

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

P2B - PATENT TO BUSINESS: PLATAFORMA DE INCENTIVO A INOVAÇÃO ATRAVÉS DA UNIFICAÇÃO DAS BASES DE DADOS DE EMPRESAS E PATENTES	
PLATFORM FOR INNOVATION INCENTIVE THROUGH THE UNIFICATION OF COMPANY AND PATENTS DATABASES – George Fabricio Santos Rodrigues; Marcio Rodrigues Miranda; Andreimar Martins Soares	08
PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DA ESTRUTURA DE FORMAÇÃO DE PREÇO PARA O MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA COM BASE NA OFERTA	
PROPOSAL TO IMPROVE THE PRICE FORMATION STRUCTURE FOR THE BRAZILIAN ENERGY MARKET BASED ON THE SUPPLY – Camila Capobiango Martins; Marcelle Caroline Thimotheo de Brito; Adriana Fiorotti Campos	20
FUZZY MODELING OF ONION PRODUCTIVITY UNDER DIFFERENT DOSAGES OF SOIL FERTILIZER AND FOLIAR FERTILIZER	
MODELAGEM FUZZY DA PRODUTIVIDADE DA CEBOLA SOB DIFERENTES DOSAGENS DO FERTILIZANTE DE SOLO E FERTILIZANTE FOLIAR – Emmanuel Zullo Godinho; Fernando de Lima Caneppele; Ricardo Marques Barreiros; Murilo Miceno Frigo	32
COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS UTILIZANDO CASCA DE COCO BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO GRADUAL E TOTAL AO AGREGADO GRAÚDO BRITA	
CEMENTITIOUS COMPOSITES USING BABASSU COCONUT SHELL IN GRADUAL AND TOTAL REPLACEMENT FOR COARSE GRAVEL AGGREGATE – Marcello Matos De Matos; Marcelo De Souza Picanço; Nicanor Azevedo Filho	42
ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE DETERMINADAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE RADIADORES	
STUDY OF THE FEASIBILITY OF APPLYING CERTAIN QUALITY INSPECTION TECHNIQUES IN THE PRODUCTION PROCESS OF RADIATORS – Daniel Julien Barros Da Silva Sampaio; Felipe Rudolf Depieri Zwetsloot	53



Edição 205 de janeiro de 2023

<http://www.sodebras.com.br/>

ISSN - 1809-3957

DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza, UNESP-FEG (Editor Geral).
Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior, UNESP-FEG (Editor Adjunto).
Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior, Lough. Univ-UK, PUC-PR.
Prof. Dr. Maria Cláudia Botan, UNIVESP.
Prof. Dr. Thais Santos Castro, UNESP.
Prof. Dr. Agustín Valverde Granja, Universidad de Ibagué- Colômbia.
Prof. Dr. Joacy de Lima Freitas Junior, Agência Nacional de Aviação Civil.
Prof. Dr. José Leandro Casa Nova Almeida, Instituto Federal-RJ.
Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes, UFF.
Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior, UTFPR.
Prof. Dr. José Rui Camargo, UNITAU.
Prof. Dr. José Renato de Oliveira Lima, Universidade Federal do Maranhão.

COMITÊ CIENTÍFICO

Valdir Agostinho de Melo, COPPE/UFRJ	Paulo Bassani, UEL
Juliana Corrêa Crepalde, CTIT/ UFMG	Marlene Marchiori, UEL
Lila Teixeira de Araújo Janahú, ESAMAZ	Carlos Humberto Martins, UEM
Volmer Avelino Silvio Paula da Silveira, Estácio	Paulo Fernando Soares, UEM
Durval Corrêa Meirelles, Estácio	Deisy Cristina Corrêa Igarashi, UEM
Ana D'Arc Martins de Azevedo, FAAM/UEPA	Moisés Meza Pariona, UEPG
Maria Lígia Carrijo Monteiro, FACEG	Jarem Raul Garcia, UEPG
Marcus Antonius Costa Nunes, Fac. Vale do Cricaré - PE	Elizabete Campos de Lima, UFABC
Zélia Maria De Melo De Lima Santos, FALUB.	Carlos Suetoshi Miyazawa, UFABC
Sérgio Roberto Montoro, FATEC - Pindamonhangaba	Marcio Zamboti Fortes, UFF
Claudio Antonio Frederico, IEAV / CTA	Pablo Silva Machado Bispo dos Santos, UFF
Maria Manuela Camino Feltes, IFC	Paulo Henrique Furtado de Araujo, UFF
Felipe José da Silva, IFRJ	Paulo Sérgio Scalize, UFG
Givanildo Alves dos Santos, IFSP	Juliana da Cunha, UFG
Paulo Marcos de Aguiar, IFSP	Hilton Pereira da Silva, UFPA
Airton Viriato de Freitas, INSTITUTO DE	Anderson Gonçalves da Silva, UFRA
INFECTOLOGIA EMÍLIO RIBAS	Antonio Carlos Baptista Antunes, UFRJ
Claudio Edilberto Höfler, Instituto Federal Farroupilha	Claudinei de Souza Guimarães, UFRJ
Leila Ribeiro dos Santos, ITA / CTA	Antônio Assis Vieira, UFRRJ
Letícia Peret Antunes Hardt, PUC –PARANÁ	Joel Dias da Silva, UFSC
Eduardo Concepción Batiz, SOCIESC	Leandro Belinaso Guimarães, UFSC
Marcelo Macedo, SOCIESC	Silvio Serafim da Luz Filho, UFSC
Ariovaldo de Oliveira Santos, UEL	Antonio Pedro Novaes de Oliveira, UFSC
André Luiz Martinez de Oliveira, UEL	Rozângela Curi Pedrosa, UFSC
Leonardo Sturion, UEL	Débora de Oliveira, UFSC
Jean-Marc Stephane Lafay, UEL	Fabiano Rodrigues de Souza, UFT -TO
Emília Kiyomi Kuroda, UEL	Cláudio Homero Ferreira da Silva, UFU
Henrique de Santana, UEL	Márcia Susana Nunes Silva, ULBRA