewe productivity and crossbred lamb survival and preweaning growth. **Journal of Animal Science**, v.90, p.2931–2940, 2012.

NOTTER, D. R.; LEEDS, T. D.; MOUSEL, M. R.; TAYLOR J. B.; KIRSCHTEN, D. P.; LEWIS, G. S. Evaluation of Columbia, USMARC-Composite, Suffolk, and Texel rams as terminal sires in an extensive rangeland production system: II. Postweaning growth and ultrasonic measures of composition for lambs fed a high energy feedlot diet. **Journal of Animal Science**, v.90, p.2941–2952, 2012.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de carne ovina: técnicas de avaliação in vivo e na carcaça**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2003. 73p.

PAIM, T. P.; CARDOSO, M. T. M.; BORGES, B. O.; GOMES, E. F.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C. Estudo econômico da produção de cordeiros cruzados confinados abatidos em diferentes pesos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 48-57, 2011.

REGO, F.C.A; FRANÇOZO, M.C; LUDOVICO A; DE LIMA, L.D; LOPES, F.G; BELAN, L. Development, economic viability and attributes of lamb carcass from confined animals fed on different amounts of crude glycerin. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p3445-3454, 2015.

SANTOS, V. S. D. **Processo histórico da ovinocultura e sua influência em Santa Vitória do Palmar-RS**. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SHACKELFORD, S. D., LEYMASTER, K. A., WHEELER, T. L., & KOOHMARAIE, M. Effects of breed of sire on

carcass composition and sensory traits of lamb. **Journal of animal science**, v.90, p.4131-4139, 2012.

SILVA, A. P. S. P., SANTOS, D. V. D., KOHEK JR, I., MACHADO, G., HEIN, H. E., VIDOR, A. C. M., & CORBELLINI, L. G. Ovinocultura do Rio Grande do Sul: descrição do sistema produtivo e dos principais aspectos sanitários e reprodutivos. **Pesquisa veterinária brasileira**. v. 33, p. 1453-1458, 2013.

Silveira, F. A; Brondani, W. C; Lemes, J. S. Lã: Características e fatores de produção. **Archivos de Zootecnia**, v.64, p.13-24, 2015.

ZAGO, L.C. **Crescimento e características da carcaça de cordeiros Texel terminados em confinamento**. 2013. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Universidade

#### VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 29/07/2019*

*Aprovado em: 08/12/2019*

## AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL E SENSORIAL DE GELEIAS DE MORANGO (*Fragaria*) COM E SEM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BETERRABA (*Beta vulgaris esculenta*)

### EVALUATION OF PROXIMAL AND SENSORY COMPOSITION OF STRAWBERRY JELLIES (*FRAGARIA*) WITH AND WITHOUT ADDED BEET (*Beta vulgaris esculenta*) RESIDUE

EVERTON MANOEL DOS SANTOS MACHADO<sup>1</sup>; ANA LÚCIA BECKER ROHLFES<sup>2</sup>; NÁDIA DE MONTE BACCAR<sup>3</sup>

1; 2; 3 - UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL - UNISC  
[evertonmachado.unisc@gmail.com](mailto:evertonmachado.unisc@gmail.com); [albecker@unisc.br](mailto:albecker@unisc.br); [nadia@unisc.br](mailto:nadia@unisc.br)

**Resumo** – Com o aumento da população mundial se faz necessário o aproveitamento por completo de alimentos, evitando o desperdício. Nesse estudo foram formuladas duas geleias, uma de morango com o incremento de resíduo de beterraba proveniente da preparação de suco deste vegetal e outra de morango sem a adição desse resíduo. Esses produtos foram avaliados segundo suas propriedades físico-químicas onde foram determinados sólidos solúveis totais (\*Brix) e pH, quanto à composição proximal, onde foram avaliados teores de umidade, cinzas, lipídios, fibras, proteínas e carboidratos e sensorial. As geleias foram avaliadas sensorialmente por avaliadores não treinados. A caracterização das geleias avaliadas está coerente com os padrões disponíveis na legislação brasileira vigente e a geleia com adição do resíduo de beterraba obteve aceitabilidade superior a 80%.

**Palavras-chave:** Resíduo de Beterraba. Geleias de Morango. Avaliação Proximal e Sensorial.

**Abstract** - With the increase of the world population it is necessary the complete utilization of food, avoiding the waste. In this study, two strawberry jellies were formulated: one strawberry with the increase of beet residue from the juice preparation of this vegetable and the other strawberry without the addition of this residue. These products were evaluated according to their physicochemical properties where total soluble solids (Brix) and pH were determined for proximal composition, where moisture, ash, lipid, fiber, protein and carbohydrate and sensory contents were evaluated. The jellies were sensorially evaluated by untrained evaluators. The characterization of the evaluated jellies is consistent with the standards available in the current Brazilian legislation and the beet residue-added jelly had an acceptability higher than 80%.

**Keywords:** Beet Residue. Strawberry Jellies. Proximal and Sensory Evaluation.

#### I. INTRODUÇÃO

O processamento da matéria-prima, nas indústrias alimentícias, gera, ao longo da cadeia do processo produtivo, milhões de toneladas de resíduos agroindustriais em todo o mundo, o que acarreta inúmeros problemas no meio ambiente. Nos últimos anos, as agroindústrias vêm investindo cada vez mais no aumento do processamento, gerando grandes quantidades de subprodutos. Uma porção é

reutilizada como ração animal, porém, muitas vezes esses subprodutos têm custos operacionais para as empresas, fazendo com que uma grande quantidade seja descartada, representando uma fonte de contaminação (DO NASCIMENTO FILHO & FRANCO, 2015).

A redução de resíduos mostra-se como uma opção de impacto positivo para a indústria de alimentos, bebidas e outros variados ramos, sendo que esses rejeitos frequentemente são classificados como potenciais poluidores. Com isso, uma forma de reutilizar resíduos de vegetais é realizar o aproveitamento total do alimento, utilizando partes não convencionais, antes desprezadas, como cascas, talos e folhas, ou vegetais não conformes, no desenvolvimento de novos produtos para o mercado (NOVAES *et al.*, 2015).

O aproveitamento de resíduos e o desenvolvimento de novos produtos mostram resultados relevantes quanto à diminuição do desperdício de alimentos, além de conferir economia nos gastos relacionados com a alimentação, variar nutrientes e adicionar valor nutricional às preparações. Essa opção utiliza o alimento de forma sustentável, reduz o resíduo orgânico produzido, provém a renda familiar e promove também uma maior segurança alimentar (SÁ LEITÃO & SÁ LEITÃO, 2015; DA SILVA *et al.*, 2018).

Com isso, a produção de bolos, geleias, doces, pães, entre outros, através da utilização de resíduos de alimentos, tem sido uma alternativa para evitar o desperdício e enriquecer nutricionalmente os alimentos. Isso é de extrema importância, pois as partes consideradas não consumíveis e que são geralmente descartadas, também apresentam valor nutricional. Assim, a preocupação com esse desperdício é primordial, pois uma grande quantidade de alimento considerado perdido e não aproveitado, pode ser utilizado para alimentar milhões de pessoas que não têm acesso a uma alimentação saudável (LAGE *et al.*, 2017; ROHLFES *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2017; AGNES *et al.*, 2018).

A beterraba (*Beta vulgaris L.*), uma raiz tuberosa, da família *Amaranthaceae*, comum em climas temperados como as regiões sul e sudeste do Brasil, é um vegetal considerado fonte de compostos bioativos - que exercem várias

propriedades benéficas como antioxidante, anti-inflamatória e anticancerígenos (MIKOŁAJCZYK-BATOR & PAWLAK, 2016).

Essa hortaliça tuberosa possui grande quantidade de água, fibras e carboidratos, baixo teor de gorduras e composição diversificada de vitaminas e minerais. Entre esses, encontram-se potássio, sódio, fósforo, magnésio e cálcio com valores expressivos por porção, envolvidos em metabolismos enzimáticos importantes no organismo. Além disso, a beterraba é rica em ácido fólico (CROCETTI *et al.*, 2016).

A sua coloração avermelhada se dá pela presença da betalaína, que é um antioxidante natural, agindo contra o envelhecimento celular e reduzindo o risco de alguns tipos de câncer. As betalaínas são originadas de aminoácidos aromáticos (L-fenilalanina e a L-tirosina) e são pigmentos (alcalóides coloridos) vacuolares naturais biossintetizados a partir do ácido betalâmico (aldeído  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturado instável). A betalaína pertence ao grupo de alcaloides nitrogenados e pode ser substrato para a produção de óxido nítrico, que causa vasodilatação, fazendo assim com que se obtenha uma melhora no fluxo sanguíneo e na passagem de oxigênio. Estudos apontam que a beterraba auxilia na redução da pressão arterial, bem como, na diminuição dos riscos de doenças como acidente vascular cerebral e demência (CROCETTI *et al.*, 2016; MIKOŁAJCZYK-BATOR & PAWLAK, 2016).

Geleia de fruta é obtida pela cocção de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrada até consistência gelatinosa (BRASIL, 1978).

Com base nas informações dos benefícios da adição de resíduos em novos produtos, a presente pesquisa visa elaborar geleia de morango, adicionada de resíduo de beterraba, proporcionando um produto diferenciado no qual serão avaliadas as características sensoriais, composição proximal e a sua aceitação através de painéis de degustação.

## II. METODOLOGIA

### 2.1- Elaboração das geleias

Os morangos *in natura* foram adquiridos no comércio do município de Santa Cruz do Sul, RS e o resíduo de beterraba foi proveniente do preparo de suco deste vegetal no restaurante universitário. As geleias foram produzidas considerando as normas de boas práticas na fabricação de alimentos, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Após o recebimento, os morangos passaram por um processo de seleção e higienização em água corrente. Em seguida, as frutas e o resíduo de beterraba foram colocados, separadamente, em imersão, em solução de hipoclorito de sódio 150 mg L<sup>-1</sup> por 10 minutos para completa sanitização e lavados em água corrente.

Para o processamento, as geleias foram formuladas com concentrações de 60% de açúcar em relação à polpa de morango. Parte dos morangos foram picados e parte processados, sendo levados ao cozimento em panela de aço inoxidável, com agitação manual constante, juntamente com o açúcar até atingir o ponto de fervura. Nesse momento, o aquecimento foi interrompido e adicionada a pectina cítrica (Dinâmica Química Contemporânea LTDA®), na proporção de 1% sobre o peso de açúcar e dispersa em parte do açúcar, conforme a Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA n. 12, de 24 de julho de

1978, no qual estabelece adição máxima de 2% de pectina (BRASIL, 1978). Procedeu-se à cocção até a concentração de sólidos solúveis de 65° Brix medidos em refratômetro digital (Atago®), e ao final do processo, sem aquecimento, foi adicionado o ácido cítrico anidro (Nuclear®) na proporção de 0,65% sobre o peso do açúcar, tendo sido diluído em 40 mL de água. Após esta etapa, a geleia foi acondicionada em embalagem de vidro, previamente esterilizada a 100 °C/15 min com capacidade para 250 g, fechada com tampa de metal e invertida por 10 s. O tratamento térmico foi efetuado em banho-maria a 100 °C por 15 minutos e armazenadas em local fresco e ao abrigo da luz.

Este procedimento foi realizado para os dois tipos de geleias, sendo que em uma delas o resíduo de beterraba foi adicionado na proporção de 21% sobre o peso de morangos.

### 2.2- Composição proximal

Na avaliação da composição proximal das geleias, foram realizadas, em triplicata, as análises dos teores percentuais de umidade, com secagem em estufa à temperatura de 105°C até peso constante; cinzas, por incineração em mufla (550-600°C), até peso constante; fibra bruta, pelo método de Weender; lipídios, pelo método de Soxhlet e proteínas por meio da determinação do teor de nitrogênio total (método Kjeldahl) e conversão em proteína bruta pelo fator 6,25. Ainda, foram caracterizadas quanto ao pH e sólidos solúveis totais (°Brix), também em triplicata e conforme os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O teor de carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo de 100 os teores encontrados de proteínas, cinzas, lipídios, fibras e umidade. O valor calórico foi calculado considerando que, em média, 1 g de proteína fornece 4 calorias, 1 g de gordura ou lipídeo fornece 9 calorias e 1 g de carboidrato fornece 4 calorias, segundo a regulamentação da ANVISA RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

### 2.3- Avaliação sensorial

A avaliação sensorial foi realizada com 50 provadores não treinados, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade de Santa Cruz do Sul.

O projeto de análise sensorial foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de Santa Cruz do Sul, conforme Resolução, com número de parecer CAA 08974919.9.0000.5343.

As amostras foram codificadas com letra e números (ANJOS *et al.*, 2017) e servidas em temperatura ambiente, em porções individuais em pratos plásticos descartáveis, acompanhadas de biscoitos água e sal e um copo de água mineral para enxágue da boca. Para este ensaio, as geleias foram codificadas como G235, geleia de morango tradicional e G197, geleia com adição de resíduo de beterraba, sendo avaliadas no primeiro dia após a elaboração das mesmas, nos turnos tarde e noite,

Cada provador pode avaliar as amostras quanto à preferência e aceitação, segundo Minim (2010). Os provadores receberam uma ficha de análise de aceitação e preferência.

Para o teste de aceitação, as amostras foram avaliadas quanto aos parâmetros: cor, aroma, sabor, textura e aparência. Foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos: Gostei extremamente (9), gostei muito (8), gostei moderadamente

(7), gostei levemente (6), indiferente (5), desgostei levemente (4), desgostei moderadamente (3), desgostei muito (2) e desgostei extremamente (1).

No teste de preferência os provadores tiveram que ordenar as amostras, atribuindo o primeiro lugar para a amostra “mais preferida” e o segundo lugar para a “menos preferida”.

### III. RESULTADOS

#### 3.1- Composição proximal

Os resultados obtidos na avaliação da composição proximal e das análises físico-químicas realizadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises da composição proximal e das análises físico-químicas para as geleias produzidas com morango tradicional (A) e com resíduo de beterraba (B)

Determinações	A	B
Umidade (%)	21,27 ± 3,99	25,59 ± 0,53
Cinzas (%)	0,17 ± 0,05	0,19 ± 0,07
Lipídeos (%)	0,71 ± 0,42	0,58 ± 0,11
Fibras (%)	4,35 ± 1,84	3,77 ± 2,57
Proteínas (%)	0,34 ± 0,06	0,43 ± 0,04
Carboidratos (%)	48,32 ± 2,48	69,45 ± 2,51
Valor Calórico (kcal)	201,04 ± 7,35	284,72 ± 9,42
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	60,86 ± 5,80	63,36 ± 1,97
pH	2,89 ± 0,03	3,04 ± 0,01

Desvio padrão para n=3

Fonte: Autores, 2019.

De acordo com os resultados apresentados, na Tabela 2, para a determinação de umidade, foram encontrados teores de 25,59% para a geleia de morango com resíduo de beterraba e 21,27% para a geleia tradicional de morango, estando de acordo com a legislação (BRASIL, 1978) que estipula o teor máximo de 35% de umidade em geleias. O conhecimento da umidade de um produto é importante para o armazenamento, pois teores elevados favorecem o crescimento de leveduras e fungos filamentosos (DAMIANI *et al.*, 2009; LEÃO *et al.*, 2012).

Em relação aos resultados obtidos para a determinação de cinzas ou resíduo mineral fixo (RMF), as geleias de morango tradicional e morango com resíduo de beterraba apresentaram teores de 0,17% e 0,19%, respectivamente. No trabalho realizado por Vicente *et al.* (2014), com geleia de carambola e geleia de hibisco, foram obtidas concentrações de 0,16% e 0,19%, respectivamente. É importante salientar que a legislação vigente para geleias (BRASIL, 1978) não faz menção ao teor mínimo de cinzas que deve ser encontrada no produto e que esse parâmetro poderia auxiliar na determinação do padrão de identidade e qualidade (PIQ) das geleias comerciais.

Foram encontrados teores de lipídeos de 0,71% para geleia tradicional de morango e 0,58% para geleia de morango com adição de resíduo de beterraba. Tais valores ficaram bem próximos aos encontrados por Silva *et al.* (2016) em geleias de bocaiuva, onde foram obtidos teores de 0,73% e 0,63%.

As geleias produzidas apresentaram teores relevantes de fibras alimentares, estando de acordo com a Portaria nº 27 de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 1998), sendo de 4,35% para a geleia tradicional de

morango e de 3,77% para a geleia com adição de resíduo de beterraba. Ambos resultados são próximos ao encontrado por Vicente *et al.* (2014) para a geleia de carambola por eles produzida que foi de 5,9% de fibras.

Na determinação de proteínas foram obtidos teores de 0,34% e 0,43% para as geleias de morango tradicional e com adição de resíduo de beterraba, respectivamente. Cruz *et al.* (2019), encontraram um teor de 0,49% para a geleia de morango, por eles produzida.

Os teores de carboidratos encontrados para as geleias de morango tradicional e morango com resíduo de beterraba foram de 48,32% e 69,45%, respectivamente. Da Silva *et al.* (2018) obtiveram valores entre 70,20% e 68,12% em geleias de bocaiuva. Por sua vez, Vieira *et al.* (2017), encontraram 64,90% de carboidratos em geleia mista de casca de abacaxi e polpa de pêssego.

Em relação ao valor calórico, foram obtidos, para a geleia tradicional de morango, 201,04 kcal 100 g<sup>-1</sup> e para a geleia com resíduo de beterraba, 284,72 kcal 100 g<sup>-1</sup>. O fato desse valor ter ficado mais alto que o encontrado para a geleia tradicional de morango (201,04 kcal) pode ser explicado pela beterraba ser rica em carboidratos (CROCETTI *et al.*, 2016). Santos *et al.* (2012), em geleia de cagaita, encontraram 254,10 kcal 100 g<sup>-1</sup> e Vieira *et al.* (2017), em geleia mista de casca de abacaxi e polpa de pêssego, 269,14 kcal 100 g<sup>-1</sup>.

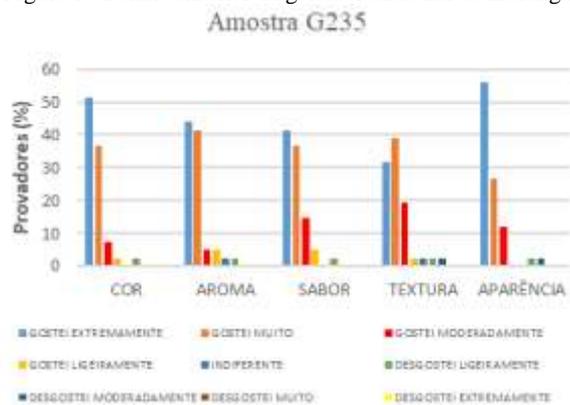
A geleia, de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 1978), deve ter pH, no mínimo, de 3 e 65 °Brix de sólidos solúveis totais, no mínimo. Ambas as geleias se mostraram com valores próximos aos da legislação. A geleia tradicional de morango apresentou 60,86 °Brix e a com adição de resíduo de beterraba, 63,36 °Brix. Apesar dos valores encontrarem-se abaixo do recomendado pela legislação, não houve prejuízo na formação do gel. Igualmente, Vicente *et al.* (2014) encontraram um teor de sólidos solúveis de apenas 38,50 °Brix para a geleia de hibisco por eles preparada e do mesmo modo, não houve prejuízo na geleificação. O açúcar adicionado à geleia atua como um conservante, inibindo a atividade de microrganismos nos alimentos e melhorando a aparência, sabor e rendimento (FOPPA; TSUZUKI & SANTOS, 2009).

Os valores de pH encontrados foram de 2,89 para a geleia tradicional de morango e de 3,04 para a geleia com resíduo de beterraba. O pH baixo, aliado ao alto teor de sólidos e à umidade obtida asseguram a estabilidade microbiológica do produto (VIEIRA *et al.*, 2017).

#### 3.2- Avaliação sensorial

A Figura 1 apresenta o perfil sensorial da geleia tradicional de morango (G235). Observa-se, nessa figura, quanto ao quesito cor, que 51,21% dos provadores manifestaram sua aceitação nesse atributo como “gostei extremamente”, 36,58% como gostei muito, 7,31% como “gostei moderadamente”, 2,43% como “gostei ligeiramente” e 2,43% como “desgostei ligeiramente”. Segundo Teixeira (2009), a cor é a primeira característica que chama a atenção dos consumidores, sendo que normalmente é a média mais alta entre todos os atributos analisados, demonstrando também, que o processamento da geleia não alterou a cor atraente.

Figura 1 - Perfil sensorial da geleia tradicional de morango



Fonte: Autores, 2019.

Ainda, em relação à Figura 1, quanto ao aroma, 43,90% dos provadores manifestaram sua aceitação como “gostei extremamente”, 41,46% como “gostei muito”, 4,87% como “gostei moderadamente”, 4,87% como “gostei ligeiramente”, 2,43% como “indiferente” e 2,43% como “desgostei ligeiramente”.

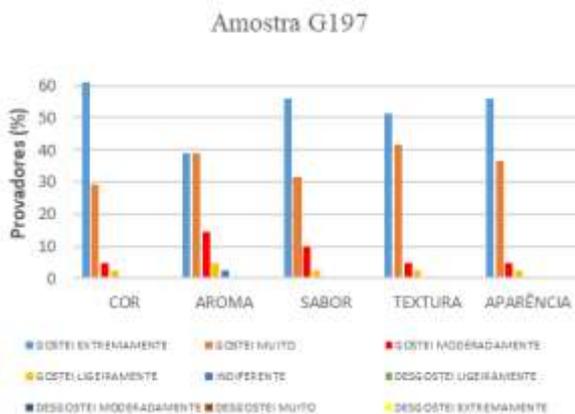
O quesito sabor obteve 41,46% dos provadores manifestando sua preferência como “gostei extremamente”, 36,58% como gostei muito, 14,63% como “gostei moderadamente”, 4,87% como “gostei ligeiramente” e 2,43% como “desgostei ligeiramente”.

Na avaliação da textura, 31,70% manifestaram-se como “gostei extremamente”, 39,02% como “gostei muito”, 19,51% como “gostei moderadamente”, 2,43% como “gostei ligeiramente”, 2,43% como “indiferente”, 2,43% como “desgostei ligeiramente” e 2,43% como “desgostei moderadamente”.

No quesito aparência, 56,09% dos testadores manifestaram sua preferência como “gostei extremamente”, 26,82% como “gostei muito”, 12,19% como “gostei moderadamente”, 2,43% como “desgostei ligeiramente” e 2,43% como “desgostei moderadamente”.

A Figura 2 apresenta o perfil sensorial da geleia de morango com resíduo de beterraba (G197).

Figura 2- Perfil sensorial da geleia de morango com adição de resíduo de beterraba



Fonte: Autores, 2019

De acordo com os resultados apresentados, para a amostra G197, Figura 2, o quesito cor obteve 60,97% dos voluntários manifestando sua aceitação neste atributo como “gostei extremamente”, 29,26% como “gostei muito”, 4,87% como “gostei moderadamente” e 2,43% como “gostei ligeiramente”.

Quanto ao aroma, obteve-se neste quesito 39,02% dos provadores manifestando sua aceitação como “gostei extremamente”, 39,02% como “gostei muito”, 14,63% como “gostei moderadamente”, 4,87% como “gostei ligeiramente” e 2,43% como “indiferente”.

A percepção do sabor dos alimentos ocorre através das papilas gustativas, que traduzem os cinco sabores básicos (doce, amargo, salgado, azedo e umami) em sinais eletroquímicos transmitidos para o cérebro através dos neurônios (NEUMANN; SCHAUREN & ADAMI, 2016). Ainda, segundo Neumann, Schauren e Adami (2016) o gosto é atribuído aos compostos não voláteis presentes nos alimentos, como açúcares, sais, limonina e ácidos.

Com relação ao quesito sabor, 56,09% dos provadores manifestaram-se como “gostei extremamente”, 31,70% como “gostei muito”, 9,75% como “gostei moderadamente” e 2,43% como “gostei ligeiramente”.

Na avaliação da textura, 51,21% dos provadores manifestaram sua aceitação nesse atributo como “gostei extremamente”, 41,46% como “gostei muito”, 4,87% como “gostei moderadamente” e 2,43% como “gostei ligeiramente”.

No quesito aparência, 56,09% dos provadores manifestaram-se como “gostei extremamente”, 36,58% como “gostei muito”, 4,87% como “gostei moderadamente” e 2,43% como “gostei ligeiramente”.

Quanto à preferência entre as geleias produzidas, 80,48% dos provadores preferiram a geleia com adição do resíduo de beterraba, enquanto 19,52% preferiram a geleia tradicional de morango.

#### IV. CONCLUSÃO

Foram elaboradas duas formulações de geleias de morango, uma tradicional e outra com aproveitamento de resíduo de beterraba. A composição proximal, bem como a caracterização físico-química de ambas, atendeu aos requisitos previstos na legislação brasileira.

A avaliação sensorial demonstrou que o incremento do resíduo de beterraba à geleia de morango, além de dar uma finalidade a esse resíduo, normalmente descartado, agregou propriedades gustativas ao produto e o mesmo teria uma ótima aceitação no mercado consumidor, obtendo índices de aceitabilidade acima de 80%, representando um grande potencial para a produção em escala comercial.

#### V. AGRADECIMENTOS

Aos Laboratórios de Ensino do Curso de Química da Universidade de Santa Cruz do Sul e aos professores orientadores deste presente trabalho.

#### VI. REFERÊNCIAS

- AGNES, F. *et al.* Elaboração de massas frescas e pães com diferentes percentuais de farinha de beterraba (*Beta vulgaris esculenta*), em substituição à farinha de trigo. **Revista SODEBRAS [on line]**, v.13, n. 155, p. 51-56, novembro, 2018. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2018.155>.
- ANJOS, C. N. dos *et al.* Desenvolvimento e aceitação de pães sem glúten com farinhas de resíduos de abóbora (*Cucurbita moschata*). **Arq. Ciênc. Saúde**, v. 24, n. 4, p. 58-62, outubro/dezembro, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17696/2318-3691.24.4.2017.870>.

- BRASIL. **Resolução nº 12 de 1978**. Normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas) para efeito em todo território brasileiro. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA). DOU, 24 julho 1978. Disponível em: <<https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro4760/documento%201.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria da ANVISA/MS nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial da União. Brasília, DF, 16 jan. 1998.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 23 dez. 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360\\_23\\_12\\_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc)>. Acesso em: 29 de junho de 2019.
- CROCETTI, A. *et al.* Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção de farinha de beterraba (*Beta vulgaris L.* – Família *Amaranthaceae*). **Visão acadêmica**, Curitiba, v. 17, n.4, p. 22-35, outubro/dezembro, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v17i4>.
- CRUZ, V. A. *et al.* Manufacturing of Formosa papaya (*Carica papaya L.*) jam containing diferente concentrations of dehydrated papaya seed flour. **International Food Research Journal**, n. 26, v. 3, p. 849-857, June, 2019. ISSN (Online): 2231 7546.
- DAMIANI, C. *et al.* Avaliação química de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 177-184, janeiro/fevereiro, 2009. ISSN 1981-1829. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000100025>.
- DA SILVA, P. G. P. *et al.* Composição Proximal de Resíduos de Abacaxi (*Ananas comosus*) na Produção de Geleia Tipo Extra, avaliando suas Características Físico-químicas e Sensoriais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, dezembro, 2018. ISSN 2236-7934.
- DA SILVA, V. M., *et al.* Bocaiuva jelly: preparation, physicochemical and sensory evaluation. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, (e-846), 2018. ISSN 0100-2945. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018846>.
- DO NASCIMENTO FILHO, Wilson B.; FRANCO, Carlos Ramon. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Rev. Virtual Quim.**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, novembro/dezembro, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150116>.
- FOPPA, Talize.; TSUZUKI Marcos Massanao; SANTOS, Carlos Eduardo Soares. Caracterização físico-química da geleia de pera elaborada através de duas cultivares diferentes: Pera d'água (*Pyrus communis L.*) e housui (*Pyrus pyrifolia nakai*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 21-25, 2009. ISSN 1517-8595.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
- LAGE, Carolina Albuquerque; CARDOSO, Natasja; CARMO, Luiz Antônio Mattos; ELIAS, Mateus Abdo. A versatilidade do consumo da jabuticaba: descobrindo possibilidades de aproveitamento dessa fruta no dia a dia. **CES REVISTA**, v.1, n. 1, p. 116-132, janeiro/julho, 2017, ISSN 1983-1625. Disponível em: <<https://seer.cesjf.br/index.php/cesRevista/article/view/1142/786>>. Acesso em: 25 nov. 2019.
- LEÃO, K. M. M.; BOUDOU, F. S. T.; CASTRO, A. A.; FIGUEIREDO, A. V. D. Formulação e avaliação físico-química de geleia de mamão (*Caricacarpa L.*). **Scientia Plena**, Sergipe, v.8, n.3, p.1-3, 2012.
- MIKOŁAJCZYK-BATOR, Katarzyna; PAWLAK, Sylwia. The effect of thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 15, n.3, p. 257-265, 2016. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.25>.
- MINIM, Valéria Paula Rodrigues. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 308 p.
- NEUMANN, Luisa; SCHAUREN, Bianca Coletti; ADAMI, Fernanda Scherer. Sensibilidade gustativa de adultos e idosos. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 5, p. 797-808, 2016. ISSN (on line) 1981-2256. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-98232016019.150218>.
- NOVAES, M. D S. *et al.* Composição proximal e mineral de biscoitos tipo amanteigado enriquecidos com diferentes farinhas de casca de frutas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v.74, n. 4, p.390-8, 2015.
- ROHLFES, A. L. B. *et al.* Caracterização de pães elaborados com substituição parcial de farinha de trigo por farinha funcional de cenoura (*Daucus carota*). **Revista Sodebras [on line]**. v. 12, n. 134, p. 127-132, fevereiro, 2017. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N134.pdf>>. Acesso em 23 out. 2019.
- SÁ LEITÃO, Bruno Raphael Gomes de; SÁ LEITÃO, Carolina Sousa de. Sustentabilidade e elaboração de novos produtos através do aproveitamento de resíduo alimentar. **Revista de Produção Acadêmico-Científica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 97-104, 2015. Disponível em: <<ftp://revistaciesa.br/R3/AMB01.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2019.
- SANTOS, Any-Kely; RODRIGUES, Erika; HERNANDES, Thais; OLIVEIRA, Adriana Paiva de. Caracterização física e química de biscoito salgado enriquecido com farinha de resíduos do processamento da cenoura e especiarias. **R. Bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 2368-2381, julho/dezembro, 2017. DOI: 10.3895/rbta.v11n2.3062.
- SANTOS, P. R. G. *et al.* Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica DC.*): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo – SP, v. 71, n. 2, p.281-290, 2012.

TEIXEIRA, F. *et al.* Cookies adicionados de farinha da casca de beterraba: análise físico-química e sensorial entre crianças. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 15, n. 1, p. 472-488, janeiro/julho, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v15i1.2765>.

TEIXEIRA, Lilian Viana. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”**, v. 366, n. 64, p. 12-21, janeiro/fevereiro, 2009. ISSN (Online): 2238-6416.

VICENTE, J. *et al.* Composição química, aspectos microbiológicos e nutricionais de geleias de carambola e de hibisco orgânicas. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v. 9, n. 3, p. 137 - 143, julho/setembro, 2014.

VIEIRA, E. C. S. *et al.* Aceitabilidade e características físico-químicas de geleia mista de casca de abacaxi e polpa de pêssego. **Científica**, Jaboticabal, v.45, n.2, p.115-122, 2017. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n2p115-122>.

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 25/11/2019*

*Aprovado em: 08/12/2019*

## Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-1	<p><b>GESTÃO DA QUALIDADE: REDUÇÃO DE CUSTOS EM UMA USINA SUCROENERGÉTICA</b></p> <p><b>QUALITY MANAGEMENT: COST REDUCTION IN A SUGAR-ENERGY INDUSTRY</b></p> <p>Walter Roberto Hernández Vergara; Juliana Suemi Yamanari; Fábio Alves Barbosa</p>
1-3	<p><b>DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO SIMPLIFICADO PARA A ATIVIDADE ELETROMECCÂNICA CARDÍACA</b></p> <p><b>DEVELOPMENT OF A SIMPLIFIED MODEL FOR HEART ELECTROMECHANIC ACTIVITY</b></p> <p>João Gabriel Rocha Silva; Carolina Ribeiro Xavier; Ricardo Silva Campos; Rodrigo Weber Dos Santos</p>
1-6	<p><b>IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ÁCIDAS E BÁSICAS DE DIFERENTES SUBSTÂNCIAS USANDO INDICADORES NATURAIS</b></p> <p><b>IDENTIFICATION OF ACID AND BASIC CHARACTERISTICS OF DIFFERENT SUBSTANCES USING NATURAL INDICATORS</b></p> <p>Jéssica Santos Silva; Camila Dos Santos De Jesus; Gisele Apolinário Mendes; Karina Ribeiro Ferreira; Fernanda Cristina Da Costa Kunizaki; Maíra Aparecida Alves Belizário; Jocélia Pereira De Carvalho Oliveira</p>
1-6	<p><b>PRODUÇÃO DE UMA CÉLULA SOLAR DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO O GARCINIA MANGOSTANA</b></p> <p><b>LOW COST SOLAR CELL PRODUCTION USING THE GARCINIA MANGOSTANA</b></p> <p>Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R. N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues</p>
1-6	<p><b>UMA ABORDAGEM NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: O USO DA MUSA PARADISIACA</b></p> <p><b>AN APPROACH IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH NATURAL PRODUCTS: THE USE OF MUSA PARADISIACA</b></p> <p>Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R.N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues</p>
1-6	<p><b>INFLUÊNCIA DA PERMEABILIDADE DO ELETRÓLITO EM CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS COM CORANTE DA MYRCIARIA CAULIFLORA</b></p> <p><b>INFLUENCE OF ELECTROLYTE PERMEABILITY IN SOLAR CELLS WITH DYE EXTRACTED FROM MYRCIARIA CAULIFLORA</b></p> <p>Julianno P. Ayoub; Gideã T. Tractz; Marcel R. N. De Oliveira; Fabricio H. De Freitas; Daniel L. Fernandes; Juliana A. C. S. Fernandes; Paulo R.P. Rodrigues</p>

1-7	<p><b>ACIDENTES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO COMO MARIANA E BRUMADINHO PODEM SER EVITADOS?</b></p> <p><b>FAILURES IN TAILING DAMS LIKE MARIANA AND BRUMADINHO CAN BE AVOIDED?</b></p> <p>Paulo Afonso De Cerqueira Luz; Alberto Alonso Lázaro</p>
3-5	<p><b>ESTUDOS DE ARRANJO DE PLATAFORMA FLUTUANTE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM LAGOS/RESERVATÓRIOS DE UHE'S</b></p> <p><b>FLOATING PLATFORM ARRAGEMENTN STUDIES FOR IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN HPP'S LAKES/RESERVOIRS</b></p> <p>João Antonio Pereira; Antonio Eduardo Turra; Amarildo Tabone Paschoalini; Rui Gelehrter Costa Lopes; Demostenes Barbosa Da Silva; Manoel Dias</p>
3-8	<p><b>PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE OPERAÇÕES: UMA REVISÃO</b></p> <p><b>PRINCIPLES OF OPERATIONS MANAGEMENT: A REVIEW</b></p> <p>Lindomar Moura; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Maria Da Glória Diniz De Almeida; Bernardo Bastos; Antonio Henriques De Araujo Junior</p>
3-8	<p><b>APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS PARA O PROJETO DE UM TRANSPORTADOR AÉREO DE CABINES: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA</b></p> <p><b>APPLICATION OF FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS METHODOLOGY FOR THE DESIGN OF A CABIN AIR CARRIER: CASE STUDY OF AN AUTOMOBILE INDUSTRY</b></p> <p>Lindomar Moura; Nilo Antonio De Souza Sampaio; José Glênio Medeiros De Barros; Maria Da Glória Diniz De Almeida; Bernardo Bastos; Antonio Henriques De Araujo Junior</p>



## GESTÃO DA QUALIDADE: REDUÇÃO DE CUSTOS EM UMA USINA SUCROENERGÉTICA

### QUALITY MANAGEMENT: COST REDUCTION IN A SUGAR-ENERGY INDUSTRY

WALTER ROBERTO HERNÁNDEZ VERGARA<sup>1</sup>; JULIANA SUEMI YAMANARI<sup>2</sup>;  
FÁBIO ALVES BARBOSA<sup>3</sup>

1, 3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS; 2 – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
*waltervergara@ufgd.edu.br; jusuemi@hotmail.com; fabiobarbosa@ufgd.edu.br*

**Resumo** - O artigo propõe uma sistemática de aprimoramento de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) através da aplicação do ciclo PDCA em conjunto com ferramentas da qualidade. O objetivo é aprimorar os índices de aproveitamento e utilização dos insumos e, conseqüentemente, reduzir custos operacionais. A pesquisa contempla um estudo de caso e pode ser classificada como exploratória, descritiva e qualitativa. O estudo foi realizado em uma usina de açúcar, álcool e energia do estado de Mato Grosso do Sul. Um plano de ações foi elaborado e implementado na empresa para reduzir os altos índices de consumo de insumos e estabilizar os processos de forma a melhorar as atividades operacionais e a eficiência do sistema de produção.

**Palavras-chave:** Sistema de Gestão da Qualidade. Ciclo PDCA. Redução de Custos.

**Abstract** - The article proposes a improvement system of a Quality Management System (QMS) by applying the PDCA cycle with quality tools. The goal is to improve the consumption rates and inputs use and, consequently, reduce operational costs. The research includes a case study and can be classified as exploratory, descriptive and qualitative. The study was conducted at a sugar, alcohol and energy plant in the state of Mato Grosso do Sul. An action plan was designed and implemented at the company to reduce high input consumption levels and stabilize processes to improve activities. and the efficiency of the production system.

**Keywords:** Quality Management System. PDCA Cycle. Cost Reduction.

#### I. INTRODUÇÃO

A otimização de processos e sua conseqüente redução de custos operacionais é uma das prioridades fundamentais para o desenvolvimento de uma empresa que busca alcançar níveis de competitividade.

A competitividade está atrelada ao desenvolvimento de novas metodologias e estruturas voltadas ao gerenciamento e aprimoramento da manufacture e organização industrial (SCHUMPETER; MCDANIEL, 2009). O poder de competição de uma indústria depende de contínuos aprimoramentos dos níveis de produtividade, qualidade e eficiência em todos os processos produtivos, sendo que a implantação, estruturação e aprimoramento dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) são primordiais para se atingir

consistência no atendimento dos requisitos do cliente (ANHOLON *et al.*, 2018).

Goetsch e Davis (2015) e Martínez-Costa *et al.* (2009) argumentam que um sistema de qualidade representa o marco inicial para se estabelecer um sistema de negócio orientado para a qualidade e construir vantagem competitiva sustentável, estimulando a melhoria contínua das operações e lucratividade – os referidos autores colocam que o SGQ possibilita reduções graduais e permanentes nos custos de produção, aperfeiçoando inclusive o desempenho comercial e participação no mercado.

Assim, o problema de pesquisa está relacionado com a dificuldade de empresas do setor sucroenergético em executar, de forma sistemática, projetos de sistemas de qualidade. Desse modo, o SGQ representaria uma oportunidade para que estas indústrias planejem e concebam um arranjo organizacional fundamentado nos princípios da qualidade total e na abordagem de melhoria contínua dos processos.

Este trabalho busca propor um Sistema de Gestão da Qualidade nas áreas industriais que utilizam insumos químicos em uma usina Sucroenergética através da aplicação da metodologia do ciclo PDCA e auxílio de ferramentas gerenciais. Assim, espera-se melhorar os índices de aproveitamento e utilização dos insumos e, sua conseqüente, redução de custos operacionais. Finalmente, como objetivos específicos, tem-se: (1) realizar uma pesquisa bibliográfica sobre temas correlatos para o aperfeiçoamento do sistema de qualidade pré-existente, (2) coletar dados e aplicar ferramentas da qualidade, (3) promover mais conhecimento no treinamento e capacitação de funcionários para padronização de processos a fim de melhorar as atividades operacionais e fazê-las mais efetivas e sustentáveis no longo prazo.

#### II. REVISÃO DA LITERATURA

##### 2.1 – Sistema de gestão da qualidade

O conceito de sistema de qualidade estabelece políticas e objetivos de modo a gerenciar responsabilidades e autoridades para manutenção e aprimoramento da qualidade de produtos e processos, onde o mesmo pode ser considerado uma “arma competitiva”, reduzindo custos de produção, melhorando taxas de retrabalho, refugos e desperdícios, bem como atender

necessidades dos consumidores/usuários finais, contribuindo para aumentar a lucratividade associada ao portfólio dos produtos comercializados (BONATO; CATEN, 2015; NBR ISO 9001:2015).

O SGQ representa um modelo de gerenciamento sob a responsabilidade direta da alta direção que está embasado na identificação de requisitos do cliente, consistência de produtos e processos, além da melhoria contínua do sistema produtivo como um todo (incluindo fornecedores e distribuidores). Para Castillo-Peces *et al.* (2017), o objetivo do SGQ é padronizar procedimentos e processos, bem como reduzir ineficiências em todas as atividades presentes na cadeia de operações de uma empresa, aumentando o poder de competição.

Para Refaat e El-Henawy (2018) o uso do SGQ permite que a organização cumpra seu objetivo e missão de atender aos clientes e os requisitos regulamentares e melhore sua eficácia e eficiência continuamente.

A estrutura de um SGQ focaliza a detecção e prevenção de defeitos em produtos e processos através da identificação/avaliação de necessidades e determinação do nível de satisfação dos clientes, qualificação de fornecedores, análise crítica de projetos, elaboração de procedimentos operacionais e rotinas de inspeção, bem como acompanhamento e controle da produção, capacitação de pessoal e manutenção/calibração de instrumentos de medição (KUMAR; MAITI; GUNASEKARAN, 2018).

A implantação de um SGQ depende da elaboração de procedimentos de trabalho, métodos de produção, planejamento de sistemas de avaliação de produtos e, processos e programas de aprimoramento da qualidade (inclusive de materiais recebidos de fornecedores). Dellana e Kros (2018) discorrem sobre a ligação entre sistema da qualidade e normas correlatas, destacando como benefícios principais a comunicação direta com os consumidores/usuários finais e potenciais clientes, conhecimento dos produtos e processos, redução de desperdícios, melhorias em custos, tempos ociosos, produtividade e qualidade.

De acordo com a NBR ISO 9001:2008, a estrutura de um sistema de qualidade está alicerçada em cinco requisitos certificáveis, que podem ser assim explicados:

- Sistema de Gestão da Qualidade, que estabelece os critérios para elaboração e manutenção do conjunto documental do SGQ, incluindo registros de todos os processos e atividades desenvolvidas;
- Responsabilidade da Direção, que visa demonstrar o comprometimento da alta direção na implantação e funcionamento adequado do SGQ;
- Gestão de Recursos físicos, humanos, infraestrutura e ambiente de trabalho;
- Realização do Produto, que objetiva a avaliação das atividades ligadas à produção e a disponibilização dos produtos acabados, abrangendo desde o planejamento, relações com os clientes, desenvolvimento e projeto dos produtos, aquisição de materiais, manufatura e medição/monitoramento dos processos;
- Medição, Análise e Melhoria, que estabelece critérios para mensurar os resultados dos processos relativos ao SGQ em termos da satisfação dos clientes e conformidade de produtos e processos com objetivo de promover ações corretivas, preventivas e melhorias.

## 2.2 – Diagrama PDCA

O ciclo PDCA, proposto pelo estatístico americano William Edwards Deming, é um método para melhoria de processos que se concentra na aprendizagem contínua e na criação de conhecimento (DEMING, 2000; LI, 2010; GHAFERI, 2018).

Sampaio *et al.* (2019), por exemplo, aplicaram o PDCA durante a implementação de um Controle Estatístico de Apertadeiras (CEA) que evidenciou e facilitou a implementação das etapas do plano de ação. O ciclo compreende 4 etapas: Planejar, Fazer, Verificar e Agir (ou melhorar), explicados na sequência (GORENFLO; MORAN, 2009):

- Planejar: etapa para identificar e priorizar oportunidades de melhoria; identificar causas de problemas e possíveis ações para mitigá-los.
- Fazer: fase para implementar o plano de ação, observando os eventos inesperados, lições aprendidas e conhecimentos adquiridos.
- Verificar: momento para analisar os resultados das ações.
- Agir: etapa para padronizar a melhoria (se o resultado for alcançado); momento para decidir se as ações devem ser revisadas, repetidas, interrompidas ou continuadas.

## 2.3 – Ferramentas gerenciais

As principais ferramentas gerenciais de controle da qualidade são:

- Diagrama de Pareto. O gráfico se apresenta sob a forma de um histograma de frequências acumuladas, que ordena as ocorrências de maior para menor, possibilitando assim determinar prioridades (NBR ISO 10014:2006).
- Diagrama causa-efeito ou diagrama de Ishikawa. O diagrama permite que sejam sugeridas as causas de um problema para que possam ser formuladas sugestões de melhoria, estruturando as causas bem como seus efeitos sobre a qualidade (ISHIKAWA, 1986).
- Histogramas. A ferramenta descreve a frequência com que variam os processos e a forma de distribuição como um todo (MONTGOMERY, 2009).
- Folhas de verificação. Ferramenta que permite a coleta de dados específicos de um problema (TAGUE, 2004; MONTGOMERY, 2009)
- Gráficos de dispersão. Esse gráfico permite a visualização rápida do relacionamento entre duas variáveis (JURAN, 1998).
- Fluxogramas. Ferramenta que permite a representação gráfica das diversas etapas que constituem um determinado processo (JURAN, 1998).
- Cartas de controle. É um gráfico de controle que permite examinar se um processo está ou não sobre controle. Ela utiliza ferramentas estatísticas que permitem observar as mudanças dentro de um processo, baseado em dados de amostragem (NBR ISO 10014:2006, MONTGOMERY, 2009).

### III. METODOLOGIA

A pesquisa pode ser considerada exploratória e descritiva porque contempla a coleta de dados/informações para descrever características do objeto de estudo e propor soluções para problemas identificados (CAUCHICK-MIGUEL, 2019; LUDWIG, 2015; GIL, 2017). Quanto à abordagem metodológica, a pesquisa é qualitativa, uma vez que utiliza como fonte de dados/informações a literatura sobre dado tema, bem como a aplicação de métodos sistemáticos de busca de conhecimentos para apreciação crítica e síntese dos dados/informações selecionados (BERNARDES; MUNIZ JUNIOR; NAKANO, 2018).

Nessa pesquisa foi realizado um estudo de caso utilizando o ciclo PDCA e ferramentas da qualidade para identificar as causas dos altos consumos de insumos no setor e propor possíveis soluções.

Os procedimentos realizados foram:

- Passo 1: Coleta de dados - realizada por meio de observações in loco e reuniões com os funcionários de diferentes setores e hierarquias;
- Passo 2: Aplicação da ferramenta PDCA;
- Passo 3: Aplicação das ferramentas da qualidade na identificação das causas do problema;
- Passo 4: Proposição e aplicação de planos de ação.

### IV. RESULTADOS

A presente pesquisa foi realizada em uma Usina de Açúcar, Alcool e Energia, localizada na cidade de Dourados no estado de Mato Grosso do Sul. Ela possui uma capacidade instalada de moagem de 5,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e uma área de plantio de 70.000 ha. A produção. A produção de açúcar e etanol é de 400 mil toneladas e 180 mil metros cúbicos, respectivamente.

A pesquisa teve como objetivo reduzir o consumo de insumos industriais, e assim seu custo operacional. Nesse sentido, foi estudado e proposto um conjunto de ações com foco nos resultados de cada área analisada da cadeia de valor.

Nas avaliações diárias da cadeia de valor dos consumos de insumos, os resultados divulgados foram analisados como, o consumo da quantidade de matéria-prima (cana-de-açúcar) moída e a produção de álcool total. Indicadores importantes que são utilizados para o cálculo de conversão da produção total em álcool hidratado e vapor, que é utilizado para a geração de energia. Esse consumo de insumos é denominado de consumo específico.

O consumo específico representa a quantidade de insumos químicos necessários, como por exemplo, a matéria-prima moída, para a obtenção do produto final. A empresa estabelece metas de consumo específico para que não exista consumo exagerado. Por exemplo, o ácido sulfúrico é de 8 gramas para cada litro de álcool total produzido e, no caso da soda cáustica são 600 gramas para tonelada de cada moída.

Na primeira etapa da aplicação do PDCA, foram levantados os dados dos consumos diários, semanais e mensais de insumos químicos utilizados na produção e seus respectivos valores econômicos. Logo, elaborou-se o gráfico de Pareto e foi possível identificar os produtos com maior custo nos quatro primeiros meses de safra. Todo esse processo foi realizado com ajuda de planilhas eletrônicas.

No gráfico de Pareto, foram identificados oito insumos que representam os maiores custos no sistema operacional.

Eles são, a soda cáustica comercial, a cal virgem, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, soda cáustica Rayon, S. A. 9860 Trat., dispersante e antibiótico.

Esses insumos representavam no ano de 2018 65% do custo total de todos os insumos químicos utilizados na indústria. Assim, foi elaborada uma tabela com os consumos específicos programados, a meta proposta pela empresa, a meta proposta pelos analistas do projeto e seus valores econômicos (Tabela 1). Na análise, a meta para o consumo dos produtos, ácido sulfúrico, antibióticos e polímero utilizados no setor de fermentação, foram mantidos em vista que seus consumos são altos. No caso, dos outros insumos, foi sugerido uma redução de 35% em média, levando em consideração a média de consumo diário e a média para os dias que havia menor consumo em comparação com os demais dias, dentro de uma mesma produção e moagem.

O diagrama de Causa-Efeito foi utilizado para identificar e analisar as possíveis causas dos altos consumos utilizados (ver Figura 1).



Da análise do diagrama de Causa-Efeito pode-se concluir que no quesito causa “maquinas” foi identificado um alto consumo de ácido sulfúrico (AS) e o antibiótico (AN), pela falta de limpeza nas moendas e aquecedores, para evitar a contaminação nas cubas de fermento; na causa “mão-de-obra” foi observada a utilização inadequada e, como consequência, grande desperdício no recebimento e armazenamento da cal virgem (CV) e a falta de técnicas no armazenamento; em relação à causa “medida”, pode-se identificar que as quantidades utilizadas de polímero para o tratamento de caldo (PT), polímero utilizado na filtração (PF) e dispersante (DI) não são os recomendados a rigor segundo as normas da empresa; no quesito causa “método” foi possível observar a utilização inadequada da soda cáustica (SC), ácido fosfórico, polímeros PT e PF. No caso da soda cáustica, ela é utilizada e reutilizada com concentração maior que o necessário na limpeza de equipamentos, causando excesso de consumo e desperdício. Assim, pode-se concluir que a falta de padronização e treinamento de funcionários, e o excesso de desperdício são as principais causas do alto consumo de insumos no sistema operacional.

O próximo passo foi elaborar um plano de ações com seus respectivos períodos de execução. Entre os principais, pode-se destacar os seguintes:

1. Elaborar procedimentos para o armazenamento e utilização dos insumos (CV, SC, PT e PF) na área;
2. Minimizar o período de utilização do ácido fosfórico;
3. Padronizar a assepsia na peneira, bicas, caixas de embebição (moenda) e tanque clarificado;
4. Substituir a Soda Rayon pela Comercial que é mais econômica;
5. Automatizar a linha de soda e ácido clorídrico para regeneração, de forma a padronizar o consumo;

6. Acrescentar no registro da moenda a realização da assepsia conforme procedimento;
7. Estabelecer rotinas de passar caldo quente na tubulação para a redução de infecções (AS), etc.

Paralelamente com a elaboração do plano de ação foi desenvolvido um procedimento de utilização para os insumos cal virgem, soda cáustica, ácido fosfórico e polímeros. Também, foi elaborado um procedimento de padronização da limpeza nos equipamentos, principalmente por onde passa o caldo antes de chegar ao setor de fermentação, como assepsia em bicas e caixas de embebição na moenda e assepsia nos tanques de caldo clarificado. Finalmente, foi definido um acompanhamento minucioso dos estoques, visando monitorar a área de compras em sinergia com os insumos em almoxarifado.

A Figura 2 apresenta a redução dos índices de consumo de insumos industriais após a implantação do projeto, priorizando problemas, estabelecendo ações, analisando causas, efeitos, motivos, determinando metas e mudanças a serem cumpridas em um determinado período.

Tabela 1 – Ganhos técnicos em relação ao consumo de insumos

Insumos	Ganhos técnicos
Dispersante - g/L (álcool)	De 0,24 para 0,05
Antibiótico - g/m <sup>3</sup> (álcool)	De 10,6 para 1,08
Soda cáustica comercial - g/ton cana	De 379,03 para 227,6
Ácido fosfórico - g/ton cana	De 106,84 para 11,94
S A 9860 trat (pol. trat. caldo) - g/ton cana	De 8,11 para 6,50
Polímero - g/ton cana	De 8,16 para 6,5
Cal virgem - g/ton cana	De 616,05 para 560
Ácido Sulfúrico - g/L (álcool)	9,64 (sem redução)

O dispersante teve uma redução no consumo de 79%, o antibiótico 90% após implantação e padronização do processo de assepsia na moenda e tanque de caldo clarificado. A soda cáustica alcançou redução de 40%. O ácido fosfórico passou a ser utilizada não mais para limpezas diárias, mas sim semanais e posteriormente quinzenais, representando uma redução de 89%.

O polímero do sistema de filtração após a padronização teve redução de 20%. A cal virgem depois de trocada de pedra para micro pulverizada e os paletes movidos do local de armazenamento, mantendo-os limpos e organizados, a redução foi de 8%. O ácido sulfúrico não apresentou alteração no consumo específico.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa utilizou a metodologia PDCA como ferramenta de gestão para reduzir a utilização de insumos químicos, melhorar a tomada de decisões na liderança e de seus processos, e profissionalizar operadores em uma usina sucroenergética.

Um plano de ação foi elaborado para solucionar os problemas que causavam prejuízo no sistema produtivo. Nesse plano foram contemplados encontros de treinamentos para qualificar operadores com o objetivo de padronizar o sistema de utilização de insumos.

Na intervenção foram realizadas algumas experiências como por exemplo, substituições de alguns insumos no processo para obter as mesmas características do produto mais com menor quantidade utilizada, como foi o caso do

uso do polímero nos decantadores, dispersante e antiespumante; a cal utilizada foi substituída por outra variedade de insumos de forma a reduzir os resíduos depois do processo de hidratação; os paletes localizados na área de armazenamento foram trocados para evitar o rompimento das bolsas de cal e, assim eliminar os desperdícios que podem gerar; o sistema de entrega de cargas de cal foi modificado para melhorar o sistema de rotatividade. As concentrações do ácido fosfórico e da soda cáustica foram redefinidas nas soluções de limpeza para serem utilizadas mais vezes, e no caso, do ácido fosfórico, o período de utilização foi modificado dependendo da eficiência dos equipamentos. No procedimento de assepsia nos tanques de caldo e na moenda, o ácido sulfúrico e o antibiótico foram reduzidos para evitar que o caldo chegue até a fermentação com infecção elevada. Finalmente, foi sugerido a redução do volume nas dornas e cubas para reduzir o consumo de dispersante e antiespumante.

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível conscientizar os funcionários da importância de não pular etapas (executar cada uma no seu momento), descrever detalhadamente a meta requerida e os passos para o alcance das mesmas. Além disso, foi possível manter os colaboradores que tem contato direto com a execução das atividades informados dos indicadores fora da meta, das ações implementadas, da responsabilidade deles com o resultado, alcançando assim mais motivação e parceria.

As ações propostas no plano foram seguidas e, dessa forma, o objetivo da pesquisa foi atingido: índice de utilização de insumos melhorado, refletindo na redução de custos operacionais.

Como limitação da pesquisa, pode-se destacar a complexidade na gestão de pessoas, já que em diversas etapas eram necessários o consentimento e apoio de diversas áreas da usina que trabalham em diferentes turnos. No entanto, com a participação ativa na pesquisa, foi possível planejar e concluir as atividades.

Como sugestão para futuras pesquisas, pode-se realizar uma análise financeira dos custos envolvidos em reais por tonelada de cana.

## VI. REFERÊNCIAS

ANHOLON, R.; RAMPASSO I. S.; ORDONEZ, R. E. C.; SILVA, D.; QUELHAS, O. L. G.; FILHO, W. L. Observed difficulties during implementation of quality management systems in Brazilian manufacturing companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, p. 149-167, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2016-0167>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9001**: sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9001**: sistemas de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 28p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 10014**: Gestão da qualidade – Diretrizes para a percepção de benefícios financeiros e econômicos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BERNARDES, E.; MUNIZ JUNIOR, J.; NAKANO, D. **Pesquisa qualitativa em engenharia de produção e gestão de operações**. São Paulo: Atlas, 2018.

- BONATO, S. V.; CATEN, C. S. T. Diagnóstico da integração dos sistemas de gestão ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. **Production**, v. 25, n. 3, p. 626-640, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.004811>>. Acesso em: 18 set. 2018.
- CASTILLO-PECES, C.; MERCADO-IDOETA, C.; PRADO-ROMAN, M.; CASTILLO-FEITO, C. The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO 9001 standards. **European Research on Management and Business Economics**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.iemeen.2017.02.002>>. Acesso em: 21 ago. 2018.
- CAUCHICK-MIGUEL, P. A. **Metodologia científica para engenharia**. Amsterdã: Elsevier, 2019.
- DELLANA, S.; KROS, J. ISO 9001 and supply chain quality in the USA. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 67, n. 2, p. 297-317, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJPPM-05-2015-0080>>. Acesso em: 02 out. 2018.
- DEMING, W. E. **The New Economics for Industry, Government, and Education**. Cambridge: MIT Press, 2000.
- GHAFFERI, A. A. Surgical Collaboratives for Quality Improvement. **Surgical Oncology Clinics of North America**. In Press. 2018.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GOETSCH, D. L.; DAVIS, S. **Quality management for organizational excellence: introduction to total quality**. 7. ed. London: Pearson, 2015.
- GORENFLO, G., MORAN, J. W. **The ABCs of PDCA**. Minnesota: Accreditation Coalition, 2009.
- ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control**. 2. ed. Asian Productivity Organization, 1986.
- JURAN, J. M. **Juran's Quality Handbook**, 5 ed. New York: McGraw-Hill Professional, 1998.
- KUMAR, P.; MAITI, J.; GUNASEKARAN, A. Impact of quality management systems on firm performance. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 35, n. 5, p. 1034-1059, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/IJQRM-02-2017-0030>>. Acesso em: 31 mai. 2019.
- LI, Charlene. Groundswell. Winning in a world transformed by social technologies. **Strategic Direction**, v. 26, n. 8, 2010.
- LUDWIG, A. C. W. **Fundamentos e prática de metodologia científica**. Petrópolis: Vozes, 2015.
- MARTÍNEZ-COSTA, M.; CHOI, T. Y.; MARTÍNEZ, J. A.; MARTÍNEZ-LORENTE, A. R. ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 6, p. 495-511, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.04.002>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
- MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical process control**. 6 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- REFAAT, R.; EL-HENAWY, I. M. Innovative method to evaluate quality management system audit results' using single value neutrosophic number. **Cognitive Systems Research**, In press, 2018.
- SAMPAIO, N. A. S. *et al.* Implementação de controle estatístico de apertadeiras em uma indústria automotiva: estudo de caso. **Revista Sodebras [on line]**, v. 14, n. 163, p. 22-25, 2019. ISSN 809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.163.22>
- SCHUMPETER, J. A.; MCDANIEL, B. **The nature and essence of economic theory**. Piscataway: Transaction Publications, 2009.
- TAGUE, N. R. **The Quality Toolbox**. 2 ed. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2004.

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 05/11/2019*

*Aprovado em: 30/11/2019*

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO SIMPLIFICADO PARA A ATIVIDADE ELETROMECCÂNICA CARDÍACA

### DEVELOPMENT OF A SIMPLIFIED MODEL FOR HEART ELECTROMECHANIC ACTIVITY

JOÃO GABRIEL ROCHA SILVA<sup>1,2</sup>; CAROLINA RIBEIRO XAVIER<sup>3</sup>;  
RICARDO SILVA CAMPOS<sup>2</sup>; RODRIGO WEBER DOS SANTOS<sup>2</sup>

1 – INSTITUTO FEDERAL DE MATO GROSSO; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA;  
3 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

*joao.silva@plc.ifmt.edu.br; carolrx@gmail.com; cadimjf@gmail.com; rodrigo.weber@yahoo.com.br*

**Resumo** – Para o estudo do comportamento e medidas fisiológicas relacionados ao coração faz-se necessário uma análise e interpretação de sua atividade eletromecânica. Neste sentido, modelos matemático-computacionais são amplamente utilizados. Entretanto, estes modelos podem ser altamente custosos computacionalmente fazendo com que modelos simplificados, com um número menor de equações diferenciais, seja aplicado. Neste trabalho, é proposto um modelo matemático simplificado baseado em outros modelos simplificados da literatura. O modelo apresentado possui resultados qualitativos satisfatório inclusive quando simulado com diferentes períodos de potencial de ação.

**Palavras-chave:** Eletromecânica. Modelagem Computacional. Modelos Simplificados.

**Abstract** - To study the behavior and physiological measurements related to the heart, it is necessary to analyze and interpret its electromechanical activity. In this sense, mathematical-computational models are widely used. However, these models can be highly computationally costly and simplified models with fewer differential equations are applied. This paper proposes a simplified mathematical model based on other simplified models in the literature. The model presented has satisfactory qualitative results even when simulated with different periods of action potential.

**Keywords:** Electromechanical. Computational Modeling. Simplified Models.

#### I. INTRODUÇÃO

O coração é um dos principais órgãos do corpo humano, caracterizado como um músculo que é capaz de bombear sangue para todo o corpo, permitindo assim, o carregamento de nutrientes por parte de cada célula Berg *et al.* (2018).

Em uma questão anatômica o coração pode ser dividido em quatro grandes câmaras, dois átrios e dois ventrículos, os átrios possuem a função de receber o sangue do organismo enquanto os ventrículos possuem a função de expelir este sangue oxigenado para o corpo.

Um fator preocupante relacionado ao coração consiste em estatísticas envolvendo doenças relacionadas ao órgão. Estima-se que em 2013, doenças cardíacas em suas variações atingiram mais de 17,3 milhões de mortes no mundo. Esta taxa representa em torno de 31% de óbitos

registrados no ano caracterizando a maior causa de mortes no ano estudado Association *et al.* (2017). Outras informações sobre estatísticas de problemas relacionados a doenças cardíacas podem ser encontradas em: Benjamin *et al.* (2019), Felker *et al.* (2019), Tomaniak *et al.* (2019) e Chow *et al.* (2018).

Outro fator a se discutir é relacionado ao custo financeiro envolvendo pesquisas relacionados ao estudo, diagnóstico e tratamento relacionado à patologias cardíacas. Como por exemplo, em 2010, em torno de US\$ bilhões de dólares foram investidos neste sentido Go *et al.* (2014).

Além do fato dos estudos envolvendo o coração serem de alto custo financeiro, estes procedimentos podem ser realizados de forma invasiva e desgastante para o paciente, como por exemplo, o implante de marca-passos Izutani *et al.* (2002). Visto isto, modelos computacionais vêm sendo aplicados visando a possibilidade de teste de drogas, equipamentos e geração de diagnósticos com um menor custo financeiro e um menor desgaste do paciente Nataraj *et al.* (2012).

Modelos matemático-computacionais são modelos escrito através de equações matemáticas (diferenciais ordinárias, algébricas entre outras) com o intuito de, a partir de uma implementação computacional para a matemática proposta simular um determinado fenômeno.

No âmbito do coração, modelos matemáticos são aplicados para o estudo de diferentes fenômenos, como por exemplo: geração de potencial de ação Ten Tusscher *et al.* (2004) e estudo de propagação elétrica em redes de Purkinje Ulysses *et al.* (2018).

Com o objetivo de desenvolver modelos computacionais para o estudo da atividade eletromecânica cardíaca (acoplamento entre o sistema elétrico e o sistema mecânico) diversos modelos foram propostos. Entretanto, grande parte deles devido à alta quantidade de aspectos físico-químicos considerados, possuem alto custo computacional.

Este trabalho, apresenta um novo modelo para a atividade eletromecânica simplificado, isto é, com menos equações para representação do fenômeno, visando uma reprodução qualitativa da atividade mecânica apresentada por modelos complexos. Este modelo, é baseado em outros modelos simplificados da literatura.

## II. ELETROMECCÂNICA CARDÍACA

A atividade eletromecânica cardíaca pode ser descrita a partir de um potencial de ação, que consiste em um estímulo elétrico gerado por diferenças de concentrações iônicas entre o meio intra e extra-celular possibilitando um deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina produzindo uma contração no músculo cardíaco. Nesta seção serão descritas as atividades elétricas (potencial de ação) e mecânica (contração celular).

### 2.1 – O Potencial de Ação

O potencial de ação consiste em um estímulo elétrico gerado por trocas de concentrações iônicas entre o meio intra e extra-celular, principalmente por íons de sódio e potássio. Este fenômeno é específico de células excitáveis, como: músculos e neurônios. A rápida propagação do potencial de ação por todo o coração é responsabilidade de células específicas que espalhem o efeito elétrico por todo o órgão Watson *et al.* (2018).

Um período do potencial de ação é descrito em cinco fases: o repouso, que é o estado onde existe um equilíbrio entre os potenciais entre os meios intra e extra-celular. A despolarização, compreendida por um rápido crescimento na voltagem causado por um influxo de sódio. A repolarização inicial, que é uma pequena repolarização causada pelo efluxo de potássio e cálcio. O platô, que mantém uma estabilidade entre os meios intra e extra-celular sustentados por um influxo de cálcio. E a repolarização, onde ocorre uma forte queda na voltagem causada por um efluxo de sódio.

### 2.2 – Contração Celular

Os sarcômeros são unidades fundamentais para contração celular. Estes estão contidos nos miócitos cardíacos. Além disso, os sarcômeros são unidades que contêm filamentos de actina e miosina, o deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina provocam o encurtamento dos sarcômeros (contração das fibras musculares). Esta contração é iniciada por um estímulo elétrico, este estímulo causa o aumento de cálcio no meio intracelular causando o deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina causando a contração.

## III. MODELOS COMPUTACIONAIS PARA A ELETROMECCÂNICA CARDÍACA

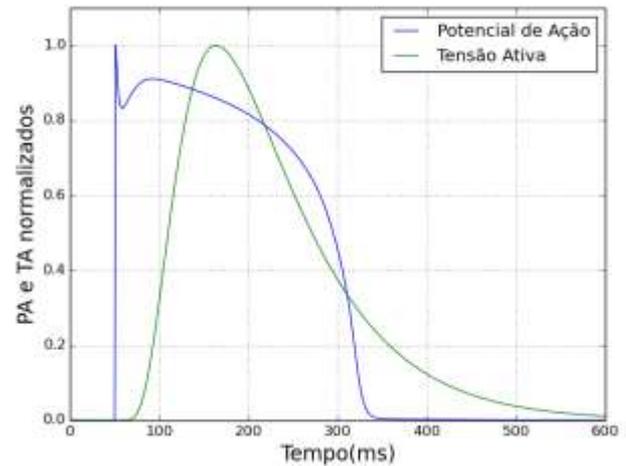
Modelos computacionais para o desenvolvimento da atividade eletromecânica cardíaca são geralmente baseados em dois modelos: um para a parte elétrica (geração de potencial de ação), outro para a parte mecânica (contração celular). Nesta sessão serão descritos modelos computacionais acoplados apresentados na literatura e estudos que basearam o presente trabalho.

### 3.1 – O modelo de Lino (2010)

Em de Oliveira *et al.*, (2010) foi proposto um modelo acoplado para a eletromecânica cardíaca baseado em dois modelos da literatura, para a parte elétrica Ten Tusscher *et al.* (2004) com mais de 19 equações diferenciais. Para a parte mecânica o modelo utilizado foi o proposto por Rice *et al.* (2008) apoiado por 11 equações diferenciais e mais de 45 equações algébricas. Para o acoplamento entre os modelos

foi necessário um ajuste de parâmetros feito por um algoritmo genético. A Figura 1 apresenta o potencial de ação e a tensão ativa (contração) desenvolvido por de Oliveira *et al.* (2010). O resultado foi descrito como satisfatório pelos autores baseados no fato de dados experimentais de humanos estarem com valores próximos à esta simulação.

Figura 1 - Potencial de Ação e Tensão Ativa desenvolvido em de Oliveira *et al.* (2010)



Fonte: Autores, 2019.

### 3.2 – Iribe (2006)

Outro modelo computacional acoplado foi apresentado em Iribe *et al.* (2006). Este modelo utiliza-se do modelo para geração de potencial elétrico proposto por Noble *et al.* (1991), trata-se de um modelo complexo, com muitas considerações e inúmeras equações diferenciais para apoio à representação.

Quanto à parte mecânica, o modelo de (RICE *et al.*, 1999) foi utilizado. Este, baseado em 7 equações diferenciais e 19 equações algébricas.

Para o acoplamento dos modelos a proposta utilizada baseia-se na concentração de cálcio intracelular, outras considerações podem ser verificadas em Iribe *et al.* (2006).

### 3.3 – Silva (2017)

Em Silva *et al.* (2017) são propostos dois modelos simplificados para o acoplamento eletromecânico cardíaco, estes modelos foram baseados no modelo celular de (TEN TUSSCHER *et al.*, 2004) acoplado a modelos para tensão ativa simplificados da literatura, gerando o Modelo A, baseado em Nash e Panfilov (2004) e Modelo B, baseado em Göktepe e Kuhl (2010).

Estes modelos foram criados a partir de quatro etapas complementares, e são apoiados por apenas 2 equações diferenciais ordinárias e 3 equações algébricas para a parte mecânica. No acoplamento, um algoritmo genético foi utilizado com o intuito de aproximar a curva de tensão ativa destes modelos simplificados do modelo detalhado de de Oliveira *et al.* (2010).

#### IV. MODELO PROPOSTO

Baseado no estudo dos modelos acoplados mencionados, propusemos uma modificação nos modelos A e B de Silva *et al.* (2017) trabalhando em uma equação algébrica em cada um dos modelos (a única equação que difere o Modelo A do B) baseado no fato do comportamento desta equação após o ajuste via algoritmo genético ter o comportamento similar ao de uma constante. A Equação 1 no Modelo A e a Equação 2 no Modelo B serão substituídas por uma constante ( $c_0$ ) gerando um único Modelo, denominado Modelo C, que é descrito pelas Equações de 3 a 6 com destaque nos parâmetros que serão submetidos a ajustes via algoritmo genético, estas equações correspondem respectivamente a: (3) Tensão Ativa Intermediária, (4) Tensão Ativa, (5) controle de transição da tensão ativa e (6) função de acoplamento junto ao potencial de Ação. Para maiores detalhes, os significados biológicos de cada variável e função pode ser visto em S

Nesta proposta, o modelo utilizado para a geração de potencial de ação (elétrica) permanece o utilizado por Silva *et al.* (2017), o modelo celular de Ten Tusscher *et al.*, (2004).

$$\varepsilon_0(V) = \{e_0 \text{ para } V < e_t, 10e_0 \text{ para } V \geq e_t\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_0(V) = e_0 + (e_\infty - e_0) e^{-\xi(V - v_s)} \quad (2)$$

$$dT_{ai}/dt = c_0 (k(V) - T_{ai}) \quad (3)$$

$$dT_a/dt = \varepsilon_1(V, T_{ai})(T_{ai} - T_a) \quad (4)$$

$$\varepsilon_1(V, T_{ai}) = x_1 \text{ para } V > x_2 \text{ e } T_{ai} < x_3 \quad (5)$$

$$k(V) = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) e^{-(1/2)((V-1)/\sigma)^2} \quad (6)$$

#### V. RESULTADOS ALCANÇADOS

Dois experimentos foram realizados para a validação do novo modelo proposto. Nesta sessão segue a descrição e resultados de cada um deles.

##### 5.1 – Experimento 1

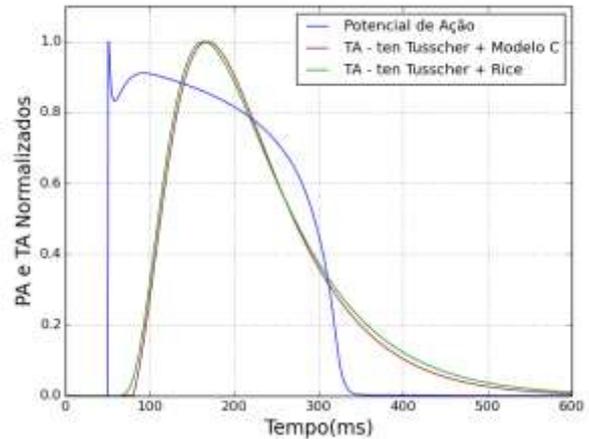
O primeiro experimento consiste na submissão dos parâmetros do modelo a ajuste via algoritmo genético com o intuito de reproduzir os resultados alcançados pelos Modelos A e B de Silva *et al.* (2017) por parte do Modelo proposto C. Onde busca-se a minimização da diferença entre a tensão ativa para este modelo simplificado quando comparado ao modelo complexo desenvolvido em de Oliveira *et al.* (2010).

A Figura 2 apresenta a tensão ativa para o modelo eletromecânico proposto a partir do ajuste de parâmetros realizados via algoritmo genético. Nota-se que o novo modelo consegue um desempenho satisfatório quando comparado ao modelo complexo de de Oliveira *et al.* (2010) e também quando comparado aos modelos de Silva *et al.* (2017) onde para estes, uma equação algébrica é diminuída. Os valores de parâmetros encontrados pelo algoritmo genético para o modelo C foram, respectivamente:  $c_0 = 0.016602$ ,  $\sigma = 0.042969$ ,  $x_1 = 0.0001$ ,  $x_2 = 0.827044$  mV,  $x_3 = 0.209961$ .

##### 5.2 – Experimento 2

O segundo experimento consiste na reprodução da tensão ativa gerada pelo modelo acoplado de Iribe *et al.* (2006) utilizando o Modelo proposto neste trabalho para diferentes períodos de potencial de ação utilizando o algoritmo genético para ajuste de parâmetros.

Figura 2 - Potencial de Ação e Tensão Ativa para o modelo eletromecânico C após ajuste via algoritmo genético

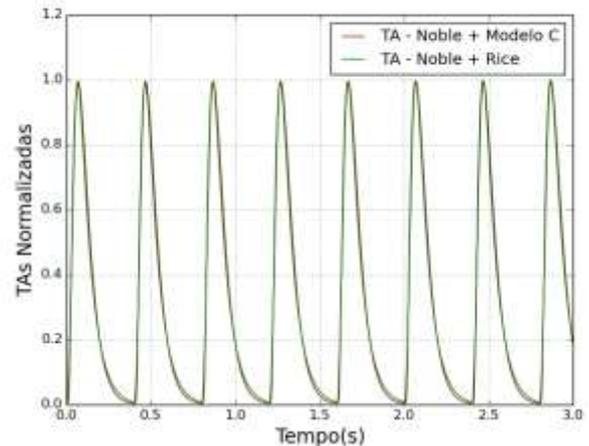


Fonte: Autores, 2019.

A Figura 3 apresenta as tensões ativas (contração) geradas pelo modelo C para os períodos de duração do potencial de ação no estado estacionário para 0.4 ms comparado à tensão ativa para os mesmos períodos propostos pelo modelo de Iribe *et al.* (2006) (Noble+Rice).

Os valores de parâmetros encontrados pelo algoritmo genético para o modelo C no período de 0.4ms de duração de potencial da ação foram, respectivamente:  $c_0 = 0.023438$ ,  $\sigma = 0.053711$ ,  $x_1 = 0.008789$ ,  $x_2 = 0.646485$  mV,  $x_3 = 0.655274$ .

Figura 3 - Tensões ativas para o modelo C e o Modelo proposto por Iribe *et al.* (2006) para o período de 0.4 ms.

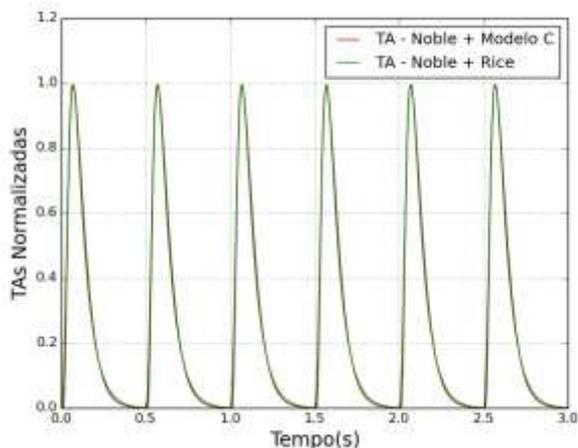


Fonte: Autores, 2019.

A Figura 4 apresenta as tensões ativas (contração) geradas pelo modelo C para os períodos de duração do potencial de ação no estado estacionário para 0.5 ms comparado à tensão ativa para os mesmos períodos propostos pelo modelo de Iribe *et al.* (2006) (Noble+Rice).

Os valores de parâmetros encontrados pelo algoritmo genético para o modelo C no período de 0.5 ms de duração de potencial da ação foram, respectivamente:  $c_0 = 0.022461$ ,  $\sigma = 0.037109$ ,  $x_1 = 0.003906$ ,  $x_2 = 0.952149$  mV,  $x_3 = 0.921875$ .

Figura 4 - Tensões ativas para o modelo C e o Modelo proposto por Iribe *et al.* (2006) para o período de 0.5 ms

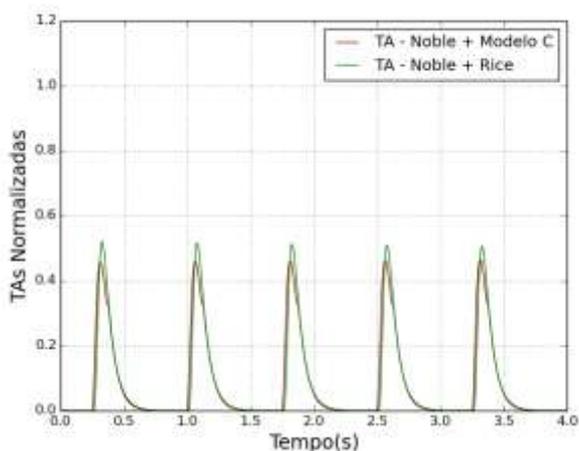


Fonte: Autores, 2019

A Figura 5 apresenta as tensões ativas (contração) geradas pelo modelo C para os períodos de duração do potencial de ação no estado estacionário para 0.75 ms comparado à tensão ativa para os mesmos períodos propostos pelo modelo de Iribe *et al.* (2006) (Noble+Rice).

Os valores de parâmetros encontrados pelo algoritmo genético para o modelo C no período de 0.5 ms de duração de potencial da ação foram, respectivamente:  $c_0 = 0.020508$ ,  $\sigma = 0.013672$ ,  $x_1 = 0.003906$ ,  $x_2 = 0.017578$  mV,  $x_3 = 0.996094$ .

Figura 5 - Tensões ativas para o modelo C e o Modelo proposto por Iribe *et al.* (2006) para o período de 0.75 ms.



Fonte: Autores, 2019.

É possível observar nas Figuras 3, 4 e 5 que o modelo proposto reproduz de forma satisfatória qualitativamente a tensão ativa do modelo apresentado por Iribe *et al.* (2006) com a vantagem de contar com 5 equações diferenciais e 17 equações algébricas a menos.

## VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho propusemos um novo modelo simplificado para a atividade eletromecânica cardíaca. Este, com um menor custo computacional quando comparados a outros modelos da literatura, visto basear-se em menos equações para representação.

O modelo apresentado possui um bom desempenho quando submetido à comparações qualitativas diretas com outros modelos computacionais simplificados, bem como quando comparados a diferentes períodos de potencial de ação no estado estacionário.

Trabalhos futuros a serem desenvolvidos consistem na implementação de novas heurísticas para ajuste de parâmetros do modelo, como por exemplo: grasp e evolução diferencial. Além disso, propor um modelo simplificado específico para geração de potencial de ação, gerando assim um modelo com ainda menos equações diferenciais.

## VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT).

## VIII. REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION A.H. *et al.* **Heart disease and stroke statistics 2017 at-a-glance**. Geraadpleegd van: [https://healthmetrics.heart.org/wp-content/uploads/2017/06/Heart-Disease-and-Stroke-Statistics-2017-ucm\\_491265.pdf](https://healthmetrics.heart.org/wp-content/uploads/2017/06/Heart-Disease-and-Stroke-Statistics-2017-ucm_491265.pdf), 2017.
- BENJAMIN, E. J.; Paul M.; BITTENCOURT M. S. **Heart disease and stroke statistic-2019 update: a report from the American Heart Association**; Circulation 139.10. 2019.
- BERG, L.A. *et al.* **Estudo da propagação elétrica em fibras de purkinje**. Juiz de Fora. 2018.
- CHOW, Eric J. *et al.* Prediction of ischemic heart disease and stroke in survivors of childhood cancer. **Journal of Clinical Oncology**, v. 36, n. 1, p. 44, 2018.
- DE OLIVEIRA B.L., SUNDNES J.; DOS SANTOS R.W. The development of a new computational model for the electromechanics of the human ventricular myocyte. Em Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 **Annual International Conference of the IEEE**, páginas 3820–3823. IEEE, 2010.6
- FELKER, G. M; MANN, D. L. **Heart Failure: A Companion to Braunwald's Heart Disease E-Book**. Elsevier Health Sciences, 2019.
- GO A.S.; MOZAFFARIAN D.; ROGER V.L.; BENJAMIN E.J.; BERRY J.D.; BLAHA M.J.; DAI S.; FORD E.S.; FOX C.S., *et al.* **Heart disease and stroke statistics - 2014 update: a report from the american heart association**. circulation, 129(3):e28, 2014.
- GÖKTEPE S.; KUHL E. Electromechanics of the heart: a unified approach to the strongly coupled excitation–contraction problem. **Computational Mechanics**, 45(2):227–243, 2010.

IRIBE G.; KOHL P.; NOBLE D. Modulatory effect of calmodulin-dependent kinase ii (camkii) on sarcoplasmic reticulum ca<sup>2+</sup> handling and interval–force relations: a modelling study. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 364(1842):1107–1133, 2006.

IZUTANI H.; QUAN K.J.; BIBLO L.A.; GILL I.S. **Biventricular pacing for congestive heart failure:** early experience in surgical epicardial versus coronary sinus lead placement. *The heart surgery forum*, 6(1):E1–6; discussion E1–6, 2002. ISSN 1522-6662. PMID: 12611737.

NASH M.P.; PANFILOV A.V. Electromechanical model of excitable tissue to study reentrant cardiac arrhythmias. ***Progress in biophysics and molecular biology***, 85(2):501–522, 2004.

NATARAJ C.; JALALI A.; GHORBANIAN P. **Application of computational intelligence techniques for cardiovascular diagnostics.** Em *The Cardiovascular System-Physiology, Diagnostics and Clinical Implications*. InTech, 2012.

NOBLE D.; NOBLE S.; BETT G.; EARM Y.; HO W.; SO I. The role of sodium-calcium exchange during the cardiac action potential. ***Annals of the New York Academy of Sciences***, 639(1):334–353, 1991.

RICE J.J.; WANG F.; BERS D.M.; DE TOMBE P.P. Approximate model of cooperative activation and crossbridge cycling in cardiac muscle using ordinary differential equations. ***Biophysical journal***, 95(5):2368–2390, 2008.

RICE J.J.; WINSLOW R.L.; HUNTER W.C. Comparison of putative cooperative mechanisms in cardiac muscle: length dependence and dynamic responses. ***American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology***, 276(5):H1734–H1754, 1999.

SILVA J.G.R.; ROCHA B.M.; CAMPOS R.S.; XAVIER C.R.; DOS SANTOS R.W. **Modelos simplificados para acoplamento eletromecânico de miócito cardíaco.** Em *XXIII Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones*. 2017.

SILVA J. G. R. *et al.* **Modelos simplificados para acoplamento eletromecânico do coração.** Juiz de Fora. 2018.

TEN TUSSCHER K.; NOBLE D.; NOBLE P.; PANFILOV A.V. A model for human ventricular tissue. ***American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology***, 286(4):H1573–H1589, 2004.

TOMANIAK, M. *et al.* **Clinical practice and ethics vs. statistics:** considerations on Heart Team’s decision testing study. *European heart journal*, 2019.

ULYSSES J.N.; BERG L.A.; CHERRY E.M.; LIU B.R.; DOS SANTOS R.W.; DE BARROS B.G.; ROCHA B.M.; DE QUEIROZ R.A. An optimization-based algorithm for the construction of cardiac purkinje network models. ***IEEE Transactions on Biomedical Engineering***, 65(12):2760–2768, 2018.

WATSON, B. O.; DING, M.; BUZSÁKI, G. Temporal coupling of field potentials and action potentials in the neocortex. ***European Journal of Neuroscience***, v. 48, n. 7, p. 2482-2497, 2018.

## IX. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 01/11/2019*

*Aprovado em: 10/12/2019*

## IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ÁCIDAS E BÁSICAS DE DIFERENTES SUBSTÂNCIAS USANDO INDICADORES NATURAIS

### IDENTIFICATION OF ACID AND BASIC CHARACTERISTICS OF DIFFERENT SUBSTANCES USING NATURAL INDICATORS

JÉSSICA SANTOS SILVA<sup>1</sup>; CAMILA DOS SANTOS DE JESUS<sup>1</sup>; GISELE APOLINÁRIO MENDES<sup>1</sup>; KARINA RIBEIRO FERREIRA<sup>1</sup>; FERNANDA CRISTINA DA COSTA KUNIZAKI<sup>1</sup>; MAÍRA APARECIDA ALVES BELIZÁRIO<sup>1</sup>; JOCÉLIA PEREIRA DE CARVALHO OLIVEIRA<sup>1</sup>

1 – UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE QUÍMICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, REGIONAL CATALÃO, UAEQ/UFG/CATALÃO, GOIÁS - BRASIL

*jessicassilva1@outlook.com; camilasanje.sj@gmail.com; gysellemendes01@gmail.com; karinnaribeiro01@gmail.com; fernanda.costa@msn.com; mairabelizario@gmail.com; joceliapereira@ufg.br*

**Resumo** - Este trabalho descreve o preparo de três soluções indicadoras ácido-base obtidas de: beterraba, hibisco e cascas da berinjela, como sugestão de aula experimental visando auxiliar estudantes a compreender melhor o conteúdo de ácidos e bases. Despertar interesse nos estudantes relacionando teoria e prática, com uso de materiais de fácil acesso e baixo custo pode significar uma alternativa didática viável, inclusive, na própria sala de aula. Os indicadores naturais foram utilizados em uma aula experimental para alunos da 1ª série do Ensino médio de uma escola Estadual do município de Catalão-GO. Após a aula prática, foi aplicado um questionário para avaliação da metodologia utilizada. As análises mostraram que a maioria dos estudantes considerou a utilização do experimento produtivo e todos afirmaram ser possível identificar o caráter ácido ou básico das amostras pela mudança de coloração observada.

**Palavras-chave:** Ensino de Química. Experimentação. pH.

**Abstract** - This work describes the preparation of three acid-base indicator solutions obtained from: beets, hibiscus and eggplant peels, as a suggestion of an experimental class aiming to help students better understand the content of acids and bases. Raising interest in students by linking theory and practice with the use of easily accessible and inexpensive materials can mean a viable didactic alternative, even in the classroom itself. The natural indicators were used in an experimental class for students of the 1st grade of a high school of a state school in the city of Catalão-GO. After the practical class, a questionnaire was applied to evaluate the methodology used. The analyzes showed that most students considered the use of the productive experiment and all stated that it was possible to identify the acidic or basic character of the samples by the observed color change.

**Keywords:** Chemistry Teaching. Experimentation. pH.

#### I. INTRODUÇÃO

A utilização de atividades experimentais no processo ensino/aprendizagem para o Ensino de química na Educação Básica tem se destacado na busca de formas mais motivadoras e construtivas de aprendizagem em relação aos conteúdos de Química ministrados pelos professores em sala de aula.

A Química é uma ciência com elevado grau de abstração, que pode levar os estudantes a terem dificuldades

para a compreensão de fenômenos em escala microscópica ou macroscópica. Dessa forma, muitas vezes, os alunos não conseguem compreender ou associar o seu cotidiano ao conteúdo ministrado pelo professor. A possibilidade de o professor estabelecer elos entre a teoria trabalhada em sala de aula, a prática experimental e a contextualização é bastante importante, pois são aspectos que devem ser levados em conta para a construção de um aprendizado mais efetivo (MOTA E CLEOPHAS, 2014).

Apesar das atividades experimentais serem importantes no ensino de ciências, a falta de recursos e de estrutura das escolas (falta de laboratório e reagentes) têm limitado os professores a utilizarem esse recurso (BUENO E KOVALICZN, 2008; PEREIRA *et al.*, 2017). Para contornar essa situação, professores podem aplicar experimentos em sala de aula ou em espaços não formais, utilizando materiais simples e de fácil acesso (MOTA E CLEOPHAS, 2014).

Tal prática é importante, pois torna o aluno sujeito ativo do processo educativo e passa a ser entendido como o centro desse processo em uma modalidade de ensino que possui princípios pedagógicos, metodológicos, epistemológicos, teóricos e filosóficos, dentro de uma pedagogia própria para ensinar e aprender (PEREIRA *et al.*, 2016). A aprendizagem deve ocorrer de maneira significativa, despertando a motivação e o interesse dos alunos, dessa forma, deve-se acreditar na possibilidade de uma aprendizagem efetiva e prazerosa (FERNANDES *et al.*, 2017). Uma dessas propostas sugere utilizar materiais alternativos para o preparo de aula experimental, por exemplo, para abordar Ácidos e Bases, conteúdo estudado no Ensino médio.

Os ácidos e as bases estão entre os compostos mais comuns, sendo que muitos são substâncias industriais ou domésticas, e alguns deles são componentes dos líquidos biológicos (BROW *et al.*, 20016). A utilização de um método visual de mudança de coloração, com o auxílio de indicadores de pH, é uma forma qualitativa para identificar se substâncias correspondem a ácidos ou bases (CUCHINSKI *et al.*, 2010).

Indicadores ácido-base naturais são substâncias orgânicas, fracamente ácidas ou fracamente básicas, encontradas em flores de plantas ou na casca das frutas (BACCAN *et al.*, 2001; ZAN *et al.*, 2017). A beterraba, a casca da berinjela e o hibisco são exemplos de indicadores naturais que podem ser utilizados para ensinar os conceitos de ácidos e bases (VITTI *et al.*, 2003; CUCHINSKI *et al.*, 2010).

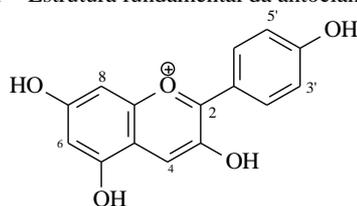
Os extratos ácido-base naturais (indicadores de pH) apresentam em sua composição pigmentos chamados de antocianinas. As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides que na forma de sais do cátion flavílico, absorvem na região visível num comprimento de onda compreendido entre 465 a 530 nm (VARGAS *et al.*, 2000; UCHÔA *et al.*, 2016; ALBARICI *et al.*, 2006). A palavra antocianina é de origem grega (anthos, uma flor, e kyanos, azul escuro). Depois da clorofila, as antocianinas são o grupo mais importante de pigmentos de origem vegetal. Esta substância compõe o maior grupo de pigmentos solúveis em meio aquoso do reino Plantae (HARBORNE; GRAYER, 1988; BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997; UCHÔA *et al.*, 2016).

Antocianinas são espécies glicosídicas que possuem grande variedade de colocação que pode ser azul, vermelha e roxa em flores, folhas e frutos, apresentam solubilidade em água e instabilidade a altas temperaturas. Em condições ácidas as antocianinas individuais apresentam coloração rosa ou vermelha até a sua variação em condições alcalinas apresentando pigmentos azuis ou amarelados (MARTINS E SANTOS, 2018). As variadas cores exibidas pelos vegetais que contêm antocianinas dependem da influência de fatores, como, a presença de outros pigmentos na composição do vegetal, de quelatos com cátions metálicos e do pH do fluido da célula vegetal (TERCI E ROSSI, 2002; ZAHREDDINE *et al.*, 2018).

As moléculas de antocianinas contêm estruturas em anel que absorvem luz, e assim atuam como filtros solares, protegendo as células da planta. A luz que não é absorvida pelas antocianinas é refletida, e assim a flor ou fruto têm cor. Estas cores também atraem polinizadores e dispersores de sementes e têm por isso um papel importante no ciclo reprodutivo da planta (SHIMAMOTO E ROSSI, 2015).

A estrutura geral das antocianinas é policíclica de 15 átomos de carbono com o cátion flavílico (2-fenilbenzopirílio), com a presença de hidroxilas livres nas posições 3, 5 e 7 (Figura 1), na qual os substituintes que se ligam definem a estrutura de cada antocianina e um ácido orgânico (SANTOS, 2017).

Figura 1 – Estrutura fundamental da antocianina



Fonte: Simões, 2007.

A característica marcante dessa classe de compostos está ligada ao fato das soluções aquosas de extratos que contenham pigmentos ricos em antocianinas, apresentarem variação estrutural e mudança na função conforme as alterações de pH do meio, elas absorvem fortemente luz na região visível do espectro, evidenciando uma gama de cores

(BROUILLARD, 1982). As antocianinas possuem coloração rosa ou avermelhada em meio ácido, lilás ou violeta em meio neutro e amarelo ou azul em condições alcalinas (TERCI *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2012).

Vários exemplos de indicadores naturais ácido-base extraídos de partes de plantas já foram descritos na literatura como indicadores de pH capazes de substituir os de origem sintética, dentre os quais o mais testado e descrito é o extrato do repolho roxo (ZAHREDDINE *et al.*, 2018). Extratos de diversas outras espécies são relatados na literatura, Arcanjo e coautores (2017) estudaram os pigmentos naturais de *E. coiiniifolia*, *C. terminales* e *A. cruentus* ao testá-los em amostras do cotidiano como: vinagre, água sanitária e creme dental e observaram que esses extratos podiam ser utilizados como indicadores de ácido-base em possíveis aulas experimentais realizadas em sala de aula.

As propriedades de três espécies de flores (*Rosa setigera*, *Allamanda cathartica* e *Hibiscus rosa-sinensis*) foram testadas por Okoduwa e coautores (2015). Os pigmentos das flores das três espécies foram extraídos a frio e a partir dos resultados obtidos, todos os extratos exibiram contraste nítido entre suas cores em meio ácido ou básico, sendo considerados ótimos candidatos a substituir indicadores sintéticos (OKODUWA *et al.*, 2015).

Uma coleção de propostas de indicadores foi apresentada no trabalho de Martins e coautores (2017), onde foram testados os extratos de quatro tipos de legumes: cebola roxa, repolho roxo, beterraba e berinjela na busca de uma abordagem motivadora, fortalecendo o processo de ensino-aprendizagem e reforçando os princípios de química verde ao não gerar resíduos tóxicos como subprodutos.

O açaí, fruto tipicamente brasileiro, já foi utilizado para a extração de pigmentos e obtenção de indicador ácido-base natural, por se tratar de um fruto rico em antocianinas. Os resultados demonstraram que o fruto é uma boa opção para se usar como indicador em substituição aos indicadores ácido-base comerciais, pois a variação de cor apresentou-se nítida e satisfatória com as amostras testadas (SILVA *et al.*, 2018).

As flores da *Ixorachinensi* apresentaram-se como uma alternativa simples e de baixo custo para o ensino experimental de química, reforçando a contextualização do conteúdo de ácido-base e ajudando na melhor compreensão dos conteúdos. A utilização desse indicador natural mostrou-se eficaz na função de indicar soluções ácido-base e como uma atividade metodológica alternativa (GUERRA *et al.*, 2018).

O uso de extratos naturais como indicadores de pH vem ganhando destaque no ensino de acidez e basicidade por serem de fácil acesso para utilização em aulas experimentais. Despertam o interesse dos estudantes para o conteúdo abordado devido à coloração natural das substâncias químicas contidas nos extratos vegetais e suas mudanças de cor em função do pH (DAMASCENO *et al.*, 2010; MOTA E CLEOPHAS, 2014).

Esse trabalho tem como objetivo a obtenção de indicadores naturais de pH à base de extratos de hibisco, beterraba e casca da berinjela e a identificação de ácidos e bases, utilizando a mudança de coloração observada com o uso de indicadores naturais, como sugestão de utilização para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de ácidos e bases através da experimentação no ensino de Química. Também diagnosticar os conhecimentos prévios

dos alunos sobre o tema e avaliar os resultados após a aplicação da prática experimental demonstrativa através de questionário com perguntas fechadas. A atividade foi aplicada em uma turma de 22 alunos da 1ª série do Ensino médio escola estadual, situada no município de Catalão-GO.

## II. PROCEDIMENTOS

No preparo dos extratos foi utilizado o procedimento descrito por Soares e coautores (2001) com modificações. As espécies utilizadas foram a beterraba (*Beta vulgaris*), hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) e cascas da berinjela (*Solanum melongena*). Adicionou-se 200 mL de água destilada a 100 g de cada vegetal picado, sendo a beterraba previamente descascada e cortada; as cascas da berinjela e o hibisco *in natura*, aquecendo a solução à fervura por 45 minutos. Após o resfriamento, realizou-se a filtração de cada extrato separadamente e armazenou-se em frascos escuros em congelador (CUCHINSKI *et al.*, 2010).

Após o preparo dos três extratos, procedeu-se a seleção das amostras a serem testadas. Para isso utilizou-se soluções ácidas e básicas preparadas a partir de amostras de substâncias comuns utilizadas no cotidiano, como por exemplo, em limpeza doméstica e na culinária. As amostras testadas foram: de caráter ácido (vinagre, álcool etílico, leite, açúcar), básico (sabão em pó, detergente, água sanitária, soda cáustica) e neutro (água, sal de cozinha). As soluções foram preparadas e depositadas em copos descartáveis para observação da mudança de coloração.

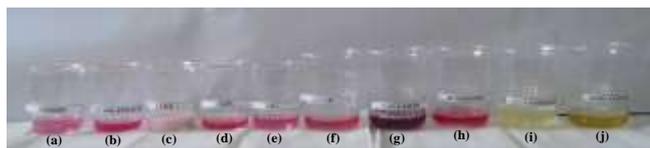
A metodologia foi aplicada em uma turma de 1ª série do Ensino médio de uma escola pública do município de Catalão-GO. Primeiramente, procedeu-se com algumas perguntas para verificar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito do tema: 1- Você sabe o que são ácidos? E Bases?; 2- Você pode citar exemplos de ácidos e bases que você conhece?; 3- O que caracteriza um ácido? E uma base?. Após, uma revisão geral sobre o conteúdo de ácidos e bases e uma introdução do conceito de antocianinas foi apresentada para a turma, depois se seguiu com a aula experimental demonstrativa. Os alunos foram divididos em quatro grupos de quatro a cinco integrantes e ao final do experimento, os estudantes foram convidados a responder um questionário com perguntas fechadas para avaliar a percepção geral dos alunos que participaram sobre a aula experimental demonstrativa e verificar a eficácia da metodologia aplicada.

## III. RESULTADOS

A utilização dos extratos vegetais de beterraba, hibisco e casca da berinjela como indicadores ácido-base teve como objetivo demonstrar a mudança de coloração das substâncias testadas de acordo com a variação de pH, e desta forma, buscar melhorar a compreensão dos alunos sobre os conceitos de ácidos e bases, utilizando-se materiais do cotidiano e de baixo custo no experimento. Foi realizada também a introdução de novos conceitos, ao abordar as antocianinas e a sua presença em diversos vegetais, tais como nos exemplos utilizados na aula experimental, destacando-se que tais pigmentos podem ser utilizados como indicadores naturais, pois essas substâncias são as responsáveis pelas variações na coloração observada em meio ácido ou básico. As tonalidades obtidas com as amostras testadas estão apresentadas nas Figuras 2 a 4, para

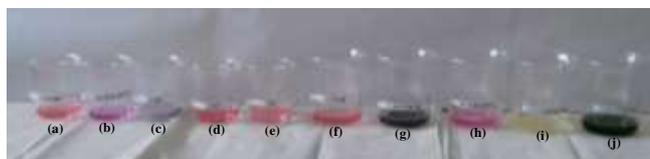
a beterraba, hibisco e as cascas da berinjela, respectivamente.

Figura 2 – Variações de coloração apresentadas com utilização do indicador de beterraba com (a) vinagre, (b) álcool etílico, (c) leite, (d) água, (e) sal de cozinha, (f) açúcar, (g) sabão em pó, (h) detergente, (i) água sanitária e (j) soda cáustica



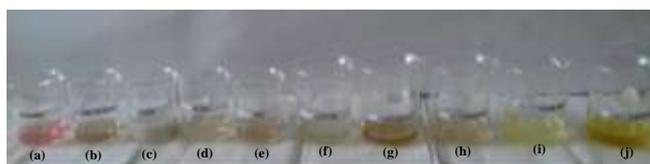
Fonte: Autores, 2019.

Figura 3 – Variações de coloração apresentadas com utilização do indicador de hibisco com (a) vinagre, (b) álcool etílico, (c) leite, (d) água, (e) sal de cozinha, (f) açúcar, (g) sabão em pó, (h) detergente, (i) água sanitária e (j) soda cáustica



Fonte: Autores, 2019.

Figura 4 – Variações de coloração apresentadas com utilização do indicador de cascas da berinjela com (a) vinagre, (b) álcool etílico, (c) leite, (d) água, (e) sal de cozinha, (f) açúcar, (g) sabão em pó, (h) detergente, (i) água sanitária e (j) soda cáustica



Fonte: Autores, 2019.

É possível observar a variação de coloração das amostras testadas ao levar em consideração o caráter ácido (vinagre, álcool etílico, leite, açúcar), básico (sabão em pó, detergente, água sanitária, soda cáustica) ou neutro (água, sal de cozinha) considerado. Essa variação de coloração apresenta uma tendência que vai de amarelo a roxo para a beterraba, de amarelo a azul para o hibisco, e de amarelo a rosa para as cascas da berinjela.

A mudança de cor evidenciada nas soluções das amostras testadas não é exatamente igual para todas as amostras com os três indicadores testados, como pode ser visualizado nas Figuras 2 a 4, entretanto as soluções de caráter básico apresentaram a tonalidade esverdeada/amarelada, como ocorreu com a soda cáustica, por exemplo, já para as de caráter ácido, como a amostra de vinagre, a coloração do meio mudou para tonalidades próximas de rosa/lilás.

Foi possível observar que os três extratos apresentavam tendências de coloração visualmente detectáveis: colorações próximas de rosa/lilás em meio ácido, e próximo de amarelo/verde em básico, comprovou-se, dessa forma, a eficácia dos indicadores, exceto de cascas de berinjela, pois os alunos relataram pequena dificuldade de distinção das cores para as amostras testadas com esse extrato. Isso se deu pelo fato de que esse indicador apresentou menor variação na intensidade das cores apresentadas. Dessa forma, torna-se necessário rever a

utilização das cascas de berinjela nesse tipo de atividade devido a esse problema, pois é a partir da percepção dos alunos que o professor pode selecionar o melhor indicador para trabalhar o tema de ácidos e bases na aula.

É importante destacar a substituição do metanol, solvente clássico utilizado para extração de antocianinas, pela água na extração dos indicadores utilizados neste trabalho, e também a substituição de indicadores de pH sintéticos, comumente usados, como fenolftaleína, alaranjado de metila, vermelho de metila, entre outros, por indicadores alternativos que também são eficazes, além de serem de baixo custo e de fácil acesso. Ambas as substituições contribuem também para fortalecer o conceito de Química verde, abordando além da contextualização a questão da sustentabilidade e preservação do meio ambiente (MARTINS *et al.*, 2017).

Na verificação dos conhecimentos prévios sobre o tema, a maioria da turma tinha ideia sobre o conceito de ácidos e bases, características e exemplos, pois o professor da disciplina ministrou aula teórica sobre o esse conteúdo em aulas anteriores. Em relação ao questionário com perguntas fechadas que foi aplicado após a realização da aula experimental, foram obtidas as seguintes respostas para as perguntas realizadas:

Pergunta 1 - O que você acha da disciplina de química? 52% consideraram compreensível, 41% difícil e 7% fácil.

Pergunta 2 - Como você avalia seu conhecimento sobre ácidos e bases antes do experimento? 69% consideraram bom, 31% ruim.

Pergunta 3 - Após a aula prática, quais foram as mudanças no seu conhecimento sobre esse assunto? 86% consideraram produtivo e 14% improdutivo.

Pergunta 4 - O experimento ajudou a identificar substâncias ácidas e básicas do cotidiano? 90% responderam sim e 10% responderam não.

Pergunta 5 - Foi possível identificar a mudança de acidez ou basicidade através da coloração do indicador? 100% responderam sim.

Tradicionalmente a Química não é considerada uma disciplina “de fácil entendimento”, sendo frequentemente relacionada a uma difícil compreensão de seus conteúdos.

O ensino de química, igualmente ao que acontece em outras Ciências Exatas, ainda tem gerado entre os estudantes uma sensação de desconforto em função das dificuldades de aprendizagem existentes no processo de aprendizagem. Comumente, tal ensino segue ainda de maneira tradicional, de forma descontextualizada e não interdisciplinar, gerando nos alunos um grande desinteresse pela matéria, bem como dificuldades de aprender e de relacionar o conteúdo estudado ao cotidiano, mesmo a química estando presente na realidade (ROCHA E VASCONCELOS, 2016).

Pelas respostas obtidas foi possível verificar que na turma avaliada, a maioria considera a química compreensível ou fácil. Também consideraram a prática experimental produtiva, pois conseguiram identificar substâncias ácidas e básicas do cotidiano pela mudança de coloração e que 100% da turma conseguiu identificar o caráter ácido ou básico através da variação de coloração observada, exceto para as cascas de berinjela.

Como pode ser visto pelas respostas à pergunta 2, antes da aula experimental 61% consideravam seus conhecimentos a respeito do conteúdo de ácidos e bases bons, enquanto 31% consideravam ruins, e como o

questionário foi aplicado apenas após a aula experimental demonstrativa, acredita-se que a utilização dessa metodologia investigativa possa ter contribuído para melhorar a compreensão do tema por esses 31%, visto que o professor já havia ministrado aula teórica sobre ácidos e bases em aulas anteriores e aula experimental ocorreu como uma atividade extra, para consolidação do conteúdo.

No contexto de sala de aula, observa-se que os estudantes tendem a perceber a química a partir dos fenômenos que os cercam. Dessa forma, é de extrema relevância promover a construção do conhecimento a partir de situações práticas e presentes no cotidiano do aluno e das discussões acerca do fenômeno observado (FABRI *et al.*; 2011). Na elaboração da proposta dessa aula experimental demonstrativa sobre o conteúdo de ácido-base, procurou-se levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto e a apresentação do experimento na forma de situação problema demonstrou-se eficaz por levar os estudantes a interligar teoria e prática. Dessa forma, a utilização de metodologias que explorem o cotidiano dos alunos e a contextualização torna-se um importante instrumento de motivação e desmistificação da Química como uma disciplina de difícil entendimento.

#### IV. CONCLUSÃO

Os extratos aquosos obtidos a partir da beterraba, hibisco apresentaram-se como boas alternativas de indicadores ácido-base, pois apresentaram visível e significativa variação de coloração em função do pH no teste colorimétrico com as amostras selecionadas para a aula prática experimental. Os extratos de hibisco e beterraba foram considerados bons recursos didáticos por ser de fácil acesso e preparo e, principalmente, pela eficácia, pois foi possível observar padrões de cores de fácil distinção para esses dois indicadores de pH. O indicador das cascas de berinjela não foi considerado eficaz pela pouca distinção de cores apresentada no teste colorimétrico. Após análise dos questionários aplicados foi possível verificar que a maioria considerou a aula experimental produtiva e todos afirmaram que no final da prática conseguiram identificar o caráter ácido ou básico das amostras pela mudança de coloração observada. Por ser de fácil acesso e baixo custo, a utilização desses extratos pode ser utilizada pelos professores de nível médio para auxiliar o ensino de ácidos e bases através da contextualização ao fazer uma relação entre a teoria e a prática.

#### V. REFERÊNCIAS

- ALBARICI, T. R.; PESSOA, J. D. C.; FORIM, M. R. **Efeito das Variações de pH e Temperatura Sobre as Antocianinas na Polpa de Açaí** – Estudos Espectrofotométricos e Cromatográficos. Comunicado técnico Embrapa, ISSN 1517-4786, São Carlos, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/31548/1/CT782006.pdf>>. Acesso em 04 de out. 2019.
- ARCANJO, G. U.; RENGIFO, E. P.; SILVA, J. R.; RIBEIRO, B. J. C.; ALMEIDA, W. A.; LOMAS, F. S. S.; ALMEIDA, A. M. S.; BRANDÃO, E. G.; LIMA, R. A. **Produção de indicadores naturais ácido-base a partir de extração alcoólica dos pigmentos de espécies vegetais: In: 57º Congresso Brasileiro de Química, São Luís, 2017.**

- BROUILLARD, R. Chemical structure of anthocyanins. *In*: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.
- BACCAN, Nivaldo; ANDRADE, João Carlos de; GODINHO, Oswaldo E. S.; BARRONE, José S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 3ª edição, Editora Unicamp, Campinas, São Paulo, 2001.
- BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.
- BROW, Theodore L.; LEMAY, Eugene H.; BURSTEN, Bruce E. **Química: a Ciência Central**. 13ª edição, Editora LTC, São Paulo, 2016.
- BUENO, R. S. M.; KOVALICZN, R. A. **O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. Castro, PR, 2008. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf111>>. Acesso em 04 de Out. 2019.
- CUCHINSKI, A. S.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclética Química**, v. 35, p. 17-23, 2010.
- DAMASCENO, D.; OLIVEIRA, C. J.; PINTO, P. G.; LEMES, G. G.; LEITE, V. C. **Aplicação de extrato de açaí no ensino de Química**. Disponível em: <[http://www.prp.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/inic.../aplicacao\\_extrato.pdf](http://www.prp.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/inic.../aplicacao_extrato.pdf)>. Acesso em: 05 Out. 2010.
- FABRI, P. H.; GUIMARÃES, D.; OLIVEIRA, R.; MENDONÇA, P. C. C. **Análise do impacto das aulas práticas na aprendizagem de Química sob o ponto de vista dos alunos do IFMG/OP**: *In*: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas, São Paulo, 2011.
- FERNANDES, T. C. A.; FERNANDES D. B.; FERNANDES, R. C. A. Matemática e Pokemath: motivação e inovação pedagógica no Ensino de Matemática. **Revista Sodebras [on line]**, v. 12, n. 136, Abr./2017, p. 101-106. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N136.pdf>>. Acesso em: 02/10/2019.
- GUERRA, M. H. F. S.; VASCONCELOS, A. K. P.; FIRMINO, E. S.; NOJOSA, A. C. A. B.; SALDANHA, G. C. B.; SAMPAL, C. G. Uma abordagem das atividades Experimentais no Ensino Médio: uso da flor *Ixorachinensi* como indicador ácido-base. **Revista Thema**, v. 15, n. 3, p. 834-847, 2018.
- HARBORNE, J. B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. *In*: The flavonoids: advances in research since 1980. **Chapman & Hall**, London, 1988, p. 1-20.
- MARTINS, R. C.; BERNARDI, F.; KREVE, Y. D.; NICOLINI, K. P.; NICOLINI, J. Coleção de propostas utilizando produtos naturais para a introdução ao tema ácido-base no Ensino médio (Parte I). **Educación Química**, n. 28, p. 246-253, 2017.
- MARTINS, M. M.; SANTOS, G. Antocianinas como indicadores ácido-base com potencial aplicação no espaço escolar. **Revista da Mostra de Trabalhos de Conclusão de Curso – TCC – CONGREGA [on line]**, 2018. Disponível em: <<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcmtcc/article/view/2993>>. Acesso em: 18/11/2019.
- MOTA, T. C.; CLEOPHAS, M. G. Proposta para o Ensino de Química utilizando a planta *Pterodon abruptus* (Moric.) Benth. Como indicador natural de pH. **Revista Virtual de Química**, v. 6, p. 1353-1369, 2014.
- OKODUWA, S. I. R.; MBORA, L. O.; ADU, M. E.; ADEYI, A. A. Comparative analysis of the properties of acid-base indicator of Rose (*Rosa setigera*), Allamanda (*Allamanda cathartica*) and Hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*) flowers. **Biochemistry Research International**, v. 2, p. 1-6, 2015.
- PEREIRA, C. L.; TORRES, M. L. S.; PIRES, F. P.; ROSSINI, W. A.; GONÇALVES, E. L. O. O Ensino de Ciências da Natureza: Estratégias Metodológicas (Des)contextualizadas para Educação Escolar do campo. **Revista Sodebras [on line]**, v. 11, n. 127, Jul./2016, p. 12-18. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N127.pdf>>. Acesso em: 02/10/2019.
- PEREIRA, A. S.; VITURINO, J. P.; ASSIS, A. Ouso de indicadores naturais para abordar a experimentação investigativa problematizadora em aulas de Química. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 1, p 135-148, 2017.
- ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. **Dificuldades de aprendizagem no Ensino de Química: algumas reflexões**: *in*: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, 2016.
- SANTOS, G. S. **Antocianinas como indicadores ácido-base com potencial aplicação no espaço escolar**. (Trabalho de Conclusão de Curso, Licenciatura em Química, UNIPAMPA), 2017.
- SANTOS, L. G. V.; RODRIGUES, L. B.; LIMA, P. G.; SOUSA, T., O.; COSTA NETO, J. J. G.; CHAVES, D. C. **Indicadores naturais ácido-base a partir da extração alcoólica dos pigmentos das flores *Hibiscus rosa-sinensis* e *Iroxa chinensi*, utilizando materiais alternativos**: *In*: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins, 2012.
- SHIMAMOTO, G. G.; ROSSI, A. V. An artistic introduction to anthocyanin inks. **Science in School**, v. 31, p. 32-36, 2015.
- SILVA, R. J.; CARVALHO-OLIVEIRA, J. C.; SAMPAIO, I. S.; ALMEIDA, C. P. M.; OLIVEIRA, A. C. O Ensino de ácidos e bases a partir do indicador natural produzido comm açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Extensão e Cidadania**, v. 5, n. 10, 2018.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Editora: UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2007.
- SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G.; ANTUNES, P. A. A. Aplicação de extratos brutos de flores de Quaresmeira e Azaléia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. **Química Nova**, v. 24, p. 408-411, 2001.

TERCI, D. B. L., ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: Usar papel ou Solução?. **Química Nova**, 25, p. 684-688, 2002.

UCHÔA, V. T.; CARVALHO FILHO, R. S. M.; LIMA, A, M, M.; ASSIS, J. B. Utilização de plantas ornamentais como novos indicadores naturais ácido-base no Ensino de Química. **Holos**, v. 2, p. 152-165, 2016.

VARGAS, F. D.; JIMÉNEZ, A. R.; LÓPEZ, O. P. Natural Pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains – characteristics, biosynthesis, processing and stability. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v. 40, p. 173-189, 2000.

VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; YAMAMOTTO, L.K.; JACOMINO, A.P. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.623-626, 2003.

ZAHREDDINE, S. F.; PAIXÃO, M. F. M.; VASCONCELOS, E. A. L. **Obtenção de extratos naturais a partir de antocianinas presentes em folhas, frutas e flores na fabricação de papel indicador de pH: In: Anais SEMIC – UEFS, Feira de Santana, Bahia, 2018.**

ZAN, A. S. H. S.; FAUSTINO, E.; BAPTISTA, J. A. A.; ZAN, R. A. Obtenção e uso de indicadores naturais em uma escola de Ji-Paraná-Rondônia, Amazônia Ocidental – Brasil. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 3, p. 188-200, 2017.

#### VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 12/10/2019*

*Aprovado em: 30/11/2019*

## PRODUÇÃO DE UMA CÉLULA SOLAR DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO A *Garcinia mangostana*

### LOW COST SOLAR CELL PRODUCTION USING THE *Garcinia mangostana*

JULIANO P. AYOUB<sup>1</sup>; GIDEÃO T. TRACTZ<sup>1</sup>; MARCEL R. N. DE OLIVEIRA<sup>1</sup>;  
FABRÍCIO H. DE FREITAS<sup>2</sup>; DANIEL L. FERNANDES<sup>2</sup>; JULIANA A. C. S. FERNANDES<sup>3</sup>;  
PAULO R. P. RODRIGUES<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ;  
3 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
*juliannopa@hotmail.com; gide.tractz@hotmail.com; eng.mdeoliveira@gmail.com; brizola26@hotmail.com;*  
*daniel@bioivai.com.br; ju-acs@hotmail.com; prprodrigues@gmail.com*

**Resumo** – Das classes de sistemas fotovoltaicos pesquisados, os de terceira geração apresentam alternativas promissoras de utilização, como baixo custo e boa eficiência. É possível realizar a aplicação de corantes naturais nestes, devido a capacidade de absorção no espectro eletromagnético. Este trabalho tem como objetivo realizar a extração e a aplicação de uma célula solar de TiO<sub>2</sub> com corante natural extraído da *Garcinia mangostana*, caracterizando-a eletroquimicamente. O dispositivo foi montado em formato sanduíche do ânodo de TiO<sub>2</sub>+corante com o cátodo (platina eletrodepositada). Como intermediador de cargas foi utilizado o par redox 3I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>. As técnicas empregadas foram: Espectroscopia na região UV-Vis, curvas j-E, potencial em circuito aberto em função do tempo e fotocronoamperometria. A célula solar produzida foi fotossensível, com absorção máxima da região de 550 nm e um  $\eta = 0,441\%$ ,  $E_{ca} = 0,534\text{ V}$ ,  $j_{cc} = 0,802\text{ mA cm}^{-2}$  e  $FF = 0,620$  como parâmetros fotoeletroquímicos.

**Palavras-chave:** Mangostão. CSSC. Sustentabilidade.

**Abstract** – Among the photovoltaic systems searched, the third generation show promising alternatives of use, as low production costs and significant efficiency. It is possible to apply natural dyes in these devices, due the absorption capability in solar spectra. This work aims to accomplish a natural dye extraction and an electrochemical characterization of a low cost solar cell, using *Garcinia mangostana* as natural product. The device was assembled in sandwich format of anode (TiO<sub>2</sub>+dye) and cathode (platinum). 3I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup> was used as a redox couple. The techniques employed were: UV-Vis Spectra; Open circuit potential, photochronoamperometric curves and j-V curves. The system produced was photosensitive, with a maximum of absorption in 550 nm and  $\eta = 0.441\%$ ,  $V_{oc} = 0.534\text{ V}$ ,  $j_{sc} = 0.802\text{ mA cm}^{-2}$  e  $FF = 0.620$  as photoelectrochemical parameters.

**Keywords:** Mangosteen. DSSC. Sustainability.

#### I. INTRODUÇÃO

Células solares são dispositivos promissores para suprir a demanda energética, fazendo uso de metodologias limpas de energia.

Atualmente no mercado, três são as classes de sistemas fotovoltaicos sendo produzidos e desenvolvidos (VIOMAR, 2019):

- Células de primeira geração (silício monocristalino e policristalino)
- Células de segunda geração (filmes finos e silício amorfo)
- Células de terceira geração (células sensibilizadas por corante, orgânicas, sensibilizadas por pontos quânticos e células de perovskitas).

Os sistemas de terceira geração vem apresentando grande foco de estudo, devido a possibilidade de extrapolar o limite termodinâmico de ~30% de eficiência em conversão de energia, relatado por Shockley e Queisser (SHOCKLEY; QUEISSER, 1961; SONAI *et al.*, 2015).

As células solares sensibilizadas por corante (CSSC), por necessitarem da presença de um corante, como o nome já informa, propiciam uma extensa gama de aplicação de materiais, com as mais diversas características. Na literatura há relatos da aplicação de fotossensibilizadores derivados de rutênio (DIAS *et al.*, 2018), com moléculas orgânicas derivados do enxofre (LARSSON *et al.*, 2019), e com corantes naturais (TRACTZ *et al.*, 2018).

Os produtos naturais, por apresentarem moléculas com grupos benzênicos, e grupos coordenantes como, COOH e OH, podem ser aplicados em CSSC, pois apresentam uma faixa de absorção na região do visível e se “ancoram” facilmente na superfície do óxido semiconductor, promovendo uma célula com excelente extração de carga e eficiente em conversão de energia solar para energia elétrica (HAGFELDT *et al.*, 2010; TRACTZ *et al.*, 2019).

Este trabalho tem como objetivo, realizar a avaliação de uma célula solar de terceira geração, produzida com TiO<sub>2</sub> como óxido semiconductor e corante extraído do mangostão, cientificamente conhecido como *Garcinia mangostana*.

#### II. MÉTODOS

Para extração do corante, foram adicionados 10 g da casca do mangostão (*Garcinia mangostana*) em 70 mL de etanol acidificado com ácido cítrico (3% m/m) a 5°C por 24 horas, vide Figura 1. O ânodo do sistema foi preparado pela deposição da pasta de TiO<sub>2</sub> anatase comercial, com o corante adsorvido na superfície (TRACTZ *et al.*, 2018).

Figura 1- Mangostão e o corante extraído em solução etanólica



Fonte: O autor.

A pasta foi preparada com TiO<sub>2</sub>, acetil acetona, água deiozinada, polietileno glicol 300 e triton x. Após a mesma foi depositada via *Doctor Blading* em vidro FTO. O filme produzido foi sinterizado a 450 °C por 30 minutos. O corante foi impregnado no óxido pela imersão do ânodo na solução fotossensibilizadora por 24 horas (AYOUB *et al.*, 2019; TRACTZ *et al.*, 2018).

As células foram montadas em formato sanduíche, em uma área de 0,2 cm<sup>2</sup>. A intermediação de cargas foi realizada por 3I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup> e o contra eletrodo platina eletrodepositada via voltametria cíclica.

A medida de espectroscopia na região do Visível (UV-VIS) foi realizada na faixa de 400 nm a 800 nm para a análise da região de absorção do corante natural empregado.

As medidas eletroquímicas de j-E, Fotocronoamperometria e potencial de circuito aberto foram realizadas em um potenciostato acoplado com uma lâmpada de Xenônio a 60 mW cm<sup>-2</sup>, simulando a radiação solar, para caracterização dos parâmetros fotoeletroquímicos do sistema. A eficiência em fotoconversão de fótons foi realizada empregando-se a Equação 1.

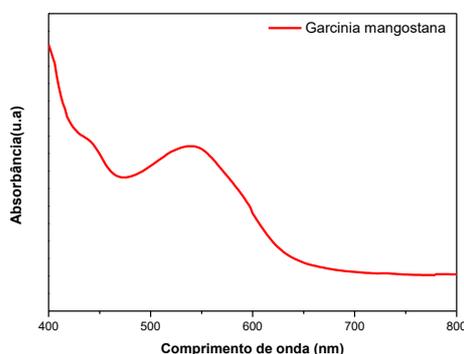
$$\eta = \frac{J_{cc} \cdot E_{ca} \cdot FF}{P_{in}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Onde, FF representa o fator de forma, E<sub>ca</sub> o potencial de circuito aberto, j<sub>cc</sub> a corrente de curto circuito e η a eficiência em fotoconversão do sistema.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra o espectro UV-Vis para o corante extraído do mangostão.

Figura 2 - Espectro UV-VIS para o corante extraído em solução etanólica acidificada

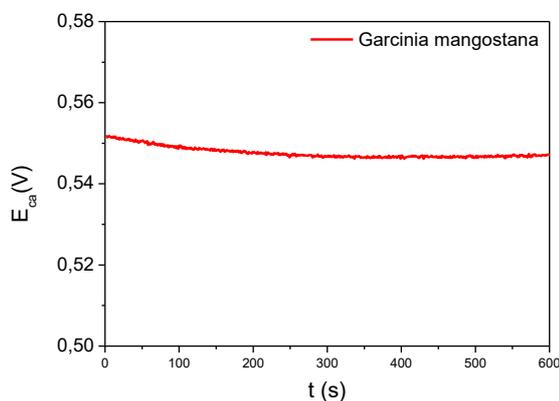


Fonte: O autor

Verifica-se na Figura 2, que o corante extraído foi fotossensível, com transição eletrônica significativa no comprimento de onda próximo a 550 nm. Os corantes aplicados hoje em sistemas de terceira geração apresentam alta absorção até mesmo na faixa do infra vermelho, próximo a 1000 nm, devido a presença de grupos como SCN, TBA (tetrabutilamônio) entre outros grupos coordenantes, gerando uma célula de alta eficiência (HAGFELDT *et al.*, 2010).

O fato dos corantes naturais absorverem apenas na região do visível deve limitar a eficiência em conversão energética do sistema, fornecendo valores mais baixos de η, no entanto apresentam um custo muito mais reduzido quando comparado aos corantes comerciais (PATROCÍNIO; MURAKAMI IHA, 2010). Na Figura 3 encontra-se a curva de densidade de corrente em função do potencial para o sistema analisado.

Figura 3- Curvas E<sub>ca</sub> em função do tempo para a célula solar analisada

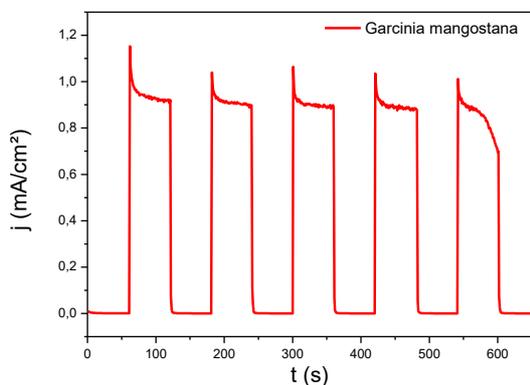


Fonte: O autor

Sabe-se que os materiais semicondutores, apresentam defeitos em suas estruturas, e essas regiões, chamadas de estados de armadilhamento, capturam os elétrons vindo do corante e impedindo a formação de uma corrente elétrica. Com a continuidade da luz solar, os elétrons vão sendo ejetados para a banda de condução do material, devido a incidência de energia, que “desarmadilha” esses elétrons e forma a corrente elétrica, mostrando variação do potencial de acordo com o tempo (HAGFELDT *et al.*, 2010; VITORETI *et al.*, 2017). A formação da dupla camada elétrica, na interface eletrodo/ solução também influencia na variação do potencial, sendo estabilizada em função do tempo (GRATZEL, 2001).

O corante utilizado, apresentou um potencial próximo a 0,55 V, mais baixo quando comparado ao uso de corantes comerciais que geram um E<sub>ca</sub> próximo a 0,7V. No entanto este valor é bastante promissor, pois a geração deste comprova a fotossensibilidade do sistema produzido e para a confirmação deste, a medida de Fotocronoamperometria foi realizada.

Figura 4 - Curvas fotocronoamperométricas para o sistema analisado

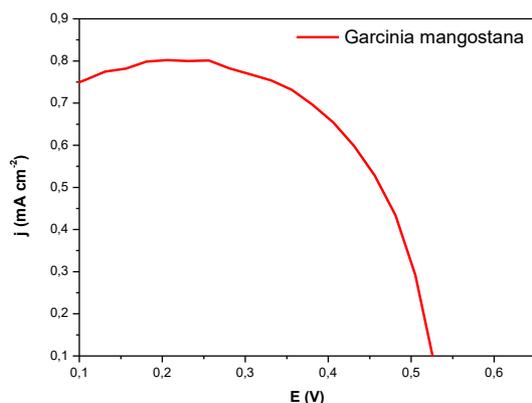


Fonte: O autor.

Nota-se na Figura 4, que houve um aumento instantâneo da corrente do sistema, com a incidência solar, e um decréscimo da mesma, quando a luz solar foi desligada. Este comportamento e resposta à luz solar, comprova a formação de um sistema fotovoltaico que apresenta reações rápidas ao estímulo da luz.

Observa-se também, que a corrente produzida foi próxima a  $1,1 \text{ mA cm}^{-2}$ , no entanto a mesma estabilizou em  $0,9 \text{ mA cm}^{-2}$ . Sugere-se que este comportamento seja característico de processos difusionais, devido a concentração do eletrólito utilizada, que não foi avaliado independentemente. Para a análise da eficiência em conversão de energia solar para energia elétrica, a técnica de j-E foi aplicada.

Figura 5 - Curva j-E para o sistema analisado



Fonte: O autor.

Pelos dados das curvas j-E, foram obtidos os parâmetros fotovoltaicos dos sistemas, que se encontram dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros fotoeletroquímicos para as células de

CSSC	$V_{oc}$ (V)	TiO <sub>2</sub> +corante		
		$j_{sc}$ ( $\text{mAcm}^{-2}$ )	FF	$\eta$ (%)
Mangostão	0,534	0,802	0,620	0,441

Nota-se na Tabela 1, que a CSSC produzida apresentou uma eficiência de 0,441 %, comprovando a hipótese da análise via UV-Vis da limitação da absorção solar. Verificase também um fator de forma de 0,620, característico do uso de sistemas com corantes naturais, e que também está relacionado a montagem do sistema fotovoltaico.

Alguns tratamentos como a inserção de TiCl<sub>4</sub> nos filmes, extração do corante por soluções com polaridades diferentes, entre outros métodos podem ser aplicadas para a potencialização da eficiência do sistema, no entanto não foram desenvolvidas neste trabalho (HAGFELDT *et al.*, 2010).

#### IV. CONCLUSÃO

É possível a fabricação de CSSC com corante natural extraído do mangostão. A região de absorção máxima do corante deu-se em máximo na região de 550 nm, na região da luz visível.

A célula produzida foi fotossensível, como visto nas curvas fotocronoamperométricas, e apresentou como parâmetros fotoeletroquímicos  $\eta = 0,441 \%$ ,  $E_{ca} = 0,534 \text{ V}$ ,  $j_{sc} = 0,802 \text{ mA cm}^{-2}$  e  $FF = 0,620$ .

#### V. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior-Brasil (Capes) código de financiamento 001.

#### VI. REFERÊNCIAS

- AYOUB, J. P.; TRACTZ, G. T.; BANCZEK, E.; RODRIGUES, P. R. P. Em busca da sustentabilidade: célula solar produzida com corante extraído da *Morus Nigra*. **Revista Sodebras [on line]**. v.14, n.159, p.116-208, Mar./2019. ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.159.116>
- DIAS, B.V. *et al.* Photoelectrochemical Behavior of the Cell FTO/TiO<sub>2</sub>/CeO<sub>2</sub>/N719 Obtained from the Pechini and Precipitation of Cerium Oxide Methods. **Journal of Electronic Materials**, v. 47, n. 9, 2018.
- GRATZEL, M. Photoelectrochemical Cells. **Nature**, v. 414, n. October 1960, 2001.
- HAGFELDT, Anders *et al.* 2010 **ChemReview\_Hagfeldt.pdf**. p. 6595–6663, 2010.
- LARSSON, Letícia F.G. *et al.* Comparative Study of TiO<sub>2</sub> and ZnO application in hybrid solar cells using copolymer P3OT/P3HT. **Quim. Nova**, v. 42, n. 3, p. 283–288, 2019.
- PATROCÍNIO, Antonio Otávio T; MURAKAMI IHA, Neyde Y. Em busca da sustentabilidade: Células solares sensibilizadas por extratos naturais. **Quimica Nova**, v. 33, n. 3, p. 574–578, 2010.
- SHOCKLEY, William; QUEISSER, Hans J. Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells.

**Journal of Applied Physics**, v. 32, n. 3, p. 510–519, 1961.

SONAI, Gabriela G. *et al.* CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS: UM EXPERIMENTO INTRODUTÓRIO SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL PARA ALUNOS DE GRADUAÇÃO. **Química Nova**, v. 38, n. 10, p. 1357–1365, 2015.

TRACTZ, G.T.; MAIA, G.A.R.; DIAS, B.V.; IGNACHEWSKI, F.; RODRIGUES, P.R.P. Evaluation of adsorption and electrochemical study of solar cells produced with TiO<sub>2</sub> and dye extracted from Hibiscus. **Química Nova**, v. 41, n. 5, 2018.

TRACTZ, G.T.; MAIA, G.A.R.; DIAS, B.V.; BANCZEK, E.D.P.; MOLINARES, M.A.; *et al.* Influence of deposition methodology and heating treatment on dye sensitized solar cell with natural extract. **Orbital**, v. 10, n. 3, 2018.

TRACTZ, G.T. *et al.* Recombination study of dye sensitized solar cells with natural extracts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 2, 2019.

TRACTZ, G.T.; MAIA, G.A.R.; DIAS, B.V.; BANCZEK, E.P.; CUNHA, M.T.; *et al.* Study of TiO<sub>2</sub> hybrid solar cells with natural dyes. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, 2018.

VIOMAR. **Aplicação Nb2O5**. 2019. Universidade Estadual do Centro Oeste, 2019.

VITORETI, Ana Beatriz F *et al.* Artigo Aplicação de Dióxido de Titânio em Células Solares. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 4, 2017.

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 16/11/2019*

*Aprovado em: 09/12/2019*

## UMA ABORDAGEM NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: O USO DA *Musa paradisiaca*

### AN APPROACH IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS WITH NATURAL PRODUCTS: THE USE OF *Musa paradisiaca*

JULIANNOP. AYOUB<sup>1</sup>; GIDEÃO T. TRACTZ<sup>1</sup>; MARCEL R. N. DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; FABRICIO H. DE FREITAS<sup>2</sup>; DANIEL L. FERNANDES<sup>2</sup>; JULIANA A. C. S. FERNANDES<sup>3</sup>; PAULO R. P. RODRIGUES<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ;

3 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

*juliannopa@hotmail.com; gide.tractz@hotmail.com; eng.mdeoliveira@gmail.com; brizola26@hotmail.com;*

*daniel@bioivai.com.br; ju-acs@hotmail.com; prprodrigues@gmail.com*

**Resumo** – Células solares vêm apresentando grande destaque frente as metodologias de conversão energética utilizadas hoje, devido a boa eficiência e por serem fontes alternativas ao uso dos combustíveis fósseis. O uso de produtos naturais nestes sistemas é possível, devido a presença de moléculas capazes de absorverem energia no espectro eletromagnético. Este trabalho tem como objetivo abordar e realizar a aplicação do corante natural extraído do coração da bananeira (*Musa paradisiaca*) em células solares de TiO<sub>2</sub>. Para isto os sistemas foram montados em formato sanduíche com 3I/I<sub>3</sub> como par intermediador redox e platina como contra eletrodo. As técnicas empregadas foram: Espectroscopia na Região UV-VIS, potencial de circuito aberto em função do tempo, Fotocronoamperometria e curvas j-E. A célula solar produzida apresentou uma absorção na região máxima de 670 nm, foi fotossensível, e apresentou como parâmetros fotoeletroquímicos  $\eta = 0,23\%$ ,  $E_{ca} = 0,54\text{ V}$ ,  $j_{cc} = 0,52\text{ mA cm}^{-2}$  e  $FF = 0,50$ .

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Produtos Naturais. Metodologias Alternativas.

**Abstract** - Solar cells have presented a significant importance when compared to others energies methodologies, due good efficiency and to be an alternative material to fossil fuel application. Using natural products is possible, because it present molecules which are able to absorb in a broad range of solar spectra. This work aims to realize an application with a literature approach of natural dyes in TiO<sub>2</sub> solar cells, and an application of from *Musa paradisiaca* extracted dye. The solar cells were assembled in sandwich format, with 3I/I<sub>3</sub> as electrolyte and platinum as counter electrode. The techniques performed were: UV-Vis Spectra; Open circuit potential, photochronoamperometric curves and j-V curves. The produced solar cell, presented a maximum of absorption in 670 nm, was photosensitive and presented  $\eta = 0.23\%$ ,  $E_{ca} = 0.54\text{ V}$ ,  $j_{cc} = 0.52\text{ mA cm}^{-2}$  e  $FF = 0.50$  as photovoltaic parameters.

**Keywords:** Sustainability. Natural Products. Alternative Methodologies.

#### I. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental atinge hoje patamares elevadíssimos. Fato este que mostra a real necessidade da pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias alternativas para conversão de energia menos poluentes. Uma destas, é a célula solar (AL-ALWANI *et al.*, 2016).

Células solares sensibilizadas por corante (CSSC) são produzidas pela utilização de um óxido semiconductor nanocristalino e um corante com absorção na região do espectro eletromagnético (TRACTZ *et al.*, 2019).

O corante mais empregado hoje em células solares sensibilizadas por corante é o corante Di- tetrabutylamônio cis-bis (isotiocianato) bis (2,2'-bipiridil-4,4' dicarboxilato) rutênio (II) conhecido comercialmente como N719, um organometálico contendo rutênio e, que apresenta grupos coordenantes que se ancoram facilmente na superfície do óxido semiconductor e promovem o transporte de cargas para o óxido com êxito (HAGFELDT *et al.*, 2010).

Devido o elevado custo do N719, ocorre a aplicação de produtos naturais nesses sistemas, que são menos eficientes quando comparados aos derivados de rutênio, no entanto, devido ao custo, podem tornar a comercialização destes sistemas em larga escala, viável (PATROCÍNIO; MURAKAMI IHA, 2010).

A presença de metabólitos secundários, como antocianinas, clorofila e taninos, que são compostos que apresentam na sua estrutura grupos OH, COOH, propicia essa absorção na faixa de 400 a 600 nm, característico da região visível (KUMARA *et al.*, 2013). Como o material mais utilizado em CSSC apresenta absorção máxima na região de 400 nm, a junção da interfase TiO<sub>2</sub>+corante amplia a absorção do espectro, conduzindo a uma célula eficiente em conversão de energia.

Kabir e colaboradores demonstram a aplicação do espinafre em CSSC, obtendo uma eficiência próxima 0,4 % (KABIR; SAKIB; MATIN, 2019). Godibo e colaboradores estudam a aplicação da Begonia nesses sistemas, alcançando uma eficiência máxima de energia de 0,24 % (GODIBO; ANSHEBO; ANSHEBO, 2015).

Este trabalho tem como objetivo aplicar uma planta alimentícia não convencional, conhecida como, “coração da banana” cientificamente chamada de subproduto da *Musa paradisiaca* e verificar sua capacidade de conversão solar em elétrica.

#### II. MÉTODOS

Para extração do corante, foram adicionados 10 g da casca do coração da banana (subproduto da *Musa*

*paradisiaca*), vide Figura 1, em 70 mL de etanol acidificado com ácido cítrico (3% m/m) a 5°C por 24 horas. O ânodo do sistema foi preparado como pela utilização de, com 3g de TiO<sub>2</sub> anatase <25nm (Sigma Aldrich), acetil acetona, polietileno glicol, triton X e água deionizada (TRACTZ *et al.*, 2018).

A pasta foi depositada via *Doctor Blading* em vidro FTO (óxido de estanho dopado com flúor). O filme produzido foi calcinado a 450 °C por 30 minutos, onde ocorre a eliminação da matéria orgânica e a formação de uma rede cristalina contendo Ti e O. O corante foi impregnado no óxido pela imersão do ânodo na solução fotossensibilizadora por 24 horas (AYOUB *et al.*, 2019)

As células foram montadas em formato sanduíche, em uma área de 0,2 cm<sup>2</sup>. A intermediação de cargas foi realizada por 3I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup> e o contra eletrodo platina eletrodepositada.

Figura 1- Coração da banana



Fonte: O Autor (2019).

A medida de espectroscopia na região do Visível foi realizada na faixa de 400 nm a 800 nm para a verificação da região de absorção do corante natural extraído.

As medidas eletroquímicas de j-V, foram realizadas em um potenciostato acoplado com uma lâmpada de Xenônio a intensidade solar padrão a 60 mW cm<sup>-2</sup>, para caracterização dos parâmetros fotoeletroquímicos do sistema. A eficiência em fotoconversão de fótons foi realizada empregando-se a Equação 1.

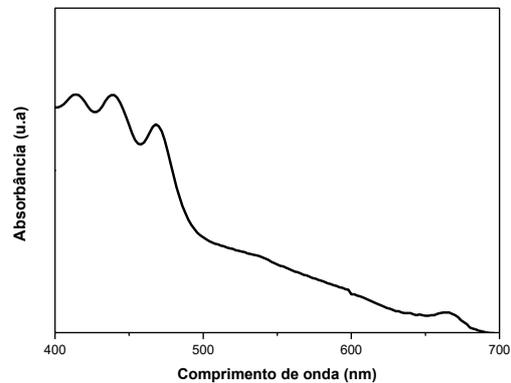
$$\eta = \frac{j_{cc} \cdot E_{ca} \cdot FF}{P_{in}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Onde, FF representa o fator de forma, E<sub>ca</sub> o potencial de circuito aberto, j<sub>cc</sub> a corrente de curto circuito e η a eficiência em fotoconversão do sistema.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra o espectro UV-Vis para o corante extraído do subproduto da *Musa Paradisiaca*.

Figura 2 - Espectro UV-VIS para o corante extraído em solução etanoica acidificada



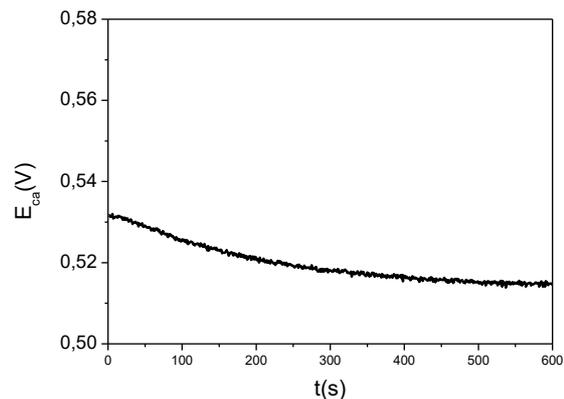
Fonte: O Autor (2019).

Nota-se uma banda de absorção na região de 470 nm, para o corante estudado, se estendendo até a região de 670 nm em menor intensidade. Como o espectro solar emite radiação nessa região indica-se que o material apresenta fotossensibilidade e responde a estímulos do sol (HAGFELDT *et al.*, 2010). No entanto, a confirmação de sua aplicação em CSSC, é analisada nas técnicas posteriores.

Os corantes baseados em rutênio, devido a presença de grupos auxocromos e cromóforos eficientes conseguem absorver energia solar na região do Infravermelho, próximo a 1000 nm. Como o corante aqui analisado não apresentou essa característica, espera-se com que haja uma menor eficiência para a célula solar produzida com este material.

Para a verificação do potencial produzido pela célula, a técnica de potencial de circuito aberto (E<sub>ca</sub>) em função do tempo encontra-se descrita na Figura 3.

Figura 3 - Curvas E<sub>ca</sub> para os sistemas estudados

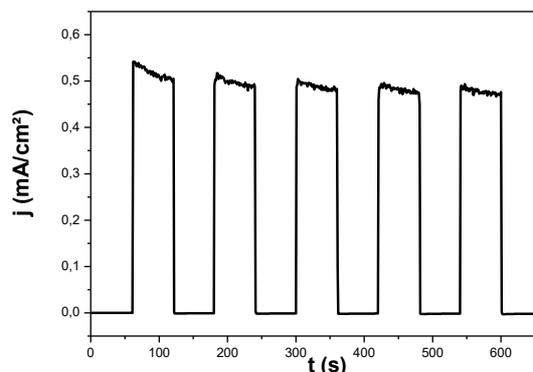


Fonte: O Autor (2019).

Verifica-se na Figura 3 que o sistema produzido apresentou a formação de uma diferença de potencial, confirmando assim a formação de um dispositivo fotovoltaico. Nota-se uma leve diminuição do potencial inicial, quando comparado ao tempo final, sendo esta diferença característica da formação da dupla camada elétrica na interface eletrodo semiconductor/ solução eletrolítica.

Para a verificação da estabilidade sob luz, foi realizado a medida de Fotocronoamperometria e o resultado encontra-se na Figura 4.

Figura 4 - Curvas fotocronoamperométricas para os sistemas estudados



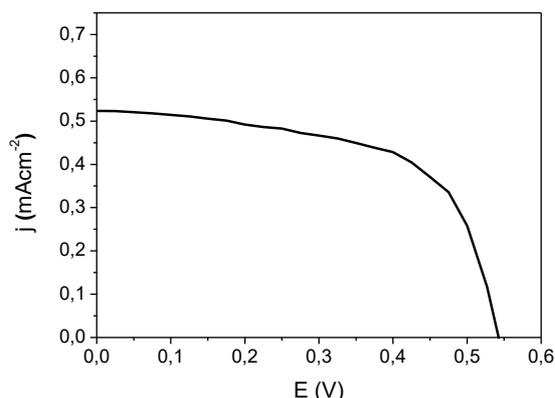
Fonte: O Autor (2019).

Verifica-se na Figura 4 que a célula solar é fotossensível, pois quando houve incidência luminosa, houve um aumento na corrente do sistema, e quando a luz foi retirada da célula, a corrente foi nula (TRACTZ *et al.*, 2018).

Nota-se também uma corrente próxima a 0,55 mA cm<sup>-2</sup>, característico do movimento dos elétrons do TiO<sub>2</sub> para o contra eletrodo de platina (NISSFOLK *et al.*, 2006). Na Figura 4, é possível analisar também que não houve degradação do corante natural, durante a análise, pois a corrente se manteve nos mesmos patamares, após sua estabilização próximo após 400 segundos.

Para a análise da eficiência em fotoconversão das células produzidas, a curva j-E foi realizada e encontra-se disposta na Figura 3.

Figura 5- Curva j-E sob iluminação para os sistemas de TiO<sub>2</sub>+corante natural



Fonte: O Autor (2019).

Pelas curvas j-E é possível realizar o cálculo da eficiência de conversão energética dos sistemas, sendo o resultado descrito na Tabela 1 (LARSSON *et al.*, 2019).

Tabela 1 – Parâmetros fotoeletroquímicos para as células de TiO<sub>2</sub>+corante

CSSC	E <sub>ca</sub> (V)	j <sub>cc</sub> (mA cm <sup>-2</sup> )	FF	η (%)
<i>Musa</i>	0,54	0,52	0,50	0,23
<i>Paradisiaca</i>				

A célula solar apresentou uma eficiência de conversão energética de 0,23 %, coerente com os sistemas produzidos com corantes naturais. Isto ocorre devido a limitada região de absorção do corante, como descrito na Figura 2.

O fator de forma, que indica a idealidade do dispositivo (1 para sistemas ideais e 0 para sistemas fora da idealidade), foi equivalente a 0,50. Este valor aqui obtido, pode estar relacionado com diversos fatores, como uso de eletrólito líquido utilizado, montagem do sistema, uniformidade do óxido depositado, entre outros fatores, que neste trabalho não são analisados (HAGFELDT *et al.*, 2010; VIOMAR *et al.*, 2016).

#### IV. CONCLUSÃO

É possível realizar a aplicação de corantes naturais de baixo custo em células solares.

Não houve degradação do corante natural durante o tempo de análise.

A região de absorção máxima do corante foi próxima a 670 nm, que limita parcialmente a formação de corrente no sistema, devido a uma quantidade de energia emitida não utilizada pelo dispositivo.

O sistema foi fotossensível, como visto pela medida de Fotocronoamperometria, e apresentou como parâmetros fotoeletroquímicos η = 0,23 %, E<sub>ca</sub> = 0,54 V, j<sub>cc</sub> = 0,52 mA cm<sup>-2</sup> e FF = 0,50.

#### V. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior-Brasil (Capes) código de financiamento 001.

#### VI. REFERÊNCIAS

- AYOUB, J. P.; TRACTZ, G. T.; BANCZEK, E.; RODRIGUES, P. R. P. Em busca da sustentabilidade: célula solar produzida com corante extraído da *Morus Nigra*. **Revista Sodebras [on line]**. v.14, n.159, p.116-208, Mar./2019. ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.159.116>
- AL-ALWANI, Mahmoud A.M. *et al.* Dye-sensitised solar cells: Development, structure, operation principles, electron kinetics, characterisation, synthesis materials and natural photosensitisers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 183–213, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.045>>.
- GODIBO, Desalegn J.; ANSHEBO, Sisay T.; ANSHEBO, Teketel Y. Dye Sensitized Solar Cells Using Natural Pigments from Five Plants and Quasse-Solid State Electrolyte. **J.Braz.Chem.Soc.**, São Paulo, v.26, n.1, p. 92–101, 2015.
- HAGFELDT, Anders *et al.* 2010 **ChemReview\_Hagfeldt.pdf**. p. 6595–6663, 2010.

- KABIR, Fahmid; SAKIB, Syed Nazmus; MATIN, Nafisa. Stability study of natural green dye based DSSC. **Optik**, v. 181, n. December 2018, p. 458–464, 2019.
- KUMARA, N. T. R. N. *et al.* Study of the Enhancement of Cell Performance of Dye Sensitized Solar Cells Sensitized With Nephelium lappaceum (F: Sapindaceae) . **Journal of Solar Energy Engineering**, v. 135, n. 3, p. 031014, 2013.
- LARSSON, Letícia F.G. *et al.* Comparative Study of TiO<sub>2</sub> and ZnO application in hybrid solar cells using copolymer P3OT/P3HT. **Quim. Nova**, v. 42, n. 3, p. 283–288, 2019.
- NISSFOLK, Jarl *et al.* Recombination and transport processes in dye-sensitized solar cells investigated under working conditions. **Journal of Physical Chemistry B**, v. 110, n. 36, p. 17715–17718, 2006.
- PATROCÍNIO, Antonio Otávio T; MURAKAMI IHA, Neyde Y. Em busca da sustentabilidade: Células solares sensibilizadas por extratos naturais. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 574–578, 2010.
- TRACTZ, G.T.; MAIA, G.A.R.; DIAS, B.V.; IGNACHEWSKI, F.; *et al.* Evaluation of adsorption and electrochemical study of solar cells produced with TiO<sub>2</sub> and dye extracted from Hibiscus. **Química Nova**, v. 41, n. 5, 2018.
- TRACTZ, G.T.; MAIA, G.A.R.; DIAS, B.V.; BANCZEK, E.D.P.; *et al.* Influence of deposition methodology and heating treatment on dye sensitized solar cell with natural extract. **Orbital**, v. 10, n. 3, 2018.
- TRACTZ, G.T. *et al.* Recombination study of dye sensitized solar cells with natural extracts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 2, 2019.
- VIOMAR, Aline *et al.* Influência do Método de Obtenção de Partículas de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Empregadas em Células Solares Sensibilizadas por Corante Compostas de TiO<sub>2</sub>/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 889–900, 2016.

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 16/11/2019*  
*Aprovado em: 09/12/2019*

## INFLUÊNCIA DA PERMEABILIDADE DO ELETRÓLITO EM CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS COM CORANTE DA *Myrciaria cauliflora*

### INFLUENCE OF ELECTROLYTE PERMEABILITY IN SOLAR CELLS WITH DYE EXTRACTED FROM *Myrciaria cauliflora*

JULIANNOP. AYOUB<sup>1</sup>; GIDEÃ T. TRACTZ<sup>1</sup>; MARCEL R. N. DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; FABRICIO H. DE FREITAS<sup>2</sup>; DANIEL L. FERNANDES<sup>2</sup>; JULIANA A. C. S. FERNANDES<sup>3</sup>; PAULO R. P. RODRIGUES<sup>1</sup>

1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE; 2 – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ; 3 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

*juliannopa@hotmail.com; gide.tractz@hotmail.com; eng.mdeoliveira@gmail.com; brizola26@hotmail.com; daniel@bioivai.com.br; ju-ac@hotmai.com; prprodriguez@gmail.com*

**Resumo** – Corantes naturais vem se mostrando materiais promissores para células solares, devido ao baixo custo e simples método de extração. Neste trabalho foi investigado os parâmetros eletroquímicos, durante 144 horas (6 dias) da célula de TiO<sub>2</sub> com corante extraído da *Myrciaria Cauliflora* em solução etanólica acidificada, em células solares sensibilizadas por corante (CSSC). As células solares foram montadas em formato sanduíche com 3I/I<sub>3</sub><sup>-</sup> como par intermediador redox e platina como contra eletrodo. As técnicas empregadas foram: Espectroscopia na Região UV-VIS, curvas j-E e extração de carga (EQ). A célula solar produzida apresentou após 144 horas melhora na permeabilidade, e parâmetros fotoeletroquímicos, com  $\eta = 0,366\%$ ,  $E_{ca} = 0,507\text{ V}$ ,  $FF=0,559$ ,  $j_{cc} = 0,716\text{ mA cm}^{-2}$ , e carga extraída de  $110\ \mu\text{C cm}^{-2}$ .

**Keywords:** Célula de Gratzel. Sustentabilidade. Energias Renováveis.

**Abstract** - Natural dyes have been shown to be promising materials to solar devices mainly due to their low cost and simple extraction methods. In this work, we investigated the electrochemical properties during 144 hours (6 days) of the TiO<sub>2</sub> solar cell with extracted *Myrciaria Cauliflora* in acidified etanoic solution in dye-sensitized solar cells (DSSCs). The solar cells were assembled in sandwich format, with 3I/I<sub>3</sub><sup>-</sup> couple as redox intermediary and platinum as counter electrode. The techniques employed were: UV-Vis Spectroscopy, j-V Curves, and Charge Extraction (CE). The cell produced after 144 hours presented a better permeability of electrolyte in TiO<sub>2</sub> nanopores, and showed the best efficiency,  $\eta = 0.366\%$ , with  $V_{oc} = 0.507\text{ V}$ ,  $FF=0.559$ ,  $j_{sc} = 0.716\text{ mA cm}^{-2}$ , and charge extracted of  $110\ \mu\text{C cm}^{-2}$ .

**Keywords:** Gratzel Cells. Sustainability. Renewable Energy.

#### I. INTRODUÇÃO

A alta demanda energética mundial conduz ao desenvolvimento de novas metodologias de conversão energética. Uma das soluções promissoras para tal, são as células fotovoltaicas, que fazem uso da energia solar.

Entre os dispositivos solares produzidos e desenvolvidos hoje, as células solares sensibilizadas por corante (CSSC) vêm tendo ênfase frente aos demais sistemas, devido ao baixo custo de produção e elevada estabilidade fotoeletroquímica.

O principal material utilizado em CSSC é o TiO<sub>2</sub> nanocristalino, que apresenta uma série de propriedades positivas para ser aplicado em dispositivos de terceira geração, como “gap” adequado, estabilidade química e termodinâmica, alto comprimento de formação de éxcitons, etc.

A utilização de corantes se faz necessário em CSSC para estender a faixa de absorção do material. Por isso, diferentes fotossensibilizadores vem sendo aplicados e estudados, tais quais corantes com base em rutênio e corantes extraídos de produtos naturais. Antocianinas apresentam a capacidade de absorção na região visível do espectro eletromagnético. Podem ser extraídas por uma gama de materiais por metodologias simples e de custo reduzido (KUMARA *et al*).

Quando a luz solar incide no sistema, elétrons do corante são ejetados para a banda de condução do óxido semiconductor, que percorrem um circuito externo até encontrarem o contra eletrodo. A intermediação das cargas é realizada por um eletrólito, usualmente aplicado o par 3I/I<sub>3</sub><sup>-</sup>.

A solução eletrolítica desempenha papel fundamental, no sistema e o entendimento do seu funcionamento é fundamental para o desenvolvimento do estudo de sistemas fotovoltaicos.

Este trabalho tem como objetivo estudar a permeabilidade do eletrólito 3I/I<sub>3</sub><sup>-</sup> em células de TiO<sub>2</sub> com corante extraído da *Myrciaria Cauliflora*.

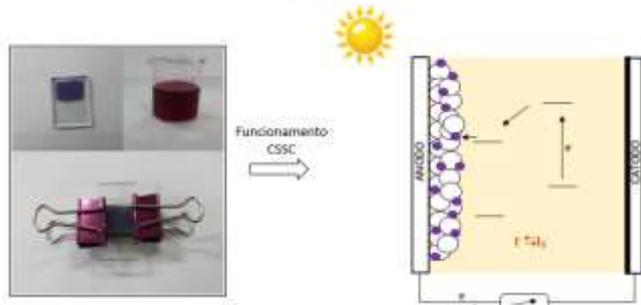
#### II. PROCEDIMENTOS

Para extração do corante, foram adicionados 6,25 g da casca da jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora*) em 70 mL de etanol acidificado com ácido cítrico (3% m/m) a 5°C por 24 horas (KUMARA *et al*; GHAN *et al*). O ânodo do sistema foi preparado com 3g de TiO<sub>2</sub> anatase <25nm, acetil acetona, polietileno glicol, triton X e água deionizada (DIAS *et al*).

A pasta foi depositada via *Doctor Blading* em vidro FTO. O filme produzido foi sinterizado a 450 °C por 30 minutos (VITORETTI *et al*). O corante foi impregnado no óxido pela imersão do ânodo na solução fotossensibilizadora por 24 horas (AYOUB *et al*2018; TRACTZ *et al*).

As células foram montadas em formato sanduíche, em uma área de 0,2 cm<sup>2</sup>, como mostra a Figura 1. A intermediação de cargas foi realizada por 3I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup> e o contra eletrodo platina eletrodepositada (GUIMARÃES *et al*).

Figura 1- Esquema de montagem e funcionamento da CSSC com corante natural



Fonte: O autor, 2019.

A medida de espectroscopia na região do visível foi realizada na faixa de 400 nm a 800 nm para a análise da região de absorção do corante natural empregado.

As medidas eletroquímicas de j-V, foram realizadas em um potenciostato acoplado com uma lâmpada de Xenônio a 60 mW cm<sup>-2</sup>, para caracterização dos parâmetros fotoeletroquímicos do sistema (GRATZEL *et al*). A eficiência em fotoconversão de foi realizada empregando-se a equação 1.

$$\eta = \frac{J_{cc} \cdot E_{ca} \cdot FF}{P_{in}} \cdot 100\% \quad (1)$$

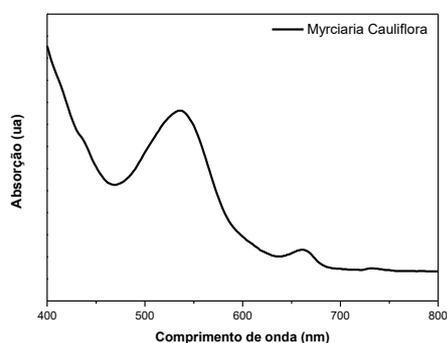
Onde, E<sub>ca</sub> o potencial de circuito aberto, j<sub>cc</sub> a corrente de curto circuito e FF o fator de forma, e η a eficiência em fotoconversão do sistema.

A técnica da extração de carga foi realizada com o curto circuito da célula sendo a carga extraída em diferentes tempos de iluminação a 60 mW cm<sup>-2</sup>.

### III. RESULTADOS

A Figura 2 mostra o espectro UV-Vis para o corante extraído da Myrciaria Cauliflora.

Figura 2 - Espectro UV-VIS para o corante extraído em solução etanóica acidificada



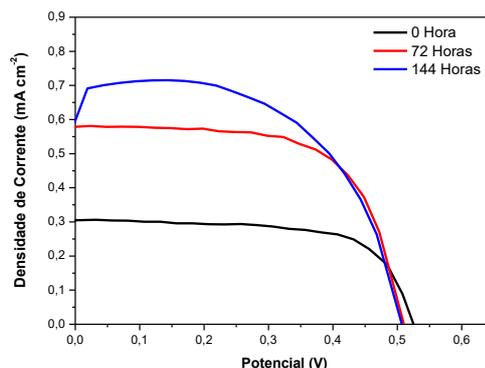
Fonte: O autor, 2019.

Grupos cromóforos e auxocromos como -COOH, -OH, -SCN na estrutura do corante são responsáveis pela absorção de luz e extremamente importantes para a fabricação de uma CSSC eficiente (KUMARA *et al*).

É observado na Figura 2 uma absorção na região visível no comprimento analisado. O pico característico em 540 nm sugere-se estar relacionado a presença do grupo pirano na estrutura da molécula, confirmando a extração de antocianinas (SHALINI *et al*).

Para a análise dos parâmetros eletroquímicos das células produzidas, as medidas eletroquímicas foram realizadas e as curvas j-V encontram-se dispostas na Figura 3.

Figura 3- Curvas j-V sob iluminação para os sistemas de TiO<sub>2</sub>+corante



Fonte: O autor, 2019.

Pelas curvas j-V é possível realizar o cálculo da eficiência de conversão energética dos sistemas, sendo o resultado descrito na Tabela 1

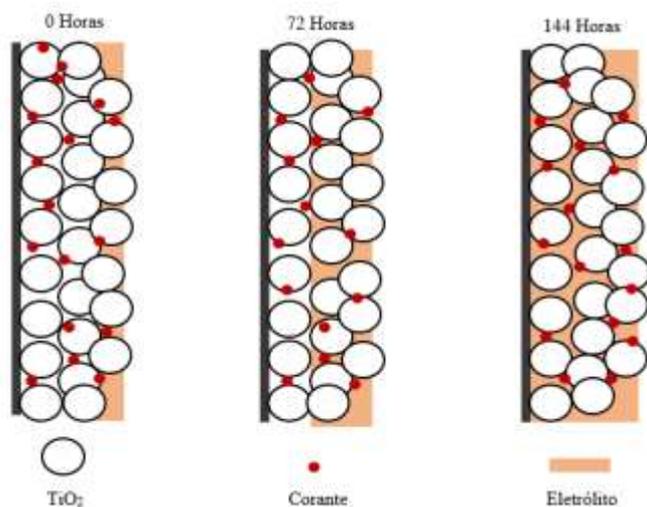
Tabela 1 – Parâmetros fotoeletroquímicos para as células de TiO<sub>2</sub>+corante

CSSC	E <sub>ca</sub> (V)	j <sub>cc</sub> (mAcm <sup>-2</sup> )	FF	η (%)
0 horas	0.525	0.306	0.668	0.183
72 horas	0.510	0.581	0.648	0.316
144 horas	0.507	0.716	0.559	0.366

As células sensibilizadas com corante natural mostram baixos parâmetros fotoeletroquímicos, quando comparados aos corantes comerciais, devido ao menor número de grupos cromóforos e auxocromos presentes na molécula do corante, como relatado por Tractz e colaboradores (TRACTZ *et al*). O resultado indica uma eficiência global de conversão energética de 0,183 % em 0 horas, sendo esse resultado potencializado para 0,366 % após 144 horas, mostrando que há mudança nos processos eletroquímicos em função do tempo.

A densidade de curto circuito foi equivalente a 0,716 mA cm<sup>-2</sup> após 144 horas de uso. Como descrito por Tsai e colaboradores (TSAI *et al*), a j<sub>cc</sub> é influenciada pelo número de espécies fotoexcitadas, a taxa de recombinação de elétrons e a eficiência do eletrólito na célula. No caso dos sistemas avaliados, é sugerido que após algumas horas o eletrólito apresenta uma melhor capacidade de permear os poros do óxido de TiO<sub>2</sub>, como descrito na Figura 4 levando a uma melhora na eficiência dos sistemas.

Figura 4 - Visão esquemática da interface anódica da CSSC analisada no tempo inicial, após 72 horas e 144 horas

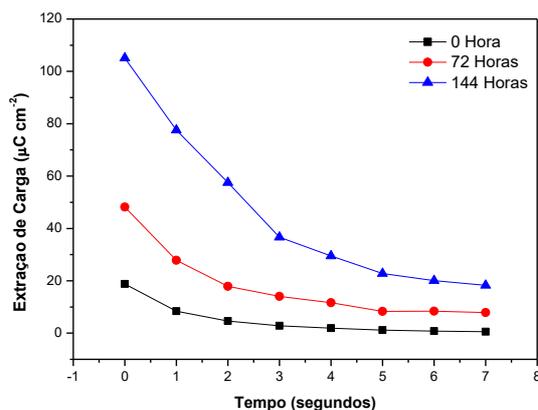


Fonte: O autor, 2019.

Quando o tempo aumenta, moléculas de  $I_3^-$  movem pelos poros do  $TiO_2$ , oxidando maiores quantidades de moléculas e produzindo mais elétrons fotoejetados na superfície do semiconductor, gerando um aumento na  $j_{cc}$ , como observado (DIAS *et al*; FRANK, KOPIDAKIS, LAGEMAAT).

Para confirmar esta hipótese, foram realizadas as medidas de extração de carga para os sistemas estudados, que se encontram na Figura 5.

Figura 5- Extração de carga em período inicial, após 72 horas e após 144 horas para as células nas condições analisadas



Fonte: O autor, 2019.

A técnica de extração de carga, disposta na Figura 5, confirma que houve uma maior quantidade de elétrons extraídos após 144 horas ( $110 \mu C cm^{-2}$ ) quando comparado aos tempos anteriores analisados. Este fenômeno comprova a hipótese da maior permeabilidade do eletrólito ao óxido semiconductor, que facilita os processos de oxidação/redução na célula e consequentemente afetam a  $j_{cc}$  do sistema (DIAS *et al*).

#### IV. CONCLUSÃO

A região de absorção do corante em 540 nm é sugerida a presença da antocianina extraída em solução etanóica em condições normais de temperatura e pressão.

A célula apresentou um aumento dos parâmetros eletroquímicos devido a melhora na permeabilidade do eletrólito no oxido semiconductor, em função do tempo fornecendo após 144 horas  $\eta = 0.366 \%$ ,  $E_{ca} = 0.507 V$ ,  $j_{cc} = 0.716 mA cm^{-2}$  e  $FF = 0.559$ .

#### V. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior-Brasil (Capes) código de financiamento 001.

#### VI. REFERÊNCIAS

- AYOUB, J. P.; TRACTZ, G. T.; BANCZEK, E.; RODRIGUES, P. R. P. Em busca da sustentabilidade: célula solar produzida com corante extraído da *Morus Nigra*. **Revista Sodebras [on line]**. v.14, n.159, p.116-208, Mar./2019. ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.159.116>
- B. V. Dias, G. T. Tractz, A. Viomar, G. A. R. Maia, M. T. Cunha, P. R. P. Rodrigues. *J. Elec. Mat.* 47 (2018) 5556. <https://doi.org/10.1007/s11664-018-6465-5>
- ERBER, Pietro. “Gasolina e Tomada”: o carro elétrico está perto. Rio de Janeiro: **Revista do Empresário da ACRJ**, maio/junho, 2010.
- A. J. Frank, N. Kopidakis, J.V. Lagemaat. **Coord. Chem. Rev.** 248 (2004) 1165. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2004.03.015>
- FRÉ, Paulo; MARCELINO, Márcio Abud; ADAMI, José Feliciano. Sensor Kelvin para detecção de Tensão. **Revista Sodebras [on line]**. v. 10, n.117, Set./2015, p. 147-152. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N117.pdf>>. Acesso em 04 out. 2015.
- W. Ghan, Y. Kang, T. Sheikh, S. Yadav, T. C. Gil, F. Nesbitt, J. Uddin. **Nature.** 7 (2007) 4170. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsrep41470>
- M. Gratzel. *Journal of Photochemistry and Photobiology C. Photochemistry Reviews*, 4, 145/153 (2003). [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1)
- R. R. Guimaraes, A. L. A. Parussulo, K. Araki. **Electrochim. Acta.** 222 (2016) 1378. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.11.114>
- KEFELI, A.; UZSOY, R.; FATHI Y.; KAY, M. Using a mathematical programming model to examine the marginal price of capacity resources. **International Journal of Production Economics**, v. 1131, p. 383–391, 2011
- N.T.T.N. Kumara, A. Lim, M. I. Petra, P. Ekanayake. **Renew. Sus. Energ. Rev.** 78 (2017) 301. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.075>
- MUNDO EDUCAÇÃO. Figura 2. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/tipos-graficos.htm>. Acesso em 26 jan 2016.

PACHECO, Marco Aurélio C. **Algoritmos Genéticos: Princípios e Aplicações**. Disponível em: <http://www.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/38/CE-Apostila-Comp-Evol.pdf>. Acesso em 04 dez 2010.

S. Shalini, R. Balasundaraprabhu, T. S. Kumar, K. Sivakumaran, M.D.Kannan. **Optic. Mater.** **79** (2018) 210. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2018.03.040>

G. T. Tractz, G. A. R. Maia, B. V. Dias, E. P. Banczek, Maico, T. Cunha, P. R. P. Rodrigues. **Rev. Virt. Quim.** **10** (2018) 1074. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180075>

G. T. Tractz, G. A. R. Maia, B. V. Dias, F. Ignachewski, P. R. P. Rodrigues. **Quim. Nova.** **41** (2018) 512. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170212>

J. K. Tsai, W. D. Hsu, T. C. Wu, T. H. Meen, W. J. Chong. **Nano. Rese. Lett.** **8** (2013) 459. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1556-276X-8-459>

A. B. F. Vitoretti, R. Vaz, A. L. Pena, E. Raphael, J. L. Ferrari, M. A. Schiavon. **Rev. Virt. Quim.** **9** (2017) 1481. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170086>

## VII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 16/11/2019*

*Aprovado em: 09/12/2019*

## ACIDENTES EM BARRAGENS DE MINERAÇÃO COMO MARIANA E BRUMADINHO PODEM SER EVITADOS?

### FAILURES IN TAILING DAMS LIKE MARIANA AND BRUMADINHO CAN BE AVOIDED?

PAULO AFONSO DE CERQUEIRA LUZ<sup>1</sup>; ALBERTO ALONSO LÁZARO<sup>2</sup>

1 - ESCOLA DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE/FUNDAÇÃO ARMANDO ÁLVARES PENTEADO; 2 - ESCOLA DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

*paulo.luz@mackenzie.br; alberto.alonso@mackenzie.br*

**Resumo** – A ocorrência recente de rupturas em barragens de mineração (rejeito) no Brasil, com inúmeras vítimas fatais, danos ambientais catastróficos e prejuízos materiais elevados, evidencia um problema preocupante referente à segurança das barragens desse tipo existentes no Brasil. Este artigo tem por objetivo apresentar as características, finalidades, tipos de alteamento (processo construtivo) e riscos geológicos associados às barragens de mineração. Também é explicado como deve ser realizado o monitoramento e controle do nível de segurança das mesmas. São descritos os acidentes das Barragens de Mariana e Brumadinho. E finalmente são apresentadas sugestões para aperfeiçoar a Lei Nacional de Segurança de Barragens.

**Palavras-chave:** Barragens de Rejeito. Ruptura. Nível de Segurança. Montante. Jusante.

**Abstract** – The recent failure of tailing dams in Brazil, associated to several fatal victims, catastrophic environmental damages and great material damages, show a worrying problem related to the safety of this type of dams in Brazil. This paper presents the features, purposes, construction methods and geological risks related to tailing dams. The monitoring systems and safety level control of these dams are also explained. The failure of Mariana and Brumadinho Dams are described. Finally, suggestions to improve the Brazilian Law of Safety Dams are presented.

**Keywords:** Tailing Dams. Failure. Safety Level. Upstream. Downstream.

#### I. INTRODUÇÃO

Barragens são aterros compactados construídos de terra (solo fino) ou terra/enrocamento (blocos de rocha) destinados a barrar o curso de água de um rio e, portanto, formar um reservatório. Como no Brasil ocorrem solos em abundância, esses dois tipos de barragens são os mais comuns, constituindo cerca de 90% dos casos.

As barragens possuem as seguintes finalidades principais:

- Geração de energia elétrica;
- Abastecimento de água;
- Regularização de cheias de rios;
- Disposição de rejeitos de mineração.

As duas primeiras finalidades envolvem empresas geradoras de energia elétrica (hidrelétricas) e de fornecimento de água aos municípios. Em ambas as

finalidades, as barragens constituem o item primordial do empreendimento, pois se traduzem na sua fonte direta de lucro.

Nas barragens com a terceira finalidade não há um objetivo de lucro direto, mas sim o de evitar prejuízos decorrentes de inundações provocadas pelas enchentes de rios nas cidades vizinhas e em parte da população rural, que margeia o rio.

Por sua vez, as **barragens de rejeito**, também denominadas como **barragens de mineração**, que podem ser construídas a montante, por linha de centro e a jusante, correspondem a um aspecto da legislação ambiental que as empresas mineradoras são obrigadas a cumprir – executar a disposição permanente do rejeito (material com baixo teor de minério) de mineração num reservatório, para evitar a poluição de cursos de água ou do lençol freático. Desta forma, as barragens de rejeito são encaradas pelas mineradoras como um passivo (prejuízo) que elas necessariamente têm que executar, pois não geram lucro algum. Infelizmente este aspecto faz com que boa parte das barragens de mineração não seja estudada, construída e operada com o mesmo nível de cuidado dos outros tipos de barragens.

Conforme a Nota Técnica “Resultado Consolidado das Declarações de Condição de Estabilidade”, elaborada pela ANM – Agência Nacional de Mineração (ANM, 2019b), das 425 barragens de mineração cadastradas, a estabilidade foi devidamente atestada em 369 delas, e 56 barragens (13%) não atestaram ou não enviaram o DCE (Declaração de Condição de Estabilidade).

Atualmente percebe-se uma **situação grave no Brasil** com respeito às suas **barragens de mineração**:

- Até quando as empresas de mineração irão mascarar ou esconder a real situação de gravidade de algumas das suas barragens?
- Quais serão as próximas barragens de rejeito que romperão?
- Quais os riscos que as populações das cidades vizinhas estão correndo, sem sequer saber?
- Todas as barragens que foram construídas com alteamento por montante irão se romper?

## II. METODOLOGIA

No presente artigo constam: a descrição dos tipos de barragens de rejeito sob o ponto de vista construtivo, riscos e condicionantes geológicos associados, e métodos de monitoramento e controle.

### III. BARRAGENS DE REJEITO

As barragens de rejeito são construídas sempre com solo fino compactado, no vale de um rio, com a função de armazenar rejeitos de mineração (solos finos – argilas e siltes, junto com areia fina), que são o material que possui baixo teor de minério e que deve ser descartado de forma permanente em um reservatório.

O projeto e a construção das barragens de rejeito devem seguir a norma NBR 13028:2017 – Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos, elaborada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Para ser descartado, primeiramente o rejeito é misturado com água, transformando-se numa suspensão fluida (sólidos e água), também denominada como **polpa**, e então transportado do local do processamento de separação da mina até o reservatório da barragem, através de tubulações, canaletas ou até túneis. Desta forma, o rejeito ficará armazenado dentro do reservatório.

Quando a barragem de rejeito for desativada, ou seja, quando não houver mais disposição de rejeitos dentro do seu reservatório, a tendência é que o nível de água existente no reservatório de rejeitos irá baixar com o tempo, através de um eficiente sistema de drenagem interna da barragem, de forma que no final o rejeito fique mais seco dentro do reservatório.

Para otimizar os custos de implantação, é usual as barragens de rejeito serem **construídas por etapas**, de acordo com o planejamento operacional de extração de minério de cada mina, que é realizado para períodos futuros e longos, da ordem de 20 a 30 anos.

Existem três tipos de alteamento possíveis para uma barragem de mineração, sendo mais comum o primeiro:

- A montante;
- De linha de centro;
- A jusante.

Deve-se observar também que existe outra técnica para armazenamento de rejeitos que não envolve a construção de uma barragem: é a técnica de **empilhamento a seco**, que consiste em submeter o rejeito a um processo de secagem e depois empilhar o rejeito já seco.

Outra alternativa para evitar o armazenamento de rejeitos de mineração consiste no seu aproveitamento para outras finalidades, tais como fabricação de blocos de alvenaria e pisos, entre outros. Um exemplo é a adição de gesso residual de mineração para execução de argamassas, conforme foi analisado e relatado por OLIVEIRA *et al* (2012). Também pode ser realizado o aproveitamento de resíduo ferroso proveniente da indústria de extração de rochas fosfáticas (para fabricação de fertilizantes) em substituição ao agregado miúdo natural, para confecção de compósitos cimentícios, assunto este que foi pesquisado e relatado por SILVA *et al*. (2013).

### 3.1 – Alteamento a Montante

Consiste na execução de um dique (aterro) de partida inicial, constituído por solo fino compactado, com altura variável de 10 a 15 m. Este dique permite que seja iniciado o despejo do rejeito num ponto a montante do reservatório, ao longo do curso do rio. Quando o reservatório for alteado e o nível de rejeitos começar a ficar próximo da parte mais alta do dique (crista), é executada a 2ª etapa de alteamento da barragem, através da execução de um novo dique, que tem uma pequena parte da sua base assentada na crista do dique de 1ª etapa, sendo que a maior parte da sua base fica apoiada em cima do rejeito existente no reservatório. E assim sucessivamente, como está indicado na Figura 1.

Este tipo de alteamento é o mais econômico dos três, em função do pequeno volume de aterro da barragem necessário para os sucessivos alteamentos. Por outro lado, este processo traz maiores riscos de ruptura que os outros dois processos, conforme será descrito mais adiante. Isto se deve a dois aspectos desfavoráveis para um bom funcionamento da barragem.

a) A linha freática (linha superior da água no interior da barragem) fica próxima do talude de jusante (externo) da barragem, em vários pontos do aterro da barragem. Este aspecto pode trazer os seguintes problemas para a barragem:

- **Surgências de água no talude de jusante da barragem** – indicadas pela ocorrência de regiões úmidas na face externa da barragem.

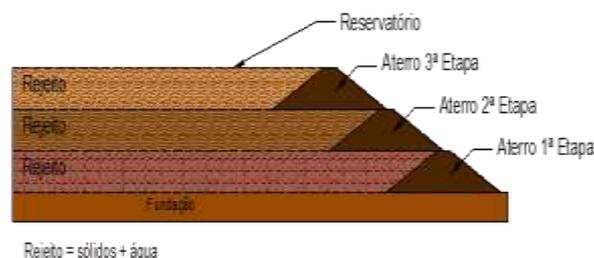
- **“Piping”** – erosão interna regressiva, ou seja, a água arrasta os grãos de solo para fora do maciço da barragem. É indicado pelo surgimento de pontos, no talude de jusante da barragem, nos quais está saindo água suja (água com grãos de solo).

b) A maior parte da base do aterro de uma etapa de alteamento (dique) fica assentada sobre o reservatório de rejeito da etapa anterior. Este aspecto pode trazer problemas sérios ao aterro da barragem, tais como:

- **Diminuição do nível (fator) de segurança da barragem** – causado pelo baixo valor da resistência ao cisalhamento do material do rejeito, que pode provocar a ruptura total da barragem.

- **Liquefação** – solo do aterro da barragem passa ao estado líquido (resistência ao cisalhamento nula), devido aos elevados valores de pressões neutras nos vazios do solo do aterro da barragem, acarretando uma ruptura brusca (rápida) do maciço da barragem como um todo. Este último evento é catastrófico, com a possível perda de vidas humanas, além de causar danos materiais e ambientais. O surgimento de elevados valores de pressões neutras também está associado a um sistema de drenagem interna da barragem deficiente ou até inexistente.

Figura 1 – Alteamento a Montante – Seção Típica

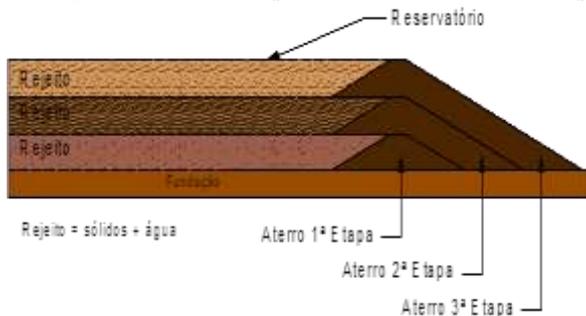


Fonte: Autores, 2019.

### 3.2 – Alteamento de Linha de Centro

Sua execução é similar ao processo anterior, com um dique de partida inicial, em solo fino compactado, mas os alteamentos sucessivos são executados de forma que seja mantida a verticalidade do eixo da barragem. Neste tipo de alteamento, a maior parte do dique de 2ª etapa é constituído por aterro compactado, assentado sobre o dique de 1ª etapa, ficando uma pequena parte apoiada em cima do rejeito existente no reservatório. Desta forma, são executados os alteamentos sucessivos, conforme está apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Alteamento por Linha de Centro – Seção Típica



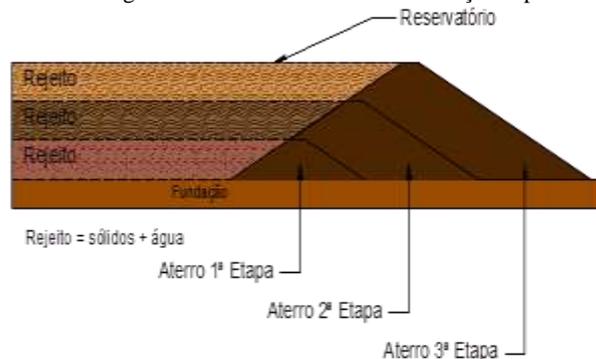
Fonte: Autores, 2019.

Este tipo de alteamento é mais caro que o anterior, pois exige um volume maior de aterro da barragem para os seus sucessivos alteamentos. Porém este processo provoca riscos de ruptura menores que o de alteamento a montante, pois a linha freática fica mais afastada do talude de jusante da barragem, e a maior parte do aterro de uma etapa de alteamento fica assentada sobre o aterro da etapa anterior, que possui resistência ao cisalhamento maior que a do rejeito.

### 3.3 – Alteamento a Jusante

Consiste na execução de um dique de partida inicial, em solo fino compactado, com os alteamentos sucessivos sendo executados de forma que o aterro de uma etapa de alteamento da barragem fique apoiado integralmente sobre o aterro da etapa anterior, pois o corpo da barragem é alteado sobre o talude de jusante. Assim o aterro da barragem nunca fica apoiado em cima do rejeito já depositado no reservatório. Desta forma são executados os alteamentos sucessivos, conforme está apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Alteamento a Jusante – Seção Típica



Fonte: Autores, 2019.

Este tipo de alteamento é o mais caro dos três, pois necessita de maior volume de aterro para os sucessivos

alteamentos da barragem, em relação aos dois processos anteriores. Entretanto, é considerado o processo mais seguro de todos, com menor risco de ruptura da barragem, por causa de dois aspectos favoráveis a um funcionamento adequado da barragem:

a) O aterro compactado da barragem está totalmente construído sempre em cima do aterro executado na etapa anterior de alteamento, que é um material com resistência adequada, minimizando os riscos de uma ruptura da barragem.

b) A linha freática está mais afastada ainda do talude de jusante, em comparação ao alteamento por linha de centro.

Assim sendo, estes dois aspectos contribuem para minimizar a possibilidade de ocorrência de surgências de água no talude de jusante, “piping” no interior do aterro da barragem e ruptura da barragem por liquefação do seu aterro, desde que a estabilidade da barragem tenha sido verificada de forma adequada no seu projeto, e sua construção tenha sido executada de forma satisfatória, com uma fiscalização (de execução e de controle tecnológico) eficiente.

## IV. RISCOS E CONDICIONANTES GEOLÓGICOS ASSOCIADOS, MONITORAMENTO E CONTROLE

### 4.1 – Riscos Geológicos

As ocorrências de processos geológicos, naturais ou induzidos, têm a denominação de eventos quando não acarretam danos sociais ou materiais. Se as ocorrências causam perdas/danos às pessoas e suas propriedades, passam a ser denominadas acidentes e o risco geológico é a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de acidentes associados a processos geológicos (ABGE, 2018).

Os **riscos geológicos** têm a seguinte classificação:

- **Endógenos** – quando associados a processos da geodinâmica interna da Terra, como terremotos, atividades vulcânicas ou “tsunamis”;

- **Exógenos** – quando associados a processos da geodinâmica externa da Terra, como escorregamentos, inundações, erosões, assoreamentos, colapso dos solos e expansão dos terrenos (ABGE, 2018).

Para a determinação do grau de probabilidade de ocorrência do processo ou risco geológico podem ser utilizados os seguintes critérios, em função da potencialidade de ocorrência de acidentes e das evidências de processos observadas: risco baixo (R1), risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4) (Min. Cidades/IPT, 2007).

### 4.2 – Condicionantes Geológicas para Funcionamento de Barragens

Para o projeto, construção e operação de barragens devem ser considerados os seguintes condicionantes geológicos, descritos a seguir (ABGE, 2018):

- **Solos e rochas decompostas** – a cobertura de solos e de rochas decompostas ou alteradas, utilizada para assentamento de fundações e como materiais de empréstimo.

- **Mação rochoso** – a matriz rochosa, utilizada como fundação e material de empréstimo na construção de barragens, precisa ser devidamente classificada.

- **Descontinuidades** – para a previsão do comportamento dos maciços rochosos devem ser consideradas as feições estruturais como: estratificação,

xistosidade (foliação), fraturas, dobramentos, contatos e falhas.

- **Percolação** – no reservatório, no corpo e na fundação das barragens, o comportamento da água (permeabilidade e condutividade) deve ser totalmente caracterizado.

#### 4.3 – Monitoramento e controle

Para a construção e operação de barragens são utilizados procedimentos de observação de comportamento, no sentido de controlar as condições de segurança, comprovar a validade das hipóteses adotadas e dos métodos de cálculo utilizados no projeto e verificar a necessidade da adoção de medidas corretivas (ABGE 2018).

A auscultação de uma barragem, que consiste no conjunto de métodos de observação e controle de sua construção e operação, deve ser realizada durante toda sua vida útil, e pode ser feita através de: inspeções visuais e instrumentação geotécnica.

As **inspeções visuais**, com periodicidade definida, são inspeções “in situ” que possibilitam observar: abatimentos localizados, danos ao sistema de proteção, surgências de água, desagregação de blocos de rochas, fissuras por ressecamento, fissuras por tração, fissuras por recalques diferenciais, obstrução da drenagem superficial, obstrução da drenagem interna e erosões laminares ou de ravinamento.

A **instrumentação geotécnica** consiste no processo de aquisição, registro e processamento sistemático dos dados obtidos através de instrumentos de medição instalados no corpo ou fundação da barragem, e tem como objetivos: conhecer o comportamento do maciço e da estrutura e auxiliar na avaliação das condições de percolação e de estabilidade.

Para as medições de deslocamentos verticais são utilizados tassômetros e placas de recalque. Para definir os deslocamentos horizontais são utilizados marcos superficiais e o inclinômetro. A posição da linha freática é determinada pelos medidores de nível de água. As pressões intersticiais (neutras) no interior das barragens são medidas pelos piezômetros, que podem ser tubulares, hidráulicos, pneumáticos ou elétricos.

## V. ACIDENTES EM BARRAGENS DE REJEITO

Antes de analisar os acidentes em barragens de rejeito, é importante observar que são diversas as causas que podem acarretar a ruptura de uma barragem, em termos gerais. Uma pesquisa realizada pelo USBR (1983), abrangendo todos os tipos e finalidades das barragens, resultou numa estatística citada por PEREIRA e HORA (2017), indicando que 59% das rupturas de barragens ocorreram por causas geológico-geotécnicas e 23% por vertedouros inadequados (subdimensionados).

Com relação às barragens de rejeito, já aconteceram no Brasil alguns acidentes com rupturas parciais ou totais anteriormente, porém sem ter provocado grande destaque na Engenharia Civil, nos meios de comunicação e na opinião pública, em função de sua gravidade ter sido menor.

Entretanto, ocorreram duas rupturas recentes e de grandes proporções em barragens de rejeito, descritas a seguir, que chamaram muito a atenção para este tipo de problema, em termos nacionais.

A primeira delas é a ruptura da **Barragem de Fundão**, situada em **Mariana** (MG), ocorrida em 05/11/2015, com um total de 19 mortes. O volume armazenado de rejeitos estava

em torno de 50 milhões de m<sup>3</sup>. Houve destruição de dois vilarejos (distritos de Bento Rodrigues e Paracatu de Baixo) e de várias propriedades rurais, situados a jusante da barragem; e poluição total do Rio Doce até sua foz no Oceano Atlântico, na cidade de Linhares (ES), ao longo de mais de 600 km de extensão do rio. Esta ruptura causou o que é considerado atualmente como o maior desastre ambiental do mundo, envolvendo uma barragem de rejeito.

A segunda ruptura é a da **Barragem I da Mina do Feijão**, situada em **Brumadinho** (MG), que ocorreu em 25/01/2019, com um total de 270 vítimas fatais (entre mortos e desaparecidos). O volume armazenado de rejeitos estava em cerca de 12,5 milhões de m<sup>3</sup>. Houve destruição de uma pousada e de várias propriedades rurais; e poluição de cerca de 80 km de extensão do Rio Paraopeba, antes deste desaguar na Barragem de Três Marias. Felizmente a poluição não chegou a atingir o Rio São Francisco, o que ampliaria essa catástrofe ambiental.

Esta ruptura é considerada o maior desastre em barragens, em relação ao número de vítimas fatais (mortos e desaparecidos) no Brasil. Também é considerado o terceiro maior desastre mundial em barragens de mineração, perdendo apenas para as rupturas da Barragem de Sgorigrad, na Bulgária, ocorrida em maio de 1966 (488 pessoas mortas) e da Barragem de El Cobre, no Chile, ocorrida em março de 1968 (cerca de 300 vítimas fatais). Deve-se observar que essas rupturas são um tanto antigas, referidas a uma época em que não se dispunha de recursos tecnológicos mais modernos para a disposição de rejeitos e acompanhamento da construção de barragens.

Deve-se salientar que ambas as barragens (**Mariana e Brumadinho**) foram construídas pelo **processo de alteamento por montante**, considerado o de menor custo, mas o de maior risco. A Barragem de Mariana ainda estava em operação, depositando-se rejeito no seu reservatório. A Barragem de Brumadinho estava desativada há três anos e meio.

Além dessas duas, a VALE comunicou, no final do mês de maio de 2019, que outra barragem de rejeito está correndo o risco de uma ruptura. É a **Barragem Sul Superior**, da **Mina do Gongo Soco**, localizada na cidade de Barão de Cocais (MG), a cerca de 100 km de Belo Horizonte, e que armazena um volume de rejeitos em torno de 6,5 milhões de m<sup>3</sup>.

O que está ocorrendo é que um dos taludes da cava da mina, que tem cerca de 100 m de profundidade e está desativada desde 2016, convive com alto risco de ruptura, pois as movimentações medidas no topo do talude indicam que a velocidade de deslocamento já está atingindo uma grandeza da ordem de 25 a 30 cm por dia. Antes, tais deslocamentos eram da ordem de 10 cm por ano!

A provável ruptura desse talude deverá ocorrer para dentro da cava da mina, sem consequências diretas para a Barragem Sul Superior. Porém, existe o receio de que a ruptura desse talude, que está localizado a cerca de 1,5 km da barragem, poderia induzir vibrações (sismos de pequena magnitude), que poderiam provocar uma ruptura por liquefação dinâmica na barragem. A VALE estima em 15% a probabilidade dessa ocorrência, mas não explica de onde veio esse cálculo. Como comparação, as Barragens de Brumadinho e Mariana romperam por liquefação estática, causada pelo excesso de pressão neutra (água nos vazios entre os grãos do solo). Deve-se novamente frisar que a Barragem de Mariana estava em operação (recebendo rejeitos),

enquanto a Barragem de Brumadinho estava desativada há cerca de 3,5 anos.

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante destacar que o Brasil possui uma engenharia de barragens de excelente qualidade técnica, reconhecida internacionalmente.

Pode-se citar também a barragem mais alta do Brasil, que é a da UHE Irapé (BA), com 208 m de altura, o que equivale a um edifício de 70 andares! Como curiosidade, pode-se citar também a barragem mais longa do Brasil, da UHE Porto Primavera (SP), com cerca de 15 km de extensão.

Também se deve declarar que não são todas as barragens brasileiras de rejeito que têm alto risco de ruptura. São especialmente aquelas construídas por alteamento a montante. No caso de Brumadinho, havia cerca de 60 instrumentos geotécnicos instalados dentro do seu aterro e do reservatório, para monitoramento do seu comportamento: piezômetros (para medir pressões neutras), medidores de nível de água (para medir a profundidade do lençol freático), marcos topográficos superficiais e um radar para medição de deslocamentos superficiais, entre outros. E as leituras desses instrumentos eram realizadas, analisadas e acompanhadas de modo rotineiro, além de haver inspeções visuais periódicas, conforme está previsto na legislação brasileira de segurança de barragens.

A barragem era classificada como sendo de baixo risco de ruptura, mas de alto risco de danos pessoais (vítimas fatais) e materiais. Infelizmente o risco de ruptura não era baixo, como ficou comprovado pelo rompimento, que ocorreu por liquefação. Já o risco de danos pessoais era mesmo elevado: as instalações do escritório e do refeitório dos funcionários da Mina do Feijão estavam localizadas a jusante da barragem, no caminho que o fluxo de lama proveniente da ruptura iria percorrer, como realmente aconteceu.

Também houve relatos de execução de drenos horizontais profundos (DHPs) no aterro da barragem, meses antes da sua ruptura, para baixar a linha freática do rejeito e barragem, que estava em posição muito elevada, embora a barragem já tivesse sido desativada. Mas essa atividade foi interrompida, pois estava causando sérios danos ao maciço da barragem. E no dia da ruptura estavam sendo executadas sondagens na barragem, provavelmente com circulação de água e furos não revestidos (técnica perigosa para este caso), por uma empresa contratada. Isto sugere que estava sendo feito um estudo para melhorias no sistema de drenagem interna do aterro, que deveria possuir sérias deficiências.

Deve-se salientar que este artigo não pretende discutir as responsabilidades pela ruptura das duas barragens (Brumadinho e Mariana), que são objeto de investigação policial e de processo judicial, ambos em andamento. Este trabalho procurou focar os aspectos técnicos de uma barragem de rejeito, seus tipos de alteamento, seu funcionamento e os riscos associados.

Porém é importante observar que, após a ocorrência da ruptura de Brumadinho, **outras barragens brasileiras de rejeito** foram consideradas em **situação crítica**, pelo Governo ou pelas empresas envolvidas, o que é muito preocupante. Além disso, existem muitas dessas barragens que nunca foram inspecionadas, sendo que uma boa parte delas já foi desativada, mas que podem estar em situação de alto risco, sem que haja o conhecimento por parte das proprietárias (empresas de mineração) e do Poder Público, estando várias delas completamente abandonadas.

Para o funcionamento adequado de uma barragem, de qualquer finalidade, são requisitos básicos: plano de emergência, sistema de alerta e alarme envolvendo defesa civil e sistema de saúde, com a participação das comunidades locais (FREITAS *et al*, 2016).

Após o acidente da Barragem de Fundão, em Mariana, o Estado de Minas Gerais suspendeu o licenciamento ambiental de novas barragens de rejeito com método de alteamento a montante, conforme Decreto Estadual nº 46.933/2016 (PASSINI e THOMÉ, 2018).

Como recomendação, pode-se sugerir que sejam discutidas alterações na Lei Nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens, com relação aos seguintes aspectos:

- Proibição definitiva de construção de novas barragens alteadas a montante. Isto já foi feito em alguns estados, embora sem uma verificação mais precisa do seu cumprimento, mas não a nível federal.

- Alteração no protocolo técnico de verificação da segurança de barragens de mineração, com a realização de análises probabilísticas para avaliação dos riscos e uma definição mais clara desses riscos envolvidos e das respectivas responsabilidades por eles.

- Todas as barragens alteadas a montante terão até o dia 15 de agosto de 2021 para concluir o descomissionamento, a descaracterização da barragem (ANM, 2019a)

- Não isenção da responsabilidade da empresa proprietária da barragem, nos atestados de estabilidade das barragens de rejeito. Pela lei atual, a proprietária da barragem é corresponsável por esta análise, em conjunto com a empresa que é contratada para realizar esse trabalho. A ideia é que a proprietária da barragem seja a única responsável por esse atestado, pois de fato é dela a responsabilidade pela gestão do ativo em estudo, não importando qual empresa irá elaborar o atestado.

Conforme a Portaria DNPM 70.389/2017, será interdita imediatamente toda barragem que não comprovar sua estabilidade por meio do DCE. Interdição essa que poderá ser suspensa quando ocorrerem intervenções de forma segura e adequada, descomissionamento ou descaracterização da barragem (ANM, 2019b).

## VII. REFERÊNCIAS

ANM. **Nota Explicativa – 15/02/2019:** segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes. Agência Nacional de Mineração, 2019a. Acessado em 05 de dezembro de 2019, de <http://www.anm.gov.br/noticias/nota-explicativa-sobre-tema-de-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou-alteadas-pelo-metodo-a-montante-alem-de-outras-especificidades-referentes>.

ANM. **Nota Técnica, Resultado Consolidado das Declarações de Condição de Estabilidade.** Agência Nacional de Mineração, 2019b. Acessado em 26 outubro 2019, de <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/nota-tecnica-do-resultado-da-declaracao-de-condicao-de-estabilidade.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL (ABGE). **Geologia de Engenharia e Ambiental** – Vol. 2 – Métodos e Técnicas, Editores: OLIVEIRA, A. M. E MONTICELLI, J.J. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13028:2017 – **Mineração** – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – Requisitos.

FONSECA, A. R. **Auscultação por Instrumentação de Barragens de Terra e Enrocamento para Geração de Energia Elétrica** – Estudo de Caso das Barragens da UHE São Simão, Dissertação (Mestrado) – UFOP. Ouro Preto, 2003.

FREITAS C. M; SILVA M. A; MENEZES F, C. **O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres.** Ciência Cult (São Paulo) 2016.

Lei Nº 12.334/2010 – **Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)**. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT: **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**, Editores: CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. e OGURA, A. T. Brasília, 2007.

OLIVEIRA, P. T.; GANIME, J. F.; KELES, J. G.; SILVA NETO, J. T.; RESENDE, D. S. e BEZERRA, A. C. S. Comportamento Mecânico de Argamassas com Adição de Gesso Residual da Indústria Mineradora. **Revista SODEBRAS [on line]**. v. 7, n.84, Dez./2012, p. 6-9. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N84.pdf>. Acesso em: 10 jun.2019.

PASSINI, M. L.; THOMÉ, R. Barragens de rejeitos de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em Minas Gerais. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista** – UNIOESTE/MCR, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 34, p. 49-65, 2018.

PEREIRA, G. M. e HORA, A. F. Causas de Rupturas de Barragens: Estudo de Casos. XXXVII International Sodebras Congress, **Revista SODEBRAS [on line]**. v.12, n.141, Set./2017, p.137-140. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N141.pdf>. Acesso em: 10 jun.2019.

SILVA, A. A.; RESENDE, D. S.; SILVA NETO, J. T.; BEZERRA, A. C. S. e GOUVEIA, A. M. C. Resíduo Ferroso na Indústria Mineradora de Fosfatos como Agregado Miúdo em Compósitos Cimentícios. **Revista SODEBRAS [on line]**. v. 8, n.85, Jan./2013, p. 63-66. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N85.pdf>. Acesso em: 10 jun.2019.

UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION – USBR. **Dams and Public Safety**. A Water Resources Technical Publication. Denver, 1983.

## VIII. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 29/08/2019*

*Aprovado em: 12/12/2019*



## ESTUDOS DE ARRANJO DE PLATAFORMA FLUTUANTE PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM LAGOS/RESERVATÓRIOS DE UHE'S

### FLOATING PLATFORM ARRANGEMENT STUDIES FOR IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN HPP'S LAKES/RESERVOIRS

JOÃO ANTONIO PEREIRA<sup>1</sup>, ANTONIO EDUARDO TURRA<sup>1</sup>, AMARILDO TABONE PASCHOALINI<sup>1</sup>,  
RUI GELEHRTER COSTA LOPES<sup>2</sup>,  
DEMOSTENES BARBOSA DA SILVA<sup>3</sup>, MANOEL DIAS<sup>4</sup>

1 - UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA  
SOLTEIRA; 2 - GELEHRTER CONSULTORIA LTDA; 3 - BASE ENERGIA SUSTENTÁVEL;  
4 - PVSOLAR

*joao.a.pereira@unesp.br, eduardo.turra@unesp.br, amarildo.tabone@unesp.br; ruigclopes@gmail.com;  
demostenes.silva@basengenharia.com.br; manoel.dias@pvsolar.com.br*

**Resumo** – Neste artigo é discutido o projeto de Arranjos de Plataformas Flutuantes para implementação de Sistemas Fotovoltaicos (PV) em Lago/Reservatórios de Usinas Hidrelétricas (UHE's), mais especificamente, a implementação de uma planta PV piloto de 25,0 kWp no lago da UHE Eng. Sérgio Motta, em Porto Primavera, SP. São apresentados o levantamento e a avaliação de algumas tecnologias já existentes, bem como os motivos que levaram à proposta de desenvolvimento e confecção de módulos flutuantes próprios. Os módulos flutuantes projetados foram confeccionados em duas tecnologias diferentes, Rotomoldagem e Fibra de Vidro, levando a uma reestruturação da planta original em duas plantas de 12,5 kWp cada. As duas plantas foram comissionadas em agosto de 2016 e os parâmetros de geração de energia e degradação dos flutuantes estão sendo monitorados para avaliação do Arranjo de Plataforma Flutuante proposto.

**Palavras-chave:** Sistema Fotovoltaico Flutuante. Geração Fotovoltaica. Reservatório de Usina Hidrelétrica.

**Abstract** – In this article is discussed the development of Floating Platform Arrangement for implementation of Photovoltaic (PV) systems in Lakes/Reservoirs of HPP's, more specifically, the design, confection and installation of a pilot plant of 25,0 kWp in the lake of the Hydroelectric Power Plant Eng. Sérgio Motta, in Porto Primavera, SP. In the present study were presented a survey and an evaluation of some existing technologies, as well as the reasons that led to the proposal to developing of the own floating modules. The developed floating modules were manufactured in two different technologies, Rotational Molding and Fiberglass, which led to a restructuring of the original plant in two plants of 12,5 kWp each. Both plants were commissioned in August 2016 and the parameters of energy generation and degradation are being monitored for performance evaluation of the developed Floating Platform Arrangement.

**Keywords:** Floating Photovoltaic Plant. Photovoltaic Generation. Hydropower Reservoirs.

#### I. INTRODUÇÃO

A demanda do sistema energético no Brasil pelo aumento da disponibilidade de energia, aliada à necessidade de mitigações dos efeitos e impactos da implantação de novas plantas, tem levado à busca por meios de produção de energias renováveis de menor impacto ambiental (TOLMASQUIM, 2012). Para isso, novas fontes de energia renováveis vêm sendo incorporadas na matriz energética brasileira, com investimentos principalmente na energia eólica (MME, 2016), com vários parques já instalados e, mais recentemente, com investimentos na instalação de usinas de energia solar (SILVA, 2012).

No seguimento de energia solar, uma nova proposta que tem sido discutida é o desenvolvimento de plantas fotovoltaicas em água, em que a locação dos painéis coletores de energia é feita diretamente sobre reservatórios, utilizando arranjos flutuantes como base para a instalação dos painéis, ao invés da tradicional instalação em terra.

Esta é uma opção bastante atrativa devido a uma série de vantagens que têm sido apontadas, algumas já comprovadas, outras ainda em investigação. Dentre elas, destacam-se:

- A possibilidade de integração com a planta Hidrelétrica, onde a planta fotovoltaica seria integrada a infraestrutura já existente e toda a energia fotovoltaica gerada poderia ser despachada diretamente no sistema e, eventuais excedentes, seriam armazenados no próprio reservatório com a redução da vazão equivalente.

- Aproveitamento de áreas alagadas com a redução de custos de imobilização de terras, principalmente em regiões produtivas (STRANGUETO, 2016);

- A proximidade dos módulos de células fotovoltaicas com a água pode melhorar o arrefecimento do sistema, aumentando o rendimento das células fotovoltaicas quando comparado com sistemas dispostos em terra (YOUNG-KWAN, 2013);

- Redução da evaporação devido à área coberta pelos flutuantes não sofrer a incidência direta dos raios solares (DAS, 2014), esse seria um aspecto bastante relevante em pequenos lagos e reservatórios utilizados para irrigação.

- Facilidade de atendimento a comunidades ribeirinhas.

Neste contexto, a utilização da superfície de lagos de Usinas Hidrelétricas para implantação de Plantas Fotovoltaicas Flutuantes visando à utilização, de forma integrada, dessas diferentes fontes de energia é uma proposta promissora que esta alinhada à disponibilidade de conexão com a rede elétrica de distribuição já existente, dispensando assim a necessidade do armazenamento da energia solar, quando excedente, evitando, dessa forma, custos econômicos e ambientais.

O presente trabalho é parte do projeto de P&D PED-0061-0043/2014, da ANEEL – CESP, intitulado “Integração de Plantas Eólicas e Solares Fotovoltaicas a Usinas Hidrelétricas Existentes: Uma Abordagem via Complementação Energética com o suporte prático de plantas Piloto com diferentes tecnologias” que teve como objetivo principal o estudo e avaliação de complementaridade de diferentes fontes de energia, energia fotovoltaica e eólica, integrada a usinas hidrelétricas por meio de plantas pilotos instaladas nas proximidades da UHE Engenheiro Sérgio Motta, em Porto Primavera, SP.

A proposta de utilização de lagos de UHE para instalação de Planta Fotovoltaica Flutuante para operar de forma integrada com a UHE contemplada no projeto de P&D foi uma proposta pioneira no país. Apesar do grande potencial de aplicação, decorrente da grande capacidade hidrelétrica instalada no país, este foi o primeiro projeto aprovado pela ANEEL neste tema. Em termos internacionais, a utilização de lâminas d’água para instalação de sistemas fotovoltaicos já vinha sendo explorada à época de aprovação do projeto, mas ainda de forma incipiente, estando restrita a investigações pontuais em condições que diferem significativamente das condições dos grandes lagos do país. Na maioria das instalações encontradas na literatura, os lagos utilizados ainda eram lagos de pequeno porte ou em áreas protegidas (FERRER-GISBERT, 2013; TRAPANI, 2015) o que tornou a proposta de instalação da PV Flutuante um desafio ainda maior.

Nesse artigo, em específico, não será abordada a planta fotovoltaica como um todo, será discutido apenas o projeto e o desenvolvimento do Arranjo de Plataforma Flutuante utilizado na instalação da planta piloto.

## II. ESTUDOS E LEVANTAMENTOS PRELIMINARES

Na etapa de revisão e avaliação das tecnologias disponíveis, foi feita a revisão de vários trabalhos de pesquisa e estudos voltados para a montagem de usinas fotovoltaicas em lagos, incluindo, um levantamento de empresas no exterior, que de certa forma, já possuíam experiência e *know how* na geração de energia solar em ambientes aquáticos (SPG Solar, 2014, CIEL ET TERRE, 2014).

Nas avaliações e análises realizadas ficou claro que esta não era uma tecnologia totalmente nova e que a proposta de instalação de plantas para geração de energia fotovoltaica em água já existia em vários países da Europa, Ásia e América do Norte (TRAPANI e REDÓN-SANTAFÉ; 2015). Entretanto, em nível nacional esta era uma tecnologia ainda incipiente e nos levantamentos realizados na elaboração do

projeto não foi localizado material bibliográfico consistente a respeito do assunto.

Desta forma, o desafio, em um primeiro momento, seria a adequação das tecnologias internacionais já existentes para o projeto proposto. Entretanto, como ficou claro no levantamento e pesquisas realizadas, o desafio era um pouco maior, visto que nos trabalhos avaliados, as condições dos lagos eram razoavelmente bem comportadas, o que não corresponderia às condições do lago da UHE Eng. Sérgio Motta, local da instalação da planta fotovoltaica flutuante. Mais ainda, empresas como a *Ciel et Terre* que possuía tecnologia consolidada de modelos de plataforma e módulos flutuantes apresentavam restrição ao seu uso em ambiente com grandes ondas. As recomendações sugeriam ambientes com ondas de no máximo 1 metro (CIEL & TERRE, 2012).

Na elaboração do pré-projeto, ficou claro que a instalação de plantas flutuantes em lagos com ondas de grandes amplitudes era um desafio pouco tratado. E, portanto, seria necessário um estudo mais detalhado das características, tanto do projeto do flutuador, quanto das condições do lago em si, já que grandes amplitudes de ondas podem resultar em esforços estruturais que podem levar à instabilidade dinâmica ou até mesmo danificar os flutuantes e, conseqüentemente, os painéis PV.

O levantamento dos aspectos e detalhes referentes às condições ambientais e de localização da instalação da planta mostrou que as condicionantes de ventos e ondas no lago da UHE Engenheiro Sérgio Motta (DALL’AGLIO *et al.*, 2011) são bastante desfavoráveis e muito diferentes das condições da maioria dos lagos utilizados nos trabalhos e artigos analisados. Conseqüentemente, estas condicionantes, condições de ventos e ondas passaram a ser fundamental para o norteamento do projeto do flutuador.

## III. IDENTIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO LAGO NA REGIÃO DE INSTALAÇÃO DA PLANTA FLUTUANTE

A identificação das condições do lago com relação à direção de ventos onde ocorrem as ondas de maiores amplitudes foi o primeiro passo para o desenvolvimento do projeto do flutuador. Para isso, foi usada uma estação de medição de ondas e ventos, instalada na margem esquerda (ME), nas proximidades do local onde a planta flutuante seria posicionada. A Figura 1 apresenta uma vista por satélite, obtida em 2016, utilizando a ferramenta Google Earth, das proximidades do local de instalação da planta flutuante. Região próxima à ME da Usina.

Figura 1 - Vista do Google Earth da região do lago próxima à ME da UHE Eng. Sérgio Motta

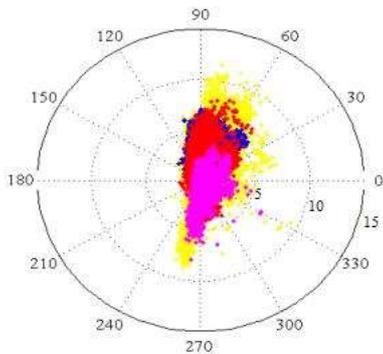


Fonte: Google Earth – adaptado pelos autores.

Para medição das ondas foi utilizado um ondógrafo do tipo ótico e um anemômetro para medida das velocidades e direções dos ventos (PEREIRA *et al.*, 2014).

O processamento e análise dos dados levaram às informações das condições predominantes de ventos, onde nota-se que os maiores valores de velocidades médias do vento ocorrem numa faixa de direção de 60° a 90° em relação à direção do anemômetro, conforme indicado na Figura 2.

Figura 2 - Dados típicos coletados na estação de medição, mostrando as direções de ventos



Fonte: próprios autores.

### 3.1 – Local

A área destinada aos flutuantes fica a montante da UHE adjacente ao acesso norte da eclusa, margem esquerda conforme pode ser observado na Figura 1. A área é abrigada lateralmente ao Sul por um molhe de pedras, porém desabrigada em relação a ventos e ondas do N – NE.

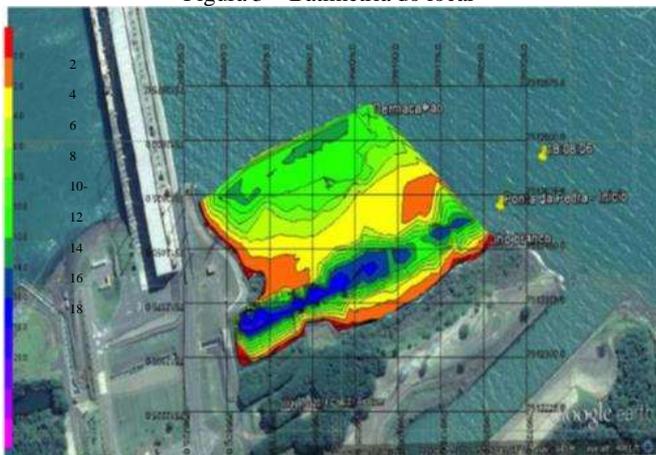
### 3.2 - Formação de ondas

Quando os ventos sopram na direção N-NE sob um “fetch” de aproximadamente 12 km, as ondas chegam a ter uma altura máxima de  $\lambda = 2,5$  m e comprimento de  $L = 10$  m, com períodos de  $T = 7$  s (DALL’AGLIO *et al.*, 2011). Para efeito de projeto foram adotadas as seguintes condições de ondas médias:  $\lambda = 2,0$  m e  $L = 10$  m

### 3.3 - Batimetria

Para identificar o perfil do fundo do lago no local de instalação da planta foi realizado um estudo batimétrico cujo resultado está indicado na Figura 3 (TROVATI, 2014).

Figura 3 – Batimetria do local



Fonte: Google Earth – adaptado pelos autores.

Para efeitos de cálculos do projeto de sustentação dos flutuantes por cabos, foram adotadas profundidades variando entre 6,0 m e 20,0 m.

## IV. CONCEPÇÃO E ANTEPROJETO DO ARRANJO DA PLATAFORMA FLUTUANTE

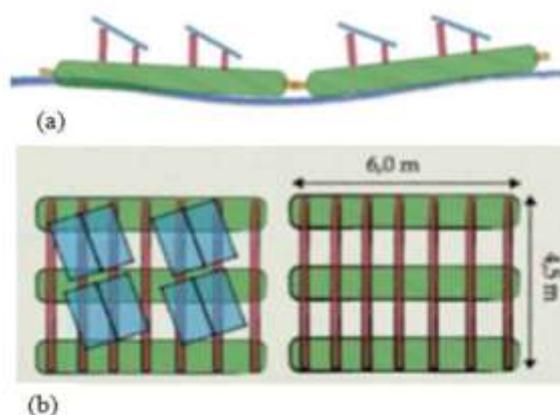
Uma das grandes restrições de projeto do arranjo da plataforma flutuante foram as condições ambientais da região, com grande incidência de ventos, gerando ondas de até 2 metros de altura e comprimento de onda de 10 metros (condição de projeto). Nessas condições um sistema flutuante estaria submetido a situações semelhantes às condições de mar aberto onde esforços sobre estruturas flutuantes podem se tornar excessivamente elevados – momentos fletores e forças cortantes.

No sentido de minimizar esses efeitos de condições de “mar” é usual no projeto de sistemas flutuantes se utilizarem subsistemas ou módulos flutuantes com operações independentes ou semi-independentes, pois em sistemas flutuantes com estruturas rígidas os momentos fletores sobre a viga navio, exigiriam grandes reforços estruturais. Numa operação independente os módulos flutuantes não possuem conexão entre si. Já na operação semi-independente os módulos flutuantes possuem articulações que podem permitir livre movimentação entre os módulos em 2 ou 3 graus de liberdade. Adicionalmente, neste tipo de operação é aconselhável posicionar os flutuantes no sentido longitudinal ao fluxo de água (de ondas) e de ventos.

A proposta do Anteprojeto do Arranjo da Plataforma Flutuante inicial foi elaborada considerando as premissas discutidas acima e tendo como base o trabalho de Young-Geun Lee *et al.*, (2014). O sistema flutuante foi subdividido em módulos flutuantes articulados longitudinalmente, permitindo que os módulos pudessem acompanhar o movimento das ondas, buscando assim reduzir os esforços. Para a confecção do módulo flutuante foram especificados materiais do tipo tubo de PVC como elemento flutuante e caverna perfil T e trincatriz, também de PVC, para conexão e montagem dos módulos.

Na Figura 4(a) esta indicada, esquematicamente, a concepção inicial do sistema flutuante, operação articulada no sentido longitudinal visando acompanhar as ondas. Na Figura 4(b) é mostrada a configuração da disposição dos painéis no módulo flutuante, compondo um conjunto rígido formado por 4 conjuntos de painéis.

Figura 4 – Esquema de Operação dos Módulos Flutuantes Articulados longitudinalmente (a) e disposição dos painéis no módulo (b)



Fonte: próprios autores

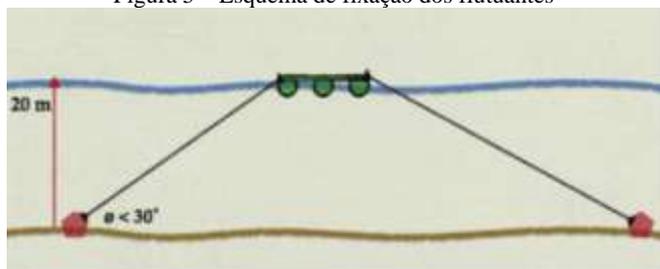
A disposição dos painéis no módulo flutuante foi dada em função das dimensões do módulo e da direção preferencial da onda, buscando evitar áreas de sombreamento e manter a face do painel voltada para o norte. Os painéis especificados foram painéis de módulos rígidos monocristalinos, com molduras de alumínio, dimensões de 1,658 x 990 x 50 mm e capacidade de geração de 0,25 kWp (MEMC SILVANTIS 250W). O número de conjuntos de painéis por módulo foi fixado de forma que o módulo tivesse um comprimento de 6 m e largura de 4,5 m. Esse comprimento se deve ao fato deste tamanho ser compatível com o comprimento padrão de materiais fornecidos no mercado (tubos de PVC).

#### 4.1- Fundeio e Amarração

Na batimetria da região definida para instalação da Planta foi identificado locais com profundidades de até 20 m. O fundo do lago, à semelhança das características geológicas aparentes nas margens, é do tipo rochoso basáltico. No caso, em função das próprias características do local de instalação foi proposto o uso de um conjunto de poitas, Figura 5.

A colocação de amarras nas extremidades dos cabos funciona como elemento elástico - amortecedor de sobre-esforços como comumente ocorrem em águas não abrigadas. As ondas nem sempre incidem sobre o flutuante na direção esperada e nem a intensidade é homogênea.

Figura 5 – Esquema de fixação dos flutuantes



Fonte: os próprios autores

## V. AVALIAÇÃO DE CUSTOS E PROPOSTAS ALTERNATIVAS

Com os elementos básicos do Arranjo Flutuante definidos, passou-se à análise dos custos de forma a atender às rígidas restrições orçamentárias do projeto. Juntamente com essa avaliação de custos, uma segunda alternativa passou a ser analisada, que seria adquirir os módulos flutuantes no mercado.

Algumas empresas no mercado internacional que já ofereciam este tipo de produto pronto foram contatadas, entretanto, por razões comerciais, não foi possível avançar nesta direção. No mercado nacional foi identificada uma empresa que trabalha com plataformas flutuantes para *piers* e assemelhados utilizando blocos flutuantes de PEAD, dimensões 500x500x410 mm. Nas discussões e tratativas com a empresa e em consonância com o levantamento e estudos realizados previamente, principalmente, as informações e parâmetros estimados no desenvolvimento do Arranjo da Plataforma Flutuante discutido no item IV, foi possível definir uma nova concepção para o desenvolvimento do Arranjo da Plataforma Flutuante, ainda utilizando o conceito de módulos flutuantes articulados. Nesta nova configuração, os módulos flutuantes seriam formados por um conjunto de 4 blocos de PEAD conectados rigidamente entre si, formando um único módulo flutuante de dimensões

1000x1000x410 mm e a disposição dos painéis seria individualizada, um único painel por módulos flutuantes. Esses módulos flutuantes seriam acoplados uns aos outros por conexões flexíveis. Essa opção se mostrou mais atraente para atender as condições de esforços na estrutura do painel, uma vez que o painel poderia acompanhar o movimento do módulo flutuante.

A proposta conceitualmente se mostrou adequada, mas a dificuldade na fixação dos painéis fotovoltaicos no módulo flutuante com a inclinação necessária em relação à lâmina d'água, que no caso foi estimada em 22° (para atender a latitude da região), assim como, o sistema de conexão entre módulos, tornou o custo final excessivo. Isso levou à opção pelo desenvolvimento de uma solução própria que poderia ser viabilizada a partir do desenvolvimento de módulos flutuantes específicos já um sistema de conexão flexível preparado e com a inclinação adequada para instalação dos painéis fotovoltaicos. A opção similar encontrada no mercado internacional apresentava inclinação fixa bem menor que o recomendado para a latitude do local.

## VI. DESENVOLVIMENTO DE FLUTUADOR PRÓPRIO.

A opção de desenvolvimento de um flutuador próprio foi consolidada, conforme discutido no item anterior, a partir da proposta de uso dos blocos flutuantes do fornecedor nacional de plataformas flutuantes e *piers* náutico. E pela possibilidade de se obter um flutuador com a inclinação especificada para instalação do painel.

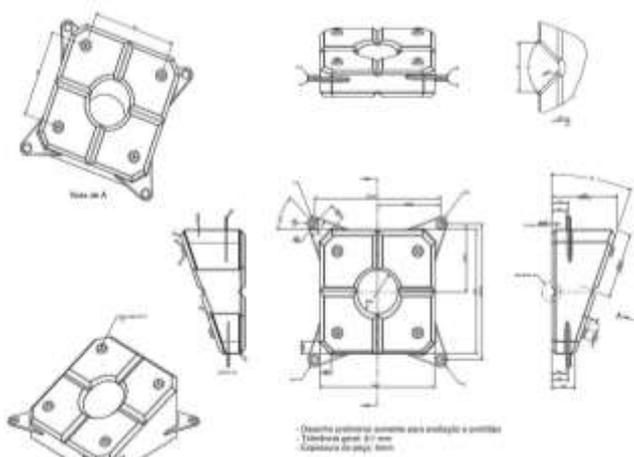
Nessa nova proposta de Arranjo de Plataforma Flutuante a fixação de cada painel se dá em um único módulo flutuante e cada módulo é conectado ao próximo, por um módulo flutuante espaçador, formando uma plataforma única. As conexões entre os módulos não permitem movimentos relativos entre eles nas direções do plano horizontal, mas permite pequenas rotações. Desta forma, a plataforma formada pelo conjunto de módulos opera como uma única estrutura flexível que acompanha o movimento de ondas e os painéis em si, quando ocorre a movimentação (oscilação) da plataforma devido ao efeito de ondas, movimenta livremente de forma independente.

Para avaliação inicial da concepção e das características dos módulos flutuadores e respectivo Arranjo, foi feito o modelo em CAD e, posteriormente, foi confeccionado o protótipo dos módulos físico em impressora 3D.

Na Figura 6 são mostrados os desenhos com os detalhes do módulo flutuante, as abas de conexão e a inclinação. O módulo espaçador é semelhante ao módulo flutuante sem a inclinação. Na instalação a inclinação do painel é de 22° com a direção voltada para o Norte

Na montagem, os painéis são instalados de forma independente, cada painel em um módulo flutuante e os módulos flutuantes são conectados entre si pelos módulos separadores. A conexão entre eles (módulos) é feita por parafusos especificados para atender os esforços provenientes da movimentação (oscilação) da plataforma devido às ondas incidentes e ventos.

Figura 6 – Diferentes vistas do módulo flutuante



Fonte: os próprios autores.

### 6.1 - Processo de produção dos módulos flutuantes

Vencida a etapa de concepção e construção dos modelos em impressora 3D passou-se para a busca de opções de processo e linhas de produção do produto. Entre as soluções de produção disponíveis, em função de custo e do tempo de produção demandado pelo projeto, foram encontradas duas soluções produtivas passíveis de serem utilizadas, quais sejam: Fibra de Vidro e Rotomoldagem. Ambas as soluções foram utilizadas, principalmente, para que se tivessem parâmetros comparativos entre os métodos produtivos e variações dimensionais entre eles.

Na Figura 7(a) são mostrados os modelos dos módulos flutuantes construídos pelo processo de rotomoldagem e na Figura 7(b) os modelos do módulo espaçador construído em Fibra de Vidro.

Figura 7 – Módulos Rotomoldados com inclinação 22° (a) e módulos espaçadores em Fibra de Vidro (b)



Fonte: os próprios autores.

O ângulo de inclinação do plano superior do módulo flutuante foi ajustado no próprio molde, em ambos os métodos e respectivas tecnologias de fabricação, para que o painel fosse instalado com a inclinação de 22°.

### 6.2 – Instalação do Arranjo da planta fotovoltaica flutuante

Os detalhes da concepção, conexões elétricas e montagem da planta fotovoltaica, conforme discutido anteriormente, não serão abordados neste artigo. O foco será dado apenas no Arranjo da Planta Flutuante para instalação da planta piloto proposta do projeto de P&D.

Para contemplar as duas tecnologias de fabricação dos módulos flutuantes, a Planta Fotovoltaica Flutuante original de 25 kWp a ser conectada no barramento de 13,8 kV do sistema de serviços auxiliares da usina hidrelétrica foi reestruturada em 2 plantas de 12,5 kWp. Uma utilizando os

flutuadores confeccionados em Fibra de Vidro e outra utilizando os flutuadores Rotomoldados.

As dimensões dos módulos flutuantes em ambos os casos são equivalentes, conseqüentemente, a quantidade de módulos e painéis utilizada em cada planta foi a mesma. Foram utilizados 50 painéis com capacidade nominal de geração de 0,25 kWp, totalizando 12,5 kWp em cada planta, sendo que cada painel foi montado em um único módulo flutuante. O número de módulos espaçadores utilizados em cada planta foi de 99 módulos.

Na Figura 8 é mostrada uma foto com detalhes da fixação dos painéis no módulo flutuante. A fixação do painel no módulo é feita utilizando duas barras de alumínio sendo que a fixação de cada barra no módulo flutuante é feita utilizando dois incertos de espera confeccionados no próprio módulo. Posteriormente, o painel fotovoltaico é fixado à estrutura de alumínio através de presilhas também de alumínio.

As duas plantas foram lançadas na água em meados de abril/2016 e estão posicionadas em um mesmo local, ambas voltadas para a direção norte. O sistema de ancoragem utilizado foi o sistema discutido no item IV. A montagem e conexão da junção elétrica dos painéis no inversor foi feita de forma independente, um inversor por planta e as mesmas foram ligadas diretamente à infraestrutura da usina hidrelétrica. Os testes de comissionamento das plantas foram realizados em agosto de 2016 e ambas estão em operação.

Figura 8 – Detalhes da fixação dos painéis no módulo flutuante



Fonte: os próprios autores.

Na Figura 9 é mostrada a imagem das duas plantas no local de operação e é possível observar também o detalhe de como as duas plantas estão acopladas entre si.

Os parâmetros de geração de energia estão sendo monitorados para acompanhamento e avaliação de desempenho da planta fotovoltaica flutuante visando uma comparação com um sistema fotovoltaico instalado em terra e também uma para avaliação entre as duas tecnologias utilizadas na manufatura dos flutuadores. Os parâmetros preliminares de operação inicialmente obtidos, não permitem uma avaliação mais conclusiva a respeito da diferença de desempenho das duas tecnologias.

Figura 9 – Planta Fotovoltaica Flutuante, (a) Visão geral da planta instalada (b) Detalhe envolvendo a separação da plataforma em Rotomoldado e Fibra de Vidro



Fonte: os próprios autores.

## VII. CONCLUSÕES

Neste artigo é discutido o projeto e desenvolvimento de um Arranjo de Plataforma Flutuante para implantação de sistemas Fotovoltaicos em Lagos/Reservatórios de UHE's.

No estudo e desenvolvimento do projeto foram levantadas e analisadas, tanto a proposta de desenvolvimento de um Arranjo de Plataforma Flutuante, quanto a proposta de aquisição de uma Plataforma pronta no mercado nacional/internacional. As dificuldades de aquisição e custos levaram à opção pelo desenvolvimento de um arranjo de módulos flutuantes próprio.

Algumas tecnologias de fabricação foram analisadas para confecção dos módulos flutuantes e a opção foi utilizar duas tecnologias, Rotomoldagem e Fibra de Vidro, levando assim a instalação de duas Plantas equivalentes, com duas tecnologias diferentes. As plantas estão em operação e os parâmetros de geração de energia e degradação dos flutuantes estão sendo monitorados para avaliação do Arranjo de Plataforma Flutuante Desenvolvido. Os parâmetros preliminares inicialmente obtidos, não permitem ainda uma avaliação mais conclusiva a respeito da diferença de desempenho das duas tecnologias.

O monitoramento e o acompanhamento dos parâmetros de geração de energia, da degradação da planta e das condições do lago, vão permitir uma avaliação global de desempenho das plantas, possibilitando ainda o estabelecimento de possíveis correlações entre as condições do lago e a geração de energia.

## VIII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ANEEL e a CESP, pelo suporte técnico prestado, à FEPISA (Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira), bem como à UNESP de Ilha Solteira pela estrutura fornecida.

## IX. REFERÊNCIAS

- CIEL & TERRE, 2014. <http://www.ciel-et-terre.net/> Acessado em 12/05/2014.
- CIEL & TERRE, **Floating Solar Photovoltaic Power Generation**, CONCEPT NOTE, 2012, [http://ciel-et-terre.net/uploads/brochures%20et%20pr%C3%A9sentations/Floating%20Solar%20PV\\_concept%20note\\_112012.pdf](http://ciel-et-terre.net/uploads/brochures%20et%20pr%C3%A9sentations/Floating%20Solar%20PV_concept%20note_112012.pdf), Acessado em 12/05/2014.
- DALL'AGLIO, M.; TROVATI, L. R.; MACIEL, G. F.; OLIVEIRA, J. N.; ALBERTIN, L. L.; OLIVEIRA, B. M.;

LIMA, G. B.; OLIVEIRA, E. B.; CUNHA, E. F. **Monitoramento de ondas em reservatório com sensor de pressão e comparação com dados de ADCP-Waves**, In: XIX Simp. Bras. de Recursos Hídricos, (2011). Maceió.

DAS, G T. R.; S. YASMEENA. A Review on New Era of Solar Power Systems: Floatovoltaic Systems or Floating Solar Power Plants. **i-Manager's Journal on Instrumentation & Control Engineering**, vol. 3, no. 1, p. 1, 2014.

FERRER-GISBERT, C.; FERRÁN-GOZÁLVEZ, J. J.; REDÓN-SANTAFÉ, M.; FERRER-GISBERT, P.; SÁNCHEZ-ROMERO, F. J.; TORREGROSA-SOLER, J. B. A new photovoltaic floating cover system for water reservoirs. **Renewable energy**, vol. 60, pp. 63–70, 2013.

MME, **Energia Eólica no Brasil e Mundo**, 2016, [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica++ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica++ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2). Acessado em 20/05/2016.

PEREIRA, J. A.; TURRA, A. E.; BERTOLINO JR R.; SILVA, S.; JAMBERSI, A. B.; SABINO, D. D. **Relatório de estudo e especificação técnica da estação de medição de ondas**, FEPISA/CESP, 2014.

SILVA, H. S. C.; SALES, E. C.; SOUZA, T. C. Energia Renováveis, **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobrás e IF Fluminense**, vol. 2, pp. 191–198, 2012.

SPG SOLAR, 2014. <http://www.spgsolar.com/> acessado em 25/08/2014.

STRANGUETO, K. M., **Estimativa do potencial brasileiro de produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de hidroelétricas**. Tese - Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) fev. 2016.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, vol. 26, no. 74, pp. 247–260, 2012.

TRAPANI, K.; REDÓN SANTAFÉ, M. A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013, **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, vol. 23, no. 4, pp. 524–532, 2015.

YOUNG-GEUN, L.; HYUNG-JOONG, J.; SOON-JONG, Y. Design and installation of floating type photovoltaic energy generation system using FRP members, **Solar Energy**, V. 108, pp 13-27, 2014.

YOUNG-KWAN, CHOI; NAM-HYUNG, LEE; KERN-JOONG, KIM. Empirical Research on the efficiency of Floating PV systems compared with Overland PV Systems, **Advanced Science and Technology Letters**, v. 25, pp. 284–289, 2013.

## X. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 10/10/2019*  
*Aprovado em: 09/12/2019*

## PRINCÍPIOS DA GESTÃO DE OPERAÇÕES: UMA REVISÃO

### PRINCIPLES OF OPERATIONS MANAGEMENT: A REVIEW

RACKEL DE CARVALHO SILVESTRE<sup>1</sup>; NILO ANTONIO DE SOUZA SAMPAIO<sup>2</sup>; JOSÉ GLÊNIO MEDEIROS DE BARROS<sup>2</sup>; MARIA DA GLÓRIA DINIZ DE ALMEIDA<sup>2</sup>; BERNARDO BASTOS<sup>2</sup>; ANTONIO HENRIQUES DE ARAUJO JUNIOR<sup>2</sup>;

1 – DISCENTE DA UERJ-FAT; 2 - DOCENTES DA UERJ-FAT

*rackel.silvestre@gmail.com; nilo.samp@terra.com.br; glenio.barros@gmail.com; gloria\_uerj@yahoo.com.br; bernardobastos@gmail.com; anthenriques2001@yahoo.com.br*

**Resumo** – O termo gestão de operações refere-se a direção e controle dos processos que transformam entradas em bens e serviços finalizados. Com uma avaliação estratégica das operações, é possível conseguir resultados muito melhores para a empresa, possibilitando um real equilíbrio entre custos de produção e qualidade final. O presente artigo busca realizar uma revisão da literatura dos principais conceitos de gestão de operações. Abordando conceitos como qualidade total, seis sigma, reengenharia de processos de negócios, manufatura enxuta e ágil e ainda estratégias da gestão para melhor atendimento das necessidades dos clientes.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta e Ágil. Seis Sigma. BPR. Gestão da Qualidade Total.

**Abstract** - Operations management refers to the direction and control of processes that transform inputs into finished goods and services. With a strategic assessment of operations, it is possible to achieve much better results for the company, enabling a real balance between production costs and final quality. This article aims to review the literature on the main concepts of operations management. Addressing concepts such as total quality, six sigma, business process reengineering, lean and agile manufacturing and management strategies to better meet customer needs.

**Keywords:** Lean and Agile Manufacturing. Six Sigma. BPR. Total Quality Management.

### I. INTRODUÇÃO

Gestão de operações é método estratégico de planejamento, execução e monitoramento dos diferentes processos que fazem parte de uma empresa. Garante que as operações sejam eficientes e eficazes. Eficientes no sentido de utilizar apenas o necessário para realização das tarefas e eficaz no sentido de entregar exatamente o que o cliente exigiu.

Na gestão de operações, existem estratégias a serem seguidas incluindo estratégia de operações, design de produto, projeto de processo, gerenciamento de qualidade, capacidade, planejamento de instalações, planejamento de produção e controle de estoque (KRAJEWSKI, RITZMAN, e MALHORTA, 2013). Estas estratégias identificam as melhores possibilidades visando aumentar a eficiência e eficácia das operações.

Dessa forma, a gestão de operações gerencia todas as etapas do processo produtivo desde obtenção da matéria-prima até a entrega dos bens e serviços. Visa a entrega de bens ou serviços que estejam dentro dos padrões de qualidade, confiabilidade, tempo do sistema, flexibilidade, custo e inovação (SLACK, 1993).

Qualidade é o fundamento a meta de atingir o valor esperado pelo cliente. A qualidade identifica os processos dos setores de uma organização estrutura-os e coloca dentro das especificações de padrões previamente definidos. A gestão da qualidade se orienta a garantir que a empresa se matenha no mercado e atenda às necessidades do mercado visando o benefício de todos os *stakeholders*. A confiabilidade por sua vez quando se é entregue aquilo que foi demandado dentro do prazo estipulado gerando um ciclo de interesse mútuo entre o cliente e aquele que está servindo onde o cliente sai com aquilo que almeja e o servidor com a segurança do retorno daquele cliente.

O tempo ou velocidade do sistema é definido pela diminuição do tempo desde a solicitação do produto ou serviço até a sua entrega gerando assim maior disponibilidade do produto.

A flexibilidade como a mudança frente às adversidades afim de contornar as possíveis falhas no sistema e se adequar as novas solicitações encontradas. O que permite criar inovações além de visulizar os custos de um novo processo produtivo.

O custo se relaciona ao gerenciamento sábio dos gastos de uma empresa de forma eficiente, isso porquê uma boa gestão demanda muito mais do que o aumento da receita.

A inovação por fim com um impacto direto nas operações com sua relação íntima com a competitividade traz benefícios mútuos para os envolvidos.

O gerenciamento de operações gira em torno de algumas teorias, são elas: gestão da qualidade total, manufatura enxuta e ágil, seis sigma e reengenharia de processos de negócios (BPR). Ainda, o gerenciamento de operações possui algumas táticas básicas que serão abordadas em seguida como métodos para atender às expectativas dos clientes, fatores essenciais na escolha de fornecedores, controle e gestão de estoque e logística e cadeia de suprimentos (MARTINS,2005).

### II. REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 – Bases Conceituais

##### 2.1.1 – Gestão da Qualidade Total (TQM)

A gestão da qualidade total pode ser entendida por um conjunto de práticas de uma organização realizadas para atender às necessidades dos clientes. A TQM mostra que organizações devem focar na prevenção de falhas e não na

sua detecção para correção. É entendido que a prevenção é mais eficiente do que a inspeção (MERIH, 2016).

Tem por definição, de acordo com Departamento de defesa dos Estados Unidos, “Estratégia para melhorar continuamente o desempenho em todos os níveis e em todas as áreas de responsabilidade. Combina técnicas fundamentais de gerenciamento, esforços de melhoria existentes e ferramentas técnicas especializadas sob uma estrutura disciplinada, focada na melhoria contínua de todos os processos. O desempenho aprimorado é direcionado para a satisfação de objetivos amplos, como custo, qualidade, cronograma e necessidade e adequação da missão. Aumentar a satisfação do usuário é o objetivo primordial. O esforço de TQM baseia-se no trabalho pioneiro do Dr. W. E. Deming, Dr. J. M. Juran e outros, e se beneficia da experiência do setor público e privado com a melhoria contínua do processo” (US DEPARTMENT OF DEFENSE, 1988).

A história do TQM teve por início nos anos 1920 quando teorias estatísticas foram desenvolvidas para benefício do controle de qualidade. Durante a década de 1940 o conceito foi melhor desenvolvido por americanos como Deming, Juran e Feigenbaum (BPIR, 2019). Em 1969 ocorreu a primeira conferência de controle de qualidade em Tokyo. Em um artigo entregue por Feigenbaum o termo “qualidade total” foi utilizado pela primeira vez (KNOWLES, 2011).

A gestão da qualidade total possui benefícios como o aumento da qualidade de um produto ou serviço, aumento da produtividade, diminuição de custos e aumento dos lucros e o crescimento do negócio. Possui como elementos chave, de acordo com American Society of Quality (ASQ), o foco no cliente, o envolvimento total dos funcionários, ser centrado no processo, ter um sistema integrado, ter entendimento sistemático e estratégico, ter melhoria contínua, ter decisão baseada em fatos e ter comunicação.

A padronização na gestão de qualidade pode ser aplicada em qualquer processo e é definida pela imposição de regras a serem cumpridas por envolvidos. Tem por objetivo aumentar a consistência das operações a serem desenvolvida por dada organização. Como principais consequências têm-se a diminuição dos custos de produção e aumento da produtividade. Além disso, a organização internacional de padronização (ISO) lista os principais benefícios pela implementação das normas da qualidade (ISO 9000) da maneira como se segue, segundo (CAMPOS, 2009).

Tabela 1 - Benefícios pela implementação das normas da qualidade

Em relação ao cliente	Aumento do valor do cliente.
	Aumento da satisfação do cliente.
	Aumento da receita e participação no mercado.
Em relação ao engajamento de pessoas	Aumento do entendimento dos objetivos da qualidade da organização e aumento da motivação para alcançá-los.
	Aumento do desenvolvimento pessoal, iniciativas e criatividade.
	Aumento da confiança e colaboração pela organização.
Melhoria	Aumento da performance do processo, capacidade organizacional e satisfação do cliente.
	Desempenho focado na investigação e determinação da causa raiz seguido de ações preventivas e corretivas.
	Desenvolvimento da habilidade de antecipar e reagir aos riscos e oportunidades internos e externos.

Fonte: <https://www.iso.org/home.2018>

### 2.1.2 - Manufatura enxuta e ágil

A manufatura enxuta, também conhecida como sistema Toyota de produção, iniciou-se em 1950 no Japão e teve como objetivo a eliminação de desperdícios em uma cadeia de produção, tais como super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos.

A história da manufatura enxuta começou após a Segunda Guerra Mundial, quando as indústrias japonesas se depararam com grandes problemas produtivos. Era o início de uma nova era para a gestão. Os executivos da Toyota, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, decidiram por renovar o modo de pensar para com o sistema de produção em massa avaliando o eficiente sistema dos Estados Unidos da Ford (Detroit), uma das mais reconhecidas pelo seu sistema de produção na época.

Os executivos, então, apostaram na aplicação de novos conceitos no processo fabril visando aumentar o valor para o cliente e reduzir os excessos onde são produzidos alto volume de produtos com alta variabilidade, como melhoria contínua, qualidade total, redução dos desperdícios, flexibilidade e processos “pull” (onde o produto é retirado pelo cliente) (WOMACK, JONES & ROOS, 1992).

Como uma de suas definições temos a de Eaton Corporation “A manufatura enxuta é uma filosofia de negócios que continuamente encurta o tempo entre a demanda do cliente e o seu envio pela eliminação de qualquer coisa que aumenta o custo de produção e tempo de entrega para o cliente”. Como preceitos da filosofia encontram-se o valor, a cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição. O valor como sendo o conceito final para o cliente, incluindo sua necessidade e sua expectativa para com preço e tempo de espera. Após a definição do valor para o cliente, se inicia o processo para alcançar esse valor no produto final, a cadeia de valor, onde todas as áreas fabris são envolvidas nesse processo desde o design até o serviço ao cliente (WOMACK, JONES & ROOS, 1992).

Nessa fase, faz-se necessário passar por todas as tarefas necessárias para a gestão de um negócio como a tarefa da solução de problemas, a tarefa do gerenciamento da informação e a tarefa da transformação física. Onde são diferenciadas as ações em ações do tipo 1, que criam valor, do tipo 2, que são essenciais mas não criam valor, e as do tipo 3, que não criam valor (FERRAZ, 2006).

O próximo preceito a ser abordado diz respeito ao fluxo do trabalho. Ocorre após todas as imperfeições serem eliminadas da cadeia de valor, permitindo que todo o processo aconteça com fluidez, sem interrupções, atrasos ou gargalos.

Com o fluxo contínuo, com o aumento de produtividade, o cliente agora pode “puxar” o produto. Isso significa que o tempo da cadeia foi reduzido aumentando a produção, sobrando espaço para atingir diretamente o cliente sem a necessidade de gerar estoque.

Por fim a perfeição da manufatura enxuta, fazendo com que o pensamento da filosofia esteja presente sempre aperfeiçoando o processo sem deixar que a estagnação pela melhoria ocorra.

A manufatura ágil vem por sua vez fazer com que uma organização se adeque às mudanças que acontecem hoje de maneira acelerada devido a geração de valor do mercado. A adoção de técnicas da manufatura enxuta auxiliam no processo ágil, mas este ainda se beneficia da tecnologia da informação. Na manufatura ágil todos os processos são automatizados de forma a cumprirem e se adequarem às mudanças dramáticas que acontece hoje.

De acordo com Kidd (1994), a manufatura ágil pode ser considerada como a integração de organização, pessoas altamente capacitadas e tecnologias avançadas para obter cooperação e inovação em resposta à necessidade do fornecimento de produtos customizados e de alta qualidade aos clientes.

A manufatura ágil tem como princípios a mudança contínua, a resposta rápida, a melhoria da qualidade, a responsabilidade social e o foco total no cliente (KIDD, 1994). Tem como base estruturas gerenciais arrojadas, pessoal competente e tecnologia inteligente.

A tabela a seguir lista as principais características da manufatura ágil.

Tabela 2 - Características da manufatura ágil

Mudança contínua	Indivíduos habilitados, trabalhando em equipes
Reposta rápida	Informação acessível e usável
Melhoria contínua da qualidade	Empregados instruídos e especializados
Responsabilidade social com o ambiente	Arquitetura aberta de sistemas
Responsabilidade social com os empregados	Projetos de primeira vez certos
Foco total no cliente	Filosofia de qualidade total
Conjunção em todas as atividades	Tempos de ciclo curtos
Educação continuada para todos os empregados	Liderança e preocupação com tecnologia
Reposiva ao cliente	Integração empresarial
Capacidades dinâmicas de empreendimentos múltiplos	Gerência com capacidade de visão
Empregados considerados como um bem vital	

Fonte: Campos, 2009.

### 2.1.3 - Seis Sigma

O seis sigma é uma metodologia de otimização que revolucionou a forma de pensar da produção. Se tornou uma extensão da gestão da qualidade total. Tem por definição, de acordo com Pande *et al.* (2000), *um sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio. Seis Sigma é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.*

O movimento do seis sigma teve início em 1930 por Walter A. Shewhart quando o mesmo se fez da utilização de técnicas estatísticas para melhorar e prever processos. É da estatística portanto que vem o símbolo grego sigma, que é empregado para descrever o conceito de desvio-padrão. Shehart desenvolveu na época o que hoje é chamado de controle estatístico de processo.

Mas somente na década de 1980 que o conceito ficou amplamente conhecido através da General Electric por Jack Welch, ex vice presidente mundial da empresa, quando esse tirou da falência a empresa aplicando todo o conceito da filosofia seis sigma.

De acordo com Wekerma (2011) e CORREA *et al* (2017), se o valor de um desvio-padrão for alto, há pouca uniformidade no processo, com grande variação entre os resultados gerados e se o valor do desvio padrão é baixo, há grande uniformidade no processo com pouca variação nos resultados gerados. Para Mikel Harry, considerado “pai” do Seis Sigma, um dos integrantes do grupo original da Motorola, diz que: “Seis Sigma é uma metodologia para a melhoria de

processos que faz com que se atinjam níveis de defeitos da ordem de 3,4 partes por milhão, para as características críticas de qualidade ou CTQs (Características Críticas da Qualidade)”. Já Jack Welch, ex-presidente da General Electric Corporation, prefere complementar o que Mikel Harry diz: “Seis Sigma é algo mais abrangente. Na verdade, é uma filosofia de negócios que visa à produção de bens e serviços virtualmente isentos de defeitos”. A Figura 2 apresenta Os níveis de defeitos por milhão de oportunidades. O conceito de Seis Sigma é estabelecer uma métrica universal para medir defeitos em um processo. Quanto mais alto o sigma é uma indicação de melhores produtos e baixos valores de sigma significam produtos ruins. Produtos produzidos com Seis Sigma têm um nível de qualidade livre de defeitos, por definição. Na prática, é considerado Seis Sigma processos que produzem apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Por essa razão, o Seis Sigma é reconhecido por indicar um padrão de excelência de produto e serviço.

O conceito seis sigma mede a capacidade de um processo de se trabalhar com nenhuma falha. Para ser mais específico o conceito mede a capacidade de um processo ter baixa variabilidade sendo entendido um valor aproximado de 3,4 falhas por milhão de oportunidades ou 99,99966% de taxa de acerto. A escala sigma varia conforme a seguinte tabela.

Tabela 3 - Escala sigma

Taxa de acerto	Taxa de erro	Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)	Escala sigma
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

Fonte: Trad e Maximiano, 2009.

O seis sigma e faz da utilização de uma metodologia conhecida como DMAIC para desenvolvimento dos projetos de melhoria contínua. A metodologia DMAIC é definida pelo acrônimo em inglês de Define, Measure, Analyze, Improve e Control que significam, definir, medir, analisar, melhorar e controlar e pode ser descrita da maneira como se segue.

Tabela 4 - Fases do ciclo DMAIC

Metologia DMAIC	
Definir	Definição do escopo do projeto. Definição dos objetivos e metas a serem alcançadas.
Medir	Medição do desenvolvimento do processo de maneira qualitativa e quantitativa.
Analisar	Análise de potenciais problemas no processo afim de eliminar sua causa raiz.
Melhorar	Otimização do processo atacando a causa raiz do problema.
Controlar	Controlar para que não aconteçam erros não previstos.

O conceito seis sigma estruturado pela sua metodologia, mas também pela disposição de pessoas envolvidas em um sistema conhecido como sistema belt. A educação e o treinamento contínuo capacitam as pessoas e as

torna mais envolvidas com o conceito. Assim o seis sigma fica mais fácil de ser aplicado e as chances de sucesso ficam ainda maiores. No sistema belt, são encontrados quatro componentes essenciais que são caracterizados em níveis de certificação, são eles: master, black, green e yellow. A formação de uma equipe no seis sigma depende desses níveis de classificação e são definidos por: grupo de liderança caracterizada por ser a alta gerência, o patrocinador que é o gerente sênior, o líder de implementação ou diretor, o coach no qual se encaixam os masters e *black belts* o líder de equipe que podem ser os *green belts* o proprietário do processo, supervisor de produção (SCATOLIN E BATOCCHIO, 2005).

O seis sigma possui pontos de grande valor para a sustentação e sucesso do conceito, de acordo com Antony e Banuelas (2002), Henderson e Evans (2000), Goh (2002) e Távora (2009) esses pontos são:

- Comprometimento da gestão de topo. A diretoria necessita ter o conhecimento real do projeto bem como estar em constante comunicação com os membros da equipe. Ainda, deve acompanhar o projeto continuamente.
- Educação extensiva e formação em seis sigma. Conforme falado, a equipe deve estar em total funcionamento, entendendo todo o processo e em acordo com o conceito.
- Mudança na cultura e na estrutura organizacional afim de que se possa ter um ambiente rico de informações relevantes para elevar o potencial do conceito.

Os ganhos com a implementação do seis sigma são enormes. Seja na qualidade, no atendimento aos requisitos do cliente, na área financeira ou no envolvimento dos funcionários, o seis sigma permite que organizações se mantenham no topo e demonstrem potencial para conquista de novos mercados. Abaixo são listadas algumas das maiores vantagens de sua implementação de acordo com Figueiredo (2006).

- Maior rapidez e probabilidade de sucesso na implementação das iniciativas de aumento de produtividade;
- Expectativa de mudanças e ganhos substanciais;
- Habilidade para alavancar a quantidade de iniciativas;
- Mudanças e otimizações radicais e inovadoras;
- Promover mudança de cultura;
- Força de trabalho mais motivada e capacitada;
- Mapeamento dos processos e atividades existentes;
- Maior satisfação dos clientes;
- Ganhos expressivos também com fornecedores;
- Menor custo de transações (menor necessidade de conferências e reparos);
- Ganhos financeiros bem determinados.

#### 2.1.4 - Reengenharia de processos de negócios (BPR)

A história do BPR teve seu início no anos 90 quando Michael Hammer, ex-professor de ciência da computação no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) publicou o artigo "Reengenharia do trabalho: não automatizar, obliterar" na Harvard Business Review, onde ele diz que não é

necessário utilizar a automatização nas empresas mas sim eliminar as formas de trabalho que não agreguem valor (HAMMER, 1990).

A definição de reengenharia foi descrita por Hammer e Champy (1993) como "*o pensamento fundamental e o redesenho radical de processos de negócio para encontrar melhorias dramáticas em medidas críticas temporárias de desempenho, tais como custo, serviço, qualidade e rapidez*". A reengenharia de processos de negócios traz uma renovação radical para uma empresa visando um maior desempenho em todas as suas áreas a partir de novas ferramentas e tecnologias.

Segundo Sissé (2013), para que aconteça a mudança radical em uma organização é necessário que sejam desenvolvidas metodologias compostas de quatro etapas, são elas: identificação do processo, redesenho, implementação e estratégia de pós implementação ou melhoria contínua.

A etapa inicial do BPR pode ser vista como a preparação onde se faz a identificação de todos os processos internos para então selecionar aqueles que serão modificados e por fim garantir que os recursos sejam disponibilizados para este fim. É nesse ponto que os valores da organização são vistos e alinhados com a necessidade do cliente.

A segunda etapa trabalha com o planejamento da equipe, do tempo e do orçamento envolvidos, além da distribuição de tarefas entre os membros das equipes. Aqui cabe ressaltar que um dos princípios do BPR é o da organização em torno dos resultados e não das tarefas. Ainda, facilitar a comunicação entre os membros das equipes de forma a não criar barreiras entre eles.

A terceira etapa de implementação avalia todas as atividades, rotinas, tarefas e recursos definidos, os pontos fortes e fracos e oportunidades de melhorias e, em seguida, reinventa o processo, avalia o impacto das mudanças e implementa-o de forma proveitosa.

Por fim, a etapa de avaliação ou melhoria contínua verifica todos os resultados, comunica a todos os envolvidos e avalia se as alterações foram efetivas e pondera seus benefícios organizacionais.

Por fim o BPR atua como uma mudança profunda e radical dos processos com alterações significativas de vários níveis. Abaixo estão listados os benefícios e malefícios da reengenharia de processos de negócios.

Vantagens da reengenharia de processos de negócio:

- Identifica qualquer processo, sub-processo, custo e trabalho que não são requeridos em uma organização.
- Providencia gestão e oportunidade de entender o sistema do negócio com mais detalhe.
- Providencia soluções de longo prazo para minimizar os deficiências do negócio.
- Providencia o encontro das necessidades do cliente e mantém o valor do produto.

Desvantagens da reengenharia de processos de negócio:

- A reengenharia de processos de negócios (BPR) não apenas requer ativos monetários de uma empresa, mas também consome tempo e recursos humanos.
- A reengenharia do processo de negócios pode não ser adequada a todos os negócios. Se adequa somente a grandes empresas.
- Não providencia resultados imediatos.
- A sustentabilidade de uma mudança em um processo de negócios é uma tarefa difícil.

## 2.2 - Estratégias utilizadas na gestão de operações

### 2.2.1 - Ações para atender às expectativas dos clientes

A qualidade no atendimento ao cliente é de extrema importância para o sucesso de uma organização. Organizações que buscam mudanças radicais e qualidade possuem diferencial para vantagem competitiva. Com o mercado competitivo e os clientes ainda mais exigentes a busca pelo bom atendimento se faz um fator determinante para o bom desenvolvimento de uma organização.

Segundo Walker (1991), existem dez mandamentos do bom atendimento:

1. Bom atendimento: Não permita que a primeira impressão seja ruim.
2. Atenda de imediato: Esperar não é a melhor ação para o cliente.
3. Dê atenção ao cliente: Foque no que é importante.
4. Demonstre boa vontade: dê liberdade emocional ao cliente.
5. Preste orientação segura: é de extrema importância a segurança da informação.

6. Utilização de vocabulário do cotidiano: é de extrema importância que o cliente saia com todo entendimento necessário para ser satisfeito.
7. Não dê ordens: Ninguém gosta de ser mandado.
8. Não discuta com o cliente: lide com o cliente da melhor maneira possível para solucionar seu problema.
9. Fale a verdade: a verdade é o melhor caminho para conquistar o cliente.
10. Crie e sugira soluções: Não deixe que o cliente saia com problemas ainda a serem resolvidos.

Ainda, a qualidade como principal componente na entrega de um produto ou serviço de uma organização garante estabilidade suficiente para atender às expectativas dos clientes e assim garantir a confiabilidade necessária para sucesso organizacional. Mas antes de tudo é necessário conhecer o seu cliente, entender exatamente sua necessidade e expectativa. Dessa forma, foram definidos perfis de diferentes clientes de forma a conhecê-los melhor para atendimento de suas necessidades e expectativas da forma como se segue.

Tabela 4 - Perfis de clientes

Perfil	Atitude	Ação
Tímido/ calado/silencioso	Não gosta de falar e nem demonstra o que pensa; deixa o vendedor falando sozinho e não responde aos seus argumentos de vendas, bem como não se impressiona com as vantagens dos produtos, mas gosta de ouvir opiniões e conselhos.	Estimular o diálogo através de perguntas hábeis para obter suas opiniões; evitar falar muito; ter paciência e não pressioná-lo; conquistar a confiança do cliente, transmitindo-lhe segurança e coragem para decidir; usar da empatia; colocar o cliente em cena já utilizando o produto.
Bem-Humorado	É muito simpático, bonachão e gosta de uma conversa agradável; é especialista em desviar o vendedor do assunto “vendas”.	Ser simpático, bem-humorado, mas sem exagerar; conduzir e manter o diálogo; com habilidade, retornar para o tema “vendas”; não se iludir pensando que é um cliente fácil; ter paciência.
Racional/Entendido	Sabe o que diz, pois é bem-informado, não sendo influenciado com facilidade; confia em si próprio e não gosta de argumentos fracos; observa a qualidade do produto e analisa o preço.	Demonstrar conhecimento, respondendo com firmeza as perguntas do cliente; em vez de opiniões, deve apresentar fatos concretos nos argumentos de venda; falar pouco, com objetividade e não forçar a barra; ser prestativo e habilidoso; não esconder informações.
Desconfiado/Curioso	Gosta de debater e raciocinar; faz perguntas com firmeza; não acredita com facilidade e quer provas; é precavido.	Ser firme e seguro nas repostas, transmitindo confiança; fazer afirmações que possam ser provadas; ter paciência, fornecendo detalhes sobre o produto e não demonstrar “fome de venda”; usar da empatia.
Apressado	Quer rapidez no atendimento, não se interessando em relacionamento; não verifica o produto em detalhe; confia nas informações do vendedor.	Dar um atendimento rápido; apresentar o produto com objetividade, levando o cliente a uma decisão rápida; responder perguntas com agilidade.
Importante/Presunçoso	É o “sabe tudo” e vaidoso; quer dominar e não aceita opiniões; despreza a oferta e pressiona o vendedor com objeções fúteis; é dotado de superestima e deseja o poder.	Valorizar as suas vaidades, dando-lhe prestígio sem bajular; ser agradável, não temê-lo e nem evitá-lo; apresentar sugestões e não conclusões; usar suas ideias para eliminar objeções; dar a impressão que a decisão partiu do cliente; satisfazer seus caprichos.
Briguento/Irritado	Está sempre nervoso e gosta de brigar; costuma ofender e expor opiniões; critica a empresa, o produto e o vendedor; é impaciente.	Deixar o cliente desabafar e ouvi-lo com atenção; manter a calma e ser educado; não usar o mesmo tom de voz e evitar discutir; ser paciente e tolerante; agir com eficiência e rapidez; aproveitar as oportunidades dadas pelo cliente para argumentar vendas.
Preocupado com o preço	Pergunta logo o preço e acha caro; cria objeções antes da argumentação do vendedor.	Fazer perguntas; enaltecer sempre as vantagens e benefícios do produto para agregar valor e justificar o preço; dar o preço com firmeza.

Fonte: Próprio Autor, 2018.

Com isso, entender a importância de um serviço de qualidade ao cliente é fator determinante para satisfazê-lo e para suprir suas necessidades, sempre agregando valor, tendo o mesmo como foco principal. Conhecer o seu cliente pode ser o grande diferencial de forma a sempre ouvi-lo por meio dos canais de comunicação mantendo a fidelização. A oferta de produtos ou serviços que satisfaçam a vontade do cliente além do bom atendimento durante e na pós-venda é valor para sucesso em uma empresa.

O não atendimento de valor ou o não cumprimento daquilo que foi pré determinado pelo cliente pode acarretar na sua perda. Manter um cliente na empresa é mais lucrativo que conquistar um novo, tendo em mente que conquistar um novo cliente custa de 5 a 7 vezes mais do que manter um antigo. O despendimento em marketing acarreta em custos novos para fidelização de novos clientes (JHOME, 2018).

### 2.2.2 - Fatores essenciais na escolha de fornecedores

Para melhoria na qualidade dos produtos e serviços oferecidos por uma empresa é necessário a busca por parcerias de sucesso. Uma parceria de sucesso trabalha com a redução de custos e aumenta a competitividade de uma organização. Nesse contexto a seleção e avaliação de fornecedores vai além dos critérios comuns a serem vistos como preço, qualidade e velocidade a ser entregue para o custo total de aquisição, a qualidade total oferecida pelo fornecedor, o serviço prestado pelo fornecedor, que além da velocidade de entrega agora passando a considerar a confiabilidade, o custo de transporte, a consistência e frequência de entregas e a flexibilidade do fornecedor, a capacidade tecnológica e de processo do fornecedor, sua saúde financeira, e a estrutura e estratégia organizacional do fornecedor (GOFFIN *et al.*, 1997, MARTINS, 2005, MOREIRA, 2008).

De acordo com Merli, 1994, existem três tipos de fornecedores: fornecedor normal, fornecedor integrado e fornecedor *comaker*. O fornecedor normal está apenas preocupado com as relações comerciais, o fornecedor *comaker*, de acordo com Mendes, 2014 coopera com os projetos da empresa, faz investimentos e troca informações com a empresa. Na seleção de fornecedores é preciso levar em consideração fatores como os valores da empresa, sua estrutura, histórico, expertise, credibilidade, qualidade, preço, suporte, localização, prazo e flexibilidade (MAZZUCCO, 2019).

Para Boer, Labro e Morlacchi (2001) a seleção de fornecedores possui como orientação quatro fases. A primeira define o problema, a segunda formula os critérios que serão utilizados para a seleção dos fornecedores, a terceira é a etapa de qualificação, na qual serão analisados os fornecedores que atendem aos critérios estabelecidos pelo comprador e por último a escolha dos fornecedores.

### 2.2.3 - Controle e gestão de estoque

*“Estoque são quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo; constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam venda ou despacho quanto matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção”* (MOREIRA, 1996 *apud* BORGES *et al.*, 2010).

O controle de estoque tem por objetivo abranger todas as etapas do processo de estocagem, desde o desde o planejamento de compras até o consumo do estoque pela produção. Manter o controle de estoque atualizado é de

grande importância para uma empresa uma vez que se torna possível a análise de entradas e saídas de mercadorias avaliando o mercado a partir de sua demanda (MOREIRA, 1996 *apud* BORGES *et al.*, 2010).

Os principais tipos de estoques encontrados em uma empresa industrial são: matéria-prima, produto em processo, produto acabado e peças de manutenção. Ainda, é possível classificar estoques em ciclos, de segurança, de antecipação e em trânsito (KRAJEWSKI, RITZMAN E MALHOTRA (2009). O estoque do tipo ciclo serve para manter o estoque do produto até o próximo ciclo de produção. O do tipo segurança também conhecido como estoque regulador, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), tem como propósito compensar as incertezas quanto ao fornecimento e a demanda. O do tipo antecipação visa atender à demanda sazonal e por fim o estoque do tipo em trânsito refere-se, de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) e Arnold (1999), ao produto que está se movimentando de um ponto a outro do sistema de fluxo de materiais.

O gerenciamento de estoque é importante para organizar, manter e reabastecer o estoque. Tem por objetivo principal manter os estoques no nível ideal, sem falta de estoque ou excessos. O gerenciamento de estoque é uma função fundamental que determina a força da cadeia de suprimentos, bem como consequências geradas na saúde financeira do balanço (SAMANTA, 2015).

A manutenção de estoque é utilizada pelas organizações como anteparo contra diversos fatores externos e internos. Decidir pela quantidade de estoque a ser armazenada depende do tamanho e natureza de sua empresa e também do tipo de estoque. Para Samanta (2015), existem três razões principais para manter estoque, são elas: tempo, incerteza e economia de escala. Ainda, são encontrados na literatura mais duas razões para se manter um estoque que são: demanda sazonal e apreciação em valor.

- O tempo de espera entre a cadeia de suprimentos e o consumidor delimita a quantidade de estoque para algumas empresas.
- A incerteza de atividades como a demanda, oferta e movimentação de mercadorias garante o processo de estoque como uma segurança.
- A economia de escala como fator para manter um estoque é causada pelo custo em logística que a produção direta acarreta.
- Já a demanda sazonal é causa de estoque pois a demanda varia periodicamente, porém a capacidade de produtores é fixa.
- A apreciação em valor implica em estoque pois, nesse caso, o produto por exemplo pode necessitar de tempo para atingir sua maturidade final.

Claro que em contrapartida existem razões para não se manter um estoque que são (TJ McCUE, 2019 & NIBUSINESSINFO, 2019):

- Custos do investimento em estoque
- Risco do estoque se tornar obsoleto
- Alto custo de armazenagem
- Custo de seguro mais alto
- Atender as necessidades de estoque pode ser complicado e caro
- Dependência pela eficiência dos fornecedores

Existe uma abordagem disciplinada para melhorar a qualidade, flexibilidade e produtividade denominada “Just in time”. Essa abordagem não somente elimina os problemas relacionados ao estoque, mas melhora a qualidade dos processos. O gerenciamento de estoque pelo Just in time segundo Carlson (2002), tem por objetivo manter somente o material suficiente no lugar e no tempo certo para fazer primeiro a quantidade certa do produto.

Segundo Munyao (2015), a abordagem Just in time ajuda a reduzir os custos de estoque, evitando o transporte de excesso de estoque e o manuseio incorreto de matérias-primas. Possui vantagens que elevam a eficiência da produção e competitividade e desvantagens conforme se segue.

Tabela 5 - Vantagens dois temas de gerenciamento Just in time

Prevenção de superprodução
Redução de tempo de espera e custo com transporte
Economia de recursos simplificados de sistemas de produção
Redução do capital amarrado no estoque
Dispensa da necessidade de operações de inventários
Redução de produtor com defeito.

Fonte: <https://www.nibusinessinfo.co.uk> 2018

Desvantagens do sistema de gerenciamento Just in time
Aumento dos custos com transporte
Difíceis e caras revisões dos sistemas de negócios
Riscos associados à cadeia de suprimentos
Não atendimento de um pedido massivo imediato

Fonte: Franco & Rubha, 2017; <https://www.nibusinessinfo.co.uk>

#### 2.2.4 - Logística e cadeia de suprimentos

O alto nível competitivo no mercado faz com que empresas tenham que se manter à frente de seus concorrentes pelo uso de ferramentas eficientes que reduzam os custos operacionais e que possibilitem a qualidade necessária para atendimento das necessidades dos clientes. A gestão da cadeia de suprimentos pode ser entendida como o conjunto de atividades relacionadas à extração da matéria-prima, passando pelos processos de elaboração do produto até chegar ao consumidor final (PLATT, 2015).

A gestão da cadeia de suprimentos tem por definição, “a integração dos processos de negócios desde o usuário final até os fornecedores originais (primários) que providenciam produtos, serviços e informações, que adicionam valor para os clientes e stakeholders” (GLOBAL SUPPLY CHAIN FORUM, apud PIRES, 2004)

Para Cox (1999), existem oito características para a gestão da cadeia de suprimentos, são elas:

- Trabalhar sempre com o objetivo na perfeição da entrega de valor aos clientes.
- Produzir apenas o que é necessário e se concentrar apenas nas ações que criem fluxo de valor.
- Foco na eliminação de perdas de todo o processo operacional, como por exemplo, superprodução, tempo de espera grande, transporte, processamento inadequado, defeitos, inventários e movimentos desnecessários.
- Reconhecer que todos os membros da

cadeia de suprimentos estão interessados em um mesmo objetivo que é o de acrescentar valor ao produto.

- Desenvolver relacionamentos de reciprocidade e confiança com fornecedores e clientes.
- Trabalhar com fornecedores com o objetivo de criar uma logística mais eficiente.
- Reduzir o número de fornecedores e trabalhar melhor com eles para se ter um relacionamento a longo prazo.
- Criar uma rede de fornecedores para trocar informações de redução de perdas e eficiência operacional no fornecimento de produtos e serviços.

“Logística é a parte dos processos da cadeia de suprimentos (SC) que planeja, implementa e controla o efetivo fluxo e estocagem de bens, serviços e informações correlatas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender as necessidades dos clientes (COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT, 2012).

A definição de logística demonstra que essa faz parte do processo da cadeia de suprimentos e não o processo todo. O objetivo da logística é tornar disponíveis produtos e serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados, e atingir um nível de serviço ao cliente pelo menor custo total possível (BOWERSOX & CLOSS, 2001).

Dessa forma, o bom gerenciamento da logística é um fator determinante para competitividade e diferenciação das empresas que desejam se tornar líderes no mercado. A partir dele, empresas são capazes de reduzir custos e prestar um melhor atendimento ao cliente, diferenciando-se de seus concorrentes.

Para uma melhor compreensão das operações logísticas é interessante dividi-las e conceituá-las, segundo Bowersox (2001), como: a Logística de Distribuição Física, a Logística de Apoio a Manufatura e a Logística de Suprimento.

A logística de distribuição física corresponde à movimentação do produto acabado para a entrega ao cliente. Bowersox, Closs e Cooper (2006) identificam quatro participantes do canal de distribuição: os fabricantes, atacadistas, varejistas e consumidores. O ciclo de atividades de apoio à manufatura, está situado entre o ciclo de atividades de suprimento e o de distribuição (LADEIRA, 2008). O ciclo de atividades da logística de suprimento aborda a compra e a organização da movimentação de entrada de materiais, de peças e produtos acabados de fornecedores, para fábricas, montadoras, depósitos ou lojas de varejo (PUCRIO, 2009).

Ching (1999) (Apud PLATT, 2015) também identifica as principais tarefas da logística: fornecer a quantidade necessária de serviços aos clientes, visando atingir níveis de custos aceitáveis e competitivos; proporcionar circunstâncias para movimentação de maneira rápida e eficaz; contribuir para com a gestão comercial da empresa, a partir da confiabilidade e eficácia da movimentação dos materiais, bem como com os prazos e as metas de atendimento aos pedidos feitos pelos clientes.

### III. CONCLUSÕES

Com os conceitos de qualidade total, seis sigma, reengenharia de processos de negócios, manufatura enxuta e ágil e ainda estratégias da gestão aplicados à empresa os

processos passam a funcionar de maneira muito mais organizada e a qualidade de produtos e serviços é muito melhor.

#### IV. REFERÊNCIAS

ANTONY, Jiju; BANUELAS, Ricardo. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence** 6(4):20-27, December 2002.

ARNOLD, J.R. Tony. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

ASQ, AMERICAN SOCIETY OF QUALITY. **What is total quality management (TQM)?** Disponível em < <https://asq.org/quality-resources/total-quality-management> > Acessado em 12/09/2019.

BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European journal of purchasing & supply management**, v. 7, n. 2, p.75-89, 2001.

BOGMAN, Itzhak Meir. **Marketing de Relacionamento: estratégias de fidelização e suas implicações financeiras**. São Paulo: Nobel, 2002.

BORGES C. T.; CAMPOS S. M.; BORGES C. E. Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 3, n. 1, p. 236-247, Jul./Dez. 2010.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão Logística de Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 528 p.

BPIR, BUSINESS PERFORMANCE IMPROVEMENT RESOURCE. **History of quality**. Disponível em < <https://www.bpir.com/total-quality-management-history-of-tqm-and-business-excellence-bpir.com.html> > Acessado em 12/09/2019.

CAMPOS, L. D. F. **Estudo comparativo dos sistemas de manufatura ágil, flexível e enxuto**, UNICAMP, Atatiba, SP, [2009].

CARLSON, J. G. Just-in-time approach to system wide efficiency and quality borrows from industrial techniques. **Strategies for Healthcare Excellence**, 6(2), 9-12, 2002.

CHING, Yong Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain**. São Paulo: Atlas, 1999.

CORREA, V. A; NOGUEIRA, L.M; NUNES, L.E.N.P; Aplicabilidade da Metodologia Seis Sigma para Diferentes Ramos de Atuações Áreas de Saúde, Construção Civil e Industrial, **Revista Sodebras [on line]**, v. 12, n. 137, Maio/ 2017, p. 141-147. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N137.pdf>. Acesso em: 02/10/2019.

COX, A. Power, value and supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal. Inglaterra**, v.4, n.4, 1999.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. **CSCMP Supply Chain Management Definitions**, 2012.

FERRAZ, J. A. **Manufatura enxuta: o caso da Becton Dickinson**. Juiz de Fora, MG – Brasil, Julho de 2006.

FRANCO, C. E.; RUBHA, S. An overview about jit (just-in-time) - inventory management system. **International journal of research – Granthaalayah**, Vol.5 (Iss.4: SE): April, 2017.

GOFFIN, K.; SZWEJCZEWSKI, M.; NEW, C. Managing suppliers: When fewer can mean more. **International Journal of Physical. Distribution & Logistics Management**, 27(7):422-436, 1997.

GOH, T.N. A strategic assessment of Six Sigma, **Quality and Reliability Engineering International**, Vol. 18, pp. 403–410, (2002).

HAMMER, Michael. **Trabalho de Reengenharia: Não Automatize, Oblitere**. Harvard Business Review, julho de 1990.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the Corporation: Um Manifesto para a Revolução Empresarial**, Harper Business Books, Nova Iorque, 1993.

HENDERSON, K.; EVANS, J. Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. **Benchmarking and International Journal**, vol. 17, no.4, pp. 260- 281., 2000.

KIDD, P. T. **Agile Manufacturing: Forging New Frontiers**. Wokingham, UK, Addison-Wesley, 1994.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. **The six sigma way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance**. New York: McGraw-Hill, 2000.

KNOWLES GRAEME. **Quality Management**, 2011.

KRAJEWSKI, L.J.; RITZMAN, L.P.; MALHORTA, M.J. **Gerenciamento de Operações: Processos e Cadeias de Suprimentos**. 10ª ed., Pearson, 2013.

KRAJEWSKI, Lee J.; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2009.

JOBHOME. **7 Fatores que fazem sua empresa perder clientes**. 2018. Disponível em < <https://jhome.com.br/fatores-que-fazem-sua-empresa-perder-clientes/> > Acesso em 18/09/2019.

LADEIRA, M. B. **A logística integrada e o desempenho de processos nos ciclos de suprimento, produção e distribuição: um estudo multisetorial das empresas industriais do estado de Minas Gerais**. Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

MARTINS, Rodrigo. **Estratégia de compras na indústria brasileira de higiene pessoal e cosméticos: um estudo de casos**. 2005: Dissertação (Mestrado) – Instituto Coppead, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

MAZZUCCO. **Seleção de fornecedores: 10 fatores essenciais para se considerar antes de fechar negócio**. 2019. Disponível em <<http://mazzuccorotulos.com.br/blog/marketing/selecao-de->

fornecedores--10-fatores-essenciais-para-se-considerar-antes-de-fechar-negocio> Acesso em 01/10/2019.

MERIH, Arikkök. **Total quality management: The way to achieve quality excellence.** Researchgate, 2016.

MOREIRA, O. L. R. **A importância da seleção de fornecedores no processo de compras.** IETEC - Instituto de Educação Tecnológica. [2008]. Disponível em <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/277](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/277)> Acesso em 19/09/2019.

MOREIRA, D. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Pioneira, 1996.

MENDES, B.T.M.P. **A Importância da Gestão de Fornecedores na Organização da Empresa: Caso SONAE.** Coimbra, 2014.

MERLI, G. **Comakership: a nova estratégia para os suprimentos.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1994.

MUNYAO, R. M. Role of inventory management practices on performance of production department'a case of manufacturing firms. **International Journal of Economics, Commerce and Management.** United Kingdom, Vol. III, Issue 5, May 2015.

NIBUSINESSINFO. **Stock control and inventory.** Disponível em <<https://www.nibusinessinfo.co.uk/content/how-much-stock-should-you-keep>> Acesso em 08/10/2019.

PLAT, A.A. **Logística e Cadeia de Suprimentos.** 3. ed. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2015.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management):** Conceitos, estratégias, práticas e casos. Editora Atlas. São Paulo, 2004.

PURBANCHAL UNIVERSITY. **Technology and operation management.** <[sarojpandey.com.np](http://sarojpandey.com.np)> 200?.

VONCKEN, R. M.; BROEKHUIS, A.A.; HEERES, H.J.; JONKER, G.H. **The many facets of product technology.** Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 2004.

SAMANTA P. **Inventory management.** Department of Mathematics, Berhampur University. 2015

SISSÉ, Malan. **Reengenharia de Processos de Negócio: O caso dos processos de coordenação dos cursos de licenciatura e mestrado da Escola Superior da Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.** Leiria, Portugal. Escola superior de tecnologia e gestão, 2013.

SCATOLIN, A.C; BATOCCHIO, A. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura.** Campinas, SP, 2005.

TÁVORA, K. F. D. **Aplicação da metodologia seis sigma no processo de corte de uma indústria produtora de capas para bancos de automóvel.** Porto, 2009.

TOTAL QUALITY MANAGEMENT MASTER PLAN, Washington, D.C.: **United States Department of Defense,** August 1988, p. 1, OCLC 831675799, ADA355612, Disponível em <<http://www.acqnotes.com/Attachments/DoD%20Total%20>

Quality%20Management%20Master%20Plan%20-%201998.pdf > Acessado em 13/09/2019.

TJ MCCUE. **Pros and Cons of Holding Excess Inventory.** Disponível em <<https://www.inflowinventory.com/blog/pros-and-cons-of-holding-excess-inventory/>> Acesso em 08/09/2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção e operações.** 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.D.C. **Vantagem Competitiva em Manufatura.** São Paulo: Atlas, 1993.

TRAD, S.E.; MAXIMIANO, C. A. A. **Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação.** **RAC,** Curitiba, v. 13, n. 4, art. 7, pp. 647-662, Out./Dez. 2009.

WALKER, Denis. **O cliente em primeiro lugar: O atendimento e a satisfação do cliente como uma arma poderosa de fidelidade e vendas.** São Paulo: Makron, 1991.

WERKEMA, M. C. C. **Lean seis sigma:** Werkema Editora, 2011. 120 p.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo,** 5 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda, 1992.

## V. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.

*Submetido em: 28/10/2019*

*Aprovado em: 22/11/2019*



## APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHAS PARA O PROJETO DE UM TRANSPORTADOR AÉREO DE CABINES: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

### APPLICATION OF FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS METHODOLOGY FOR THE DESIGN OF A CABIN AIR CARRIER: CASE STUDY OF AN AUTOMOBILE INDUSTRY

LINDOMAR MOURA<sup>1</sup>; NILO ANTONIO DE SOUZA SAMPAIO<sup>2</sup>;  
JOSÉ GLÊNIO MEDEIROS DE BARROS<sup>2</sup>; MARIA DA GLÓRIA DINIZ DE ALMEIDA<sup>2</sup>;  
BERNARDO BASTOS<sup>2</sup>; ANTONIO HENRIQUES DE ARAUJO JUNIOR<sup>2</sup>

1 – DISCENTE DA UERJ-FAT; 2 – DOCENTES DA UERJ-FAT

*lindomaar.m@gmail.com; nilo.samp@terra.com.br; glenio.barros@gmail.com; gloria\_uerj@yahoo.com.br; bernardobastos@gmail.com; anthenriques2001@yahoo.com.br*

**Resumo** – Visa-se com este artigo apresentar ações de melhorias para redução de riscos de falhas de um novo transportador aéreo de cabines veiculares desenvolvido em uma indústria automobilística da região Sul Fluminense através da aplicação do DFMEA (Análise dos Modos e Efeitos de Falhas de Projeto). Esse método de análise possibilita o equipamento minimizar alguns problemas já existentes. Dessa forma, é possível aumentar a demanda de veículos, prevista para o final do ano de 2018. Para tanto, foi formada uma equipe com colaboradores das principais áreas envolvidas e levantados os principais modos de falhas do equipamento por meio da técnica brainstorming. Em seguida foi preenchida a planilha do DFMEA utilizando as tabelas de classificação para severidade, ocorrência e detecção para calcular o NPR (Número de Prioridade de Risco). Com isso, foi sugerida a aplicação da técnica com as ações de melhorias necessárias para os modos de falhas, discriminadas em uma planilha 5WIH. Ao final, foi comprovada a importância da aplicação do DFMEA antes da aquisição de um novo equipamento, evitando desperdícios e garantindo a eficiência fabril.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente. Fluxograma. Histograma. FMEA.

**Abstract** - This paper aims to present improvement actions to reduce the risk of failure of a new vehicle cabin air carrier developed in an automobile industry in the South Fluminense region through the application of DFMEA (Analysis of Modes and Effects of Design Failures). This analysis method enables the equipment to minimize some existing problems. Thus, it is possible to increase the demand for vehicles, expected by the end of the year 2018. To this end, a team was formed with employees from the main areas involved and raised the main failure modes of the equipment through the brainstorming technique. The DFMEA worksheet was then filled in using the severity, occurrence, and detection rating tables to calculate the Risk Priority Number (NPR). Thus, it was suggested to apply the technique with the necessary improvement actions for the failure modes, broken down in a 5WIH spreadsheet. In the end, it was proved the importance of applying DFMEA before purchasing new equipment, avoiding waste and ensuring factory efficiency.

**Keywords:** Environment. Flowchart. Histogram. FMEA.

#### I. INTRODUÇÃO

Atualmente, as indústrias modernas vivem um novo padrão de competitividade, tendo que melhorar constantemente seus níveis de eficiência e qualidade. Para tais melhorias, se fazem necessários o aumento da produtividade, o balanceamento das operações, a redução dos desperdícios, diminuição dos impactos ambientais e o atendimento dos clientes de forma prática e pontual. De forma a atender à essas necessidades, cada vez mais essenciais, as organizações direcionam suas atenções aos modelos produtivos que devem adotar para operarem de maneira eficiente e eficaz (FERIGATTO *et al.*, 2017).

A montagem dos veículos é de extrema importância para a segurança, satisfação e para a imagem da montadora junto aos seus clientes. Para que esse processo seja confiável, um mínimo de falhas deve ocorrer durante a montagem do veículo na linha de produção. Por meio da garantia da qualidade, pode-se obter uma diminuição significativa de falhas (RAMOS; CHAVES; BRANDALISE, 2012).

Neste cenário, uma ferramenta diferenciada para minimizar essas falhas potenciais antes que elas aconteçam é o FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha de Projeto), a qual apoia o processo de projeto na redução de riscos de falhas. Segundo Puente *et al.* (2002), o método FMEA é útil para identificar as falhas atuais e potenciais e seus efeitos em sistemas e processos para definir ações que visem reduzir ou eliminar o risco associado a cada falha. Esse método avalia a severidade de cada falha relativamente ao impacto causado aos clientes, sua probabilidade de ocorrência e de detecção antes de chegarem às mãos dos clientes. Com base nestes três elementos, severidade, ocorrência e detecção, o método leva à priorização de quais modos de falha acarretam os maiores riscos ao cliente.

Segundo Lima (1999), o FMEA é uma metodologia analítica que deve ter a participação de todos os colaboradores da organização interligados ao produto ou processo em estudo. Desta forma serão previstas as falhas em

potencial que poderão ocorrer no desenvolvimento do novo produto, evitando o não atendimento dos objetivos almejados.

De acordo com o Manual de FMEA do Instituto de Qualidade Automotiva - IQA (2008), o método também se baseia nos limites técnicos e físicos de um processo de fabricação, montagem, manutenção e reciclagem do produto e não nos controles de processo para sanar eventuais deficiências de projeto. O desenvolvimento e a execução da FMEA geram certo custo, mas se elaborado de forma eficaz pode ter um retorno considerável em qualidade e confiabilidade obtido por meio da redução dos custos de falhas, evoluindo com o conhecimento coletivo da equipe que está envolvido com o projeto ou processo (PALADY, 1997).

A aplicação de um DFMEA é vital para o desenvolvimento de um novo equipamento ligado a produção dentro de uma indústria automobilística para identificar os modos de falhas, seus efeitos e suas causas, antes de adquiri-los, buscando sempre se antever aos problemas. Além disso, os manuais da qualidade QS 9000 e ISO TS 16949 exigem que as indústrias automobilísticas apliquem o FMEA, em toda sua cadeia. A metodologia DFMEA é representada por duas frentes: o DFMEA - Análise de Modo e Efeitos de Falha de Projeto e o PFMEA - Análise de Modo e Efeitos de Falha do Produto (MANUAL QS 9000, 1997).

Dessa forma, o presente estudo oferece uma análise sobre os modos de falhas do transportador aéreo de cabines, atualmente na linha de produção, na empresa automobilística da região Sul Fluminense (a qual o estudo foi desenvolvido), além de ações para melhores aquisições futuras de equipamentos, com parâmetros mais seletivos.

Com isso, objetiva-se verificar a importância do uso da ferramenta DFMEA em uma empresa do ramo automobilístico para avaliação e análise dos problemas potenciais, através de uma equipe multifuncional, além de propor ações de melhorias para o novo equipamento e reduzir os riscos de falhas do mesmo.

## II. METODOLOGIA

Nesse estudo, foi realizada uma pesquisa intervencionista, através do autor, por estudos bibliográficos sobre o método abordado, além de análises, interpretações, levantamento de dados para então, ser realizada uma proposta de ações de melhorias para os problemas da empresa estudada, junto aos seus funcionários. Além dos princípios do FMEA, foram utilizados princípios das ferramentas *Brainstorming*, 5W1H e diagrama de Ishikawa para apoio do estudo de caso.

O estudo foi realizado em uma montadora de veículos da região Sul Fluminense, no Rio de Janeiro, a qual delimitou a aplicação do método DFMEA com o objetivo de levantar os modos de falhas de um dos principais equipamentos da montadora, o transportador aéreo de cabines veiculares.

A Figura 1 mostra a vista superior do processo transporte aéreo da cabine veicular. Esse processo consiste em içar a cabine na Linha 1 no ponto A e, iniciar o *decking* no ponto B da mesma. Na Linha 2, no chassi do veículo montado da mesma, retorna vazio a partir do ponto C para Linha 1.

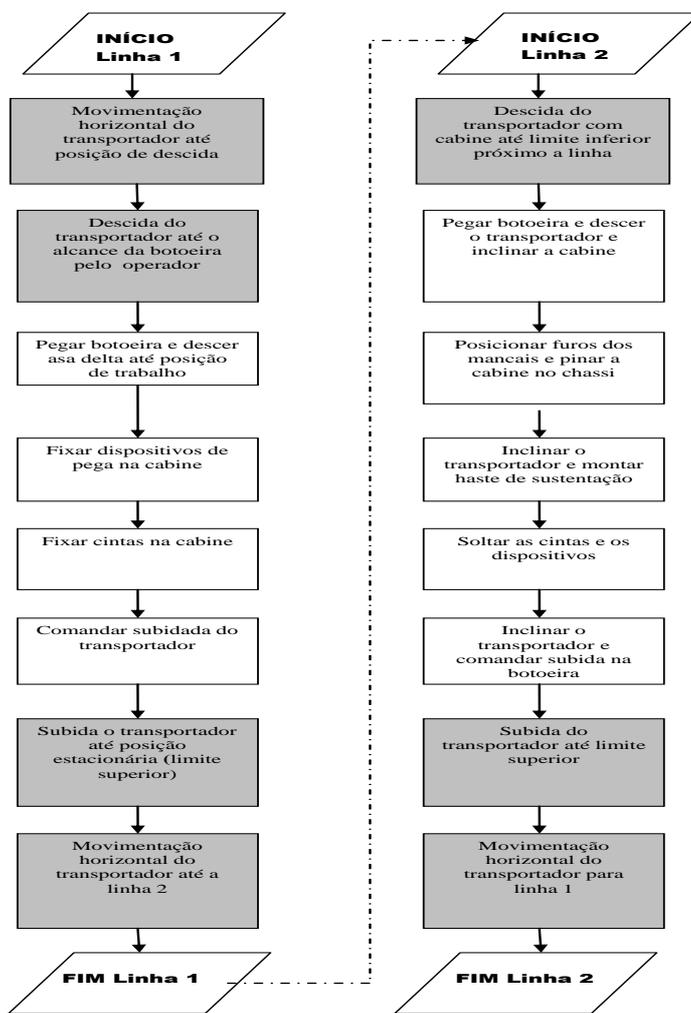
Figura 1 - Esquema do funcionamento do transportador de cabines na linha de produção



Fonte: Próprios Autores, 2019.

A Figura 2 mostra o fluxograma completo do transportador aéreo de cabines veiculares. Os blocos na cor cinza indicam a operação automática do equipamento e os blocos em branco indicam a intervenção do colaborador no equipamento.

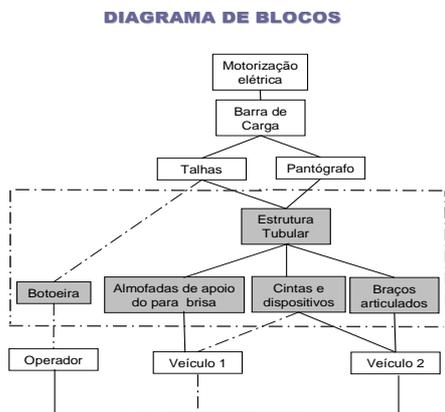
Figura 2 - Fluxograma do transportador aéreo de cabines veiculares



Fonte: Próprios Autores, 2019.

A aplicação do método foi iniciada com a escolha dos participantes que possuem mais conhecimento sobre o equipamento das áreas de manutenção, segurança, ergonomia, processo, produção, operação e instalação. Na primeira etapa, foi elaborado um diagrama de blocos do equipamento, pela ferramenta *brainstorming*, delimitando os componentes mais críticos do equipamento, o qual será introduzido o método DFMEA, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Diagrama de blocos do equipamento



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Os componentes do transportador de cabines foram demarcados após serem analisados. Foram identificados como: estrutura tubular, a botoeira, as almofadas de apoio do para brisa, as cintas, os braços articulados e os dispositivos.

Na segunda etapa foi utilizado novamente a ferramenta *brainstorming*, não estruturado onde foram levantadas as questões sobre os problemas enfrentados pelo transportador de cabines. Dentro das limitações de estudo realizadas anteriormente, foi então gerado uma visão mais ampla do equipamento, ilustradas na Figura 4:

Figura 4 – *Brainstorming* gerado na segunda etapa

**BRAINSTORMING**

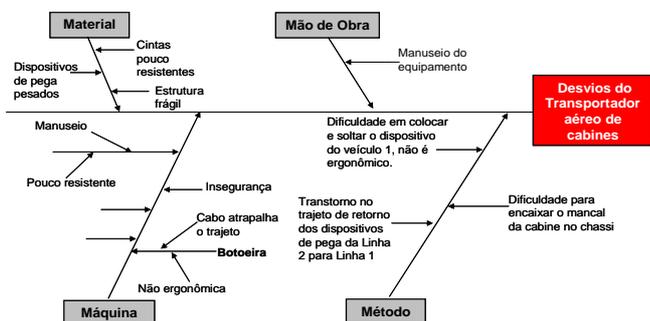
Quais são os problemas atuais do transportador aéreo de cabines?

**Idéias levantadas de forma não estruturada:**

- Quebra da trava do braço articulado;
- Difícil manuseio e fragilidade na estrutura da almofada de apoio do para brisa dos veículos 1;
- Estrutura pouco resistente para o ritmo do processo (estrutura frágil);
- Dificuldade em colocar e soltar o dispositivo dos veículos 1 na cabine;
- Transorno no trajeto de retorno dos dispositivos de pega para Linha 1;
- Insegurança do equipamento em relação a possível queda (estudar novo conceito de trava de segurança);
- Desgaste das cintas (devido o contato direto com a cabine);
- Dificuldade da montagem do mancal da cabine no chassi;
- Cabo da botoeira atrapalha o trajeto do equipamento;
- Botoeira causa problemas ergonômicos e compromete a segurança do colaborador;
- Peças não são intercambiáveis

Na etapa seguinte, os dados gerados através do *brainstorming* foram agrupados em um diagrama de Ishikawa, conforme mostra a Figura 5:

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Nas últimas etapas, houve o preenchimento do formulário DFMEA pela equipe interna da empresa, baseada de acordo com o Manual de Referência de FMEA do Instituto de Qualidade Automotiva-IQA. As informações relacionadas à função, modo de falha potencial, efeitos potenciais de falha foram preenchidos com as informações levantadas nas etapas anteriores. Em seguida, foi estimada a severidade no DFMEA com base nos efeitos de falha em uma escala de 1 (um) a 10 (dez).

Os critérios de avaliação para classificação da severidade estimada são mostrados de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 – Índice de severidade DFMEA

ÍNDICE DE SEVERIDADE NO DFMEA		
Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Classificação
Perigoso sem advertência	Classificação de Severidade muito elevada - quando um modo de falha potencial afeta a segurança de operação do veículo e/ou envolve não atendimento à regulamentação governamental; sem advertência.	10
Perigoso com advertência	Classificação de Severidade muito elevada quando o modo de falha potencial afeta a segurança de operação do veículo e/ou envolve não atendimento à regulamentação governamental; com advertência.	9
Muito elevado	Veículo / item fora de operação, com perda da função primária.	8
Elevado	Veículo / item em operação, porém com nível de performance degradado. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Veículo / item em operação, com itens de Conforto / Conveniência fora de operação. Cliente enfrenta situação de desconforto.	6
Baixo	Veículo / item em operação, porém com itens de Conforto / Conveniência em nível de desempenho degradado. Cliente passa por alguma insatisfação.	5
Muito baixo	Itens de Acabamento e Assentamento / Redução de Ruído não estão em conformidade. Defeito observado pela maioria dos clientes	4
Menor	Itens de Acabamento e Assentamento / Redução de Ruído não estão em conformidade. Defeito observado pela média dos clientes	3
Muito menor	Itens de Acabamento e Assentamento / Redução de Ruído não estão em conformidade. Defeito observado por determinados clientes	2
Nenhum	Nenhum efeito.	1

No Quadro 2 foi discriminado para caráter crítico “D” ou para caráter significativo “S” as respectivas características do produto, o qual requeria controle adicional do projeto ou processo. No entanto, é necessário observar que a característica crítica é aquela que afeta a segurança e/ou legislação e a característica significativa é aquela que causa forte impacto no cliente e define a causa potencial de falha, que se resume em uma deficiência do projeto cuja consequência é o modo de falha.

Após essa etapa, foi estabelecida a classificação da probabilidade da ocorrência de uma falha durante a vida do projeto em uma escala de 1 (um) a 10 (dez), conforme o Quadro 2:

Quadro 2 – Índice de ocorrência no DFMEA

ÍNDICE DE OCORRÊNCIA NO DFMEA		
Probabilidade da Falha	Taxas de Falhas Possíveis	Classificação
<b>Muito alta: a falha é quase inevitável</b>	≥ 1 em 2	<b>10</b>
	1 em 3	<b>9</b>
<b>Alta: falhas repetitivas</b>	1 em 8	<b>8</b>
	1 em 20	<b>7</b>
<b>Moderada: falhas ocasionais</b>	1 em 80	<b>6</b>
	1 em 400	<b>5</b>
<b>Baixa: relativamente poucas falhas</b>	1 em 2000	<b>4</b>
	1 em 15000	<b>3</b>
<b>Remota: falhas são incomuns</b>	1 em 150000	<b>2</b>
	≤ 1 em 1500000	<b>1</b>

Fonte: Próprios Autores 2019.

Em seguida, foi discriminado os controles atuais do projeto listando as atividades de prevenção da ocorrência da causa/mecanismo de falha, do modo de falha ou as atividades

de detecção da causa/mecanismo da falha ou o modo de falha, tanto por métodos analíticos quanto físicos, antes do item ser liberado para produção.

Assim, foi possível avaliar a capacidade do controle de projeto em detectar a causa/mecanismo e modo de falha. O índice de detecção no FMEA de projeto pode variar de 1 (um) a 10 (dez) e os critérios avaliativos sugeridos para a classificação da detecção conforme o Quadro 3:

Quadro 3 – Índice de detecção no DFMEA

ÍNDICE DE DETECÇÃO NO DFMEA		
Detecção	Critério: Expectativa de Detecção pelo Controle do Projeto	Classificação
Totalmente incerta	Controle do Projeto não detectará e / ou não poderá detectar potencial causa / mecanismo e modo de falha subsequente; ou não existe Controle de Projeto.	10
Muito remota	Chance muito remota de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	9
Remota	Chance remota de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	8
Muito baixa	Chance muito baixa de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	7
Baixa	Chance baixa de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	6
Moderada	Chance moderada de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	5
Moderadamente alta	Chance moderadamente alta de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	4
Elevada	Chance elevada de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	3
Muito elevada	Chance muito elevada de que o Controle do Projeto venha a detectar causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	2
Quase certamente	Controle de Projeto quase que certamente virá a detectar potencial causa / mecanismo e modo de falha subsequente.	1

Fonte: Próprios Autores, 2019.

Após análises de severidade, ocorrência e detecção foi encontrado o NPR (Número de Prioridade de Risco), que é calculado pelo produto dos índices de severidade, ocorrência e detecção e estabelece ordens de prioridade para tomadas de ações preventivas. A nota de corte determinada pela equipe do projeto DFMEA para a necessidade de uma ação recomendada para minimizar o risco deve ser igual ou maior a 70(setenta). Após determinados os itens, é necessária uma ação definida de priorização das mesmas, seguindo ordem a partir dos maiores índices de severidade, ocorrência e detecção.

O preenchimento da planilha DFMEA - Análise de Modo e Efeitos de Falha de Projeto seguiu com a nomeação do responsável pela ação e o prazo de execução da mesma e elaborou-se um *checklist* 5W1H para permitir melhor visualização das ações a serem tomadas.

### III. RESULTADOS

Através da metodologia e desenvolvimento apresentados, o formulário DFMEA foi preenchido com os modos de falhas e efeitos, causas e controles, incluindo a classificações de severidade, ocorrência e detecção, conforme apresentado no Quadro 4 (anexo).

Seguindo os procedimentos adotados internamente pela equipe do projeto DFMEA sobre a necessidade de tomadas de ações observou-se que todos os itens precisarão de uma ação recomendada já que seus respectivos NPRs resultaram valores maiores do que 70(setenta).

De acordo com Manual de Referência de FMEA do IQA, baseou-se o foco de priorização da seguinte maneira (conforme o Quadro 4, anexo):

Modos de falhas com severidade mais elevadas entre 10 e 9, cujas células foram destacadas com a cor vermelha; Modos de falhas com severidade de 8 (célula cor laranja), de 7 (célula cor amarela) e de 5 (célula cor verde) com causas que possuíam maiores classificações de ocorrência de 10, 9 e 8.

A priorização foi adotada junto à equipe para melhor atender a empresa e clientes internos, mantendo uma ordem de prioridade de severidade, ocorrência e detecção de modo padrão. O Quadro 4 será apresentado na última página após as Referências pois precisa de um maior espaço para ser visualizado.

Após o preenchimento da DFMEA, foi elaborado um *checklist* 5W1H com as ações recomendadas para melhor visualização das ações que precisam ser levadas em consideração para o desenvolvimento e aquisição do novo equipamento conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Priorização das ações recomendadas 5W1H

Priorização das Ações Recomendadas - 5W1H					
What	How	Why	Where	Who	When
Análise do cálculo estrutural da Engenharia	Analisar a estrutura do braço articulado e as dimensões do mancal da cabine	Para verificar compatibilidade de dimensões e evitar o não atingimento da posição correta	In loco	Engenharia	Sem 20
Novo projeto: eliminar meios auxiliares de pega ou criar ponto de transporte no próprio equipamento	Projetar um novo dispositivo que seja fixo no transportador	Para evitar o transporte deste dispositivo pelos operadores da linha 2 para linha 1 para a reutilização	Engenharia Planta	Engenharia	Sem 20
Alterar projeto do dispositivo de pega, buscando novo local de fixação na cabine	Projetar um dispositivo mais prático e leve para fixar na cabine	Para facilitar a ergonomia do trabalho do operador e ganhar agilidade processo	Engenharia Planta	Engenharia e Equipe de Instalações	Sem 20
Teste com trava comercial de um fornecedor especialista na região	Fazer o teste de içamento da cabine com outra cinta para garantir a segurança da atividade	Para evitar que a cinta se abra e cause algum incidente ou acidente	In loco	Manutenção	Sem 20
Novo projeto: comunicar e padronizar peças p/ fabricação intercambiabilidade de peças	Investigar junto com a manutenção as possíveis comunicações de componentes entre os transportadores de cabines	Para facilitar na intercambiabilidade de peças e aumentar a disponibilidade do equipamento	In loco	Engenharia e manutenção	Sem 21
Alterar projeto do ponto de apoio da cabine do veículo 1 no transportador eliminando a almofada	Projetar uma outra forma de apoiar o para brisa da cabine do veículo 1 na hora de bascular a cabine para decalá no chassi	Para eliminar a almofada do transportador que gera muito transtorno para o produto e processo.	Engenharia Planta	Engenharia e Equipe de Instalações	Sem 21
Criar ponto de apoio da boteira em novo projeto	Investigar uma local específico para colocar a boteira no próprio transportador	Para que o cabo da boteira não enrosque no trajeto e nem danifique a cabine.	In loco	Engenharia e Equipe de Instalações	Sem 23

Fonte: Próprios Autores, 2019.

## IV. CONCLUSÕES

Concluiu-se que através do DFMEA é possível interpretar as necessidades no projeto de um novo equipamento para planta como melhorias na estrutura do equipamento, onde a planta teria um equipamento mais resistente e de fácil montagem, que atenda ao aumento da demanda de produção esperada pela planta; melhorias nos dispositivos de pega da cabine que precisam ser de mais fácil manuseio, encaixe e se possível já acoplados no próprio equipamento eximindo o trabalho do operador em ter que buscá-los na linha 2 para serem acoplados no transportador na linha 1; possuir cintas mais resistentes no transportador para evitar incidentes ou acidentes com possíveis rupturas das mesmas e causando a queda da cabine que está sendo transportada; comunicação de componentes do equipamento facilitando o intercâmbio de peças; necessidade de um suporte para a boteira da talha e eliminação das almofadas que servem de apoio para o basculamento da cabine do veículo 1.

Portanto, é viável aplicar o DFMEA de forma benéfica para toda a planta ao transportador de cabines, possibilitando a aquisição de um novo equipamento com melhorias de projeto, com redução de falhas existentes da linha de produção e evitando então, retrabalhos e desperdícios financeiros para a empresa.

## V. REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

CAMARGO, P. R. **Implantação de um Planejamento Estratégico para solução de problemas operacionais**. Monografia de Especialização em MBA Gerência de Produção e Tecnologia do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado da Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, SP, 2006.

CAMARGO, P. R. Redução de custos na movimentação de materiais em uma empresa automobilística: um estudo de caso. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, vol.1, n.4, p.76-84, jun. 2009.

ICONE LEAN CONSULTING. **FMEA: Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (Programa de Capacitação em Gestão da Qualidade Automotiva)**, 4ed, Taubaté, São Paulo, 2010.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA-IQA. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial FMEA Manual de Referência**. 4ed., São Paulo: [s.n.], 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 16949:2002 – Quality Management Systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations**. Genebra, 2002.

LIMA, F. T. *et al.* **Aplicação da técnica FMEA para análise de riscos do produto**. Projeto Final, UERJ Resende, 1999.

FERIGATTO, E.A. *et al.* Integração das práticas lean e green manufacturing. **Revista Sodebras [on line]**, v.12, n.144, Dez./2017, p. 177-184. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N144.pdf>. Acesso em 21 nov.2019.

MANUAL QS 9000. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Manual de Referência**, 1997.

MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**, São Paulo: Artiliber, 2001.

MORAES, V. *et al.* **Um Estudo de Caso da Aplicação de Ferramentas da Qualidade em Conjunto com um Equipamento Automático de Inspeção em uma Empresa Metalúrgica**. XVIII SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, 2011.

PALADY, P. **Análise dos modos de falha e efeitos: prevenindo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997.

PONTES, H. L. J. *et al.* **Melhoria no sistema produtivo de uma fábrica de café: estudo de caso**. XII SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, 2005.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D de L. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bradford, v. 19, n. 2, p. 137-151, 2002.

RAMOS, H.A.; CHAVES, C.A.; BRANDALISE, N.; **Aplicação do método FMEA no processo de climatização de uma indústria automobilística**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ed., São Paulo: Atlas, 2009.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution**. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA, First Edition, 1995.

## VI. COPYRIGHT

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

*Submetido em: 21/11/2019*

*Aprovado em: 08/12/2019*

Quadro 4 – Análise do modo de falhas e seus efeitos

Item/Função	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) de Falha	Severidade Classificação	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencia(is) da Falha	Ocorrência	Controles Atuais do Projeto Prevenção	Controles Atuais do Projeto Detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas	Responsabilidade pelas ações recomendadas e os prazos envolvidos	Resultados da Ação			
												Ações Tomadas	Severidade Ocorrência	Detecção	NPR
Posicionar os braços articulados do transportador no mancal da cabine do veículo 2 e posicionar o pino de fixação	Braço articulado não atinge posição correta	Acidente com montador (queda da cabine)	10 D	Empeno da estrutura (erro de especificação de material)	9	Cálculo estrutural validado pela engenharia	Monitoramento dos esforços durante try-out em protótipo	2	180	Análise do cálculo estrutural da Engenharia	Engenharia Sem 20				
Transportar cabines da Linha 1 até a Linha 2	Trava das cintas abrirem	Acidente com montador (queda da cabine)	9 D	Erro de dimensionamento das molas	8	Utilização de normas para especificação de materiais	Não há	8	576	Teste com trava comercial de um fornecedor especialista na região	Manutenção Sem 20				
Deslocar o transportador até a posição de decking na Linha 2	Posição de parada da botoeira alta	Perda de tempo de operação	5 S	Falta de posicionamento do gancho da botoeira	10	Não há	Não há	9	450	Criar ponto de apoio da botoeira em novo projeto	Engenharia e Equipe de Instalações Sem 23				
Posicionar almofadas de apoio das cabines dos veículos 1	Sistema de giro da almofada duro ou travado	Perda de tempo de operação	8 S	Erro de especificação e dimensionamento do material	9	Utilização de normas para especificação de materiais	Não há	9	648	Alterar projeto do ponto de apoio da cabine no transportador eliminando a almofada	Engenharia e Equipe de Instalações Sem 21				
Retornar o transportador para Linha 1 sem os dispositivos de pega	Dispositivos de pega que foram para Linha 2, ainda não estarem disponíveis para o içamento de cabines na Linha 1	Risco de colisão do montador com a empilhadeira (durante o trajeto para buscar dispositivo na Linha 2)	10 D	Não existir local de transporte dos dispositivos no próprio transportador	9	Não há	Fabricação de protótipo	2	180	Novo projeto: eliminar meios auxiliares de pega ou criar ponto de transporte no próprio equipamento	Engenharia Sem 20				
		Perda de tempo de operação, com perda de produtividade	8 S												
Executar manutenção preventiva e corretiva do transportador	Falta de peças em estoque para manutenção	Diminuição do tempo de disponibilidade do equipamento	8 S	Erro de especificação e dimensionamento do material	10	Não há	Não há	8	640	Novo projeto: comunizar e padronizar peças p/ fabricação-intercambialidad e de peças	Engenharia e manutenção Sem 21				
Posicionar dispositivos de pegas traseiros das cabines do veículo 1	Dispositivo pesado e degradado com o uso	Afastamento do montador (ergonomia)	9 S	Falta de local de fixação do dispositivo na cabine	10	Não há	Fabricação de protótipo	3	270	Alterar projeto do dispositivo de pega, buscando novo local de fixação na cabine	Engenharia e Equipe de Instalações Sem 20				
		Perda de tempo de operação	7 S		10			3	210						

Fonte: Próprios Autores, 2019.

## ERRATA

**Para:** Equipe Sodebras

A/C Sra. Zélia Araújo Pedran e Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

**De:** Roque Antônio de Moura e outros

**Assuntos:**

1. Correção da citação do meu nome nas últimas publicações e futuras, para que EU seja citado como **MOURA, R. A.** ao invés de ANTÔNIO MOURA, ROQUE;
2. Inclusão de autores no artigo publicado em maio de 2019 (DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.161.5>), Volume 14 com o título “*ERGONOMIA E A FORÇA DE PREENSÃO PALMAR QUANTIFICADA POR ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS DE AMBOS OS SEXOS*”.

Em atendimento a solicitação desta reconhecida Revista e seu representante formal, abaixo descrevo a participação de cada um dos autores no artigo “*ERGONOMIA E A FORÇA DE PREENSÃO PALMAR QUANTIFICADA POR ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS DE AMBOS OS SEXOS*” e para que a correção seja publicada na edição de dezembro de 2019, o abaixo descrito será vistado e assinado pelo Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva, Líder do Grupo de Pesquisadores

### **1. Roque Antônio de Moura**

Participação: Pesquisa, Recrutamento de Voluntário, Aprovação no Comitê de Ética e Autorização do *Clinical Trials* para pesquisa com Humanos, Coleta dos dados dos Testes com voluntários e Redação do artigo;

### **2. Nelson Morini Júnior**

Participação: Apoio na instrumentação e realização dos Testes com voluntários;

### **3. Geraldo Canuto**

Participação: Apoio na instrumentação da pesquisa e testes com os Voluntários;

### **4. Leandro Lazzareschi**

Participação: Recrutamento dos Voluntários e apoio na elaboração do projeto e submissão ao Comitê de Ética e ordem dos testes com voluntários;

**5.Silvia Cristina Martini Rodrigues**

Participação: Apoio na análise dos dados coletados pelo programa Bioestatisc 5.0 e apoio na aplicação do teste Kruskal-Wallis para variáveis não paramétricas;

**6.Silvia Regina Matos da Silva Boschi**

Participação: Apoio na redação do projeto para submissão ao Comitê de Ética para realizar pesquisa com humanos;

**7.Terigi Augusto Scardovelli**

Participação: Apoio na redação do projeto para submissão ao *Clinical Trials* para pesquisa com humanos;

**8.Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins**

Participação: Coorientador da pesquisa e Coordenador do curso de pós-graduação *stricto sensu* da Universidade de Mogi das Cruzes, cujo apoio foi a liberação do espaço, recursos e local para testes, conforme horário e a disponibilidade dos voluntários;

**9.Alessandro Pereira da Silva**

Participação: Orientador da pesquisa e Líder do grupo de professores acima descritos. Apoio na pesquisa com humanos e na Redação do artigo.

Srs. EDITORES, com máximo respeito, solicito que a participação de cada um dos autores seja anotada e vistada pelo Líder do grupo de Pesquisadores, Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva, dando ciência aos mesmos e por eles assinando no artigo em questão e autorizando para os próximos a serem publicados, desde que na redação dos próximos artigos, conste o nome de todos autores, tal como acima listados.

Mogi das Cruzes, 25 de novembro de 2019.



Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva

CV: <http://lattes.cnpq.br/0994881596597293>

Pesquisador e Líder do grupo de Pesquisadores na  
Universidade de Mogi das Cruzes / São Paulo / Brasil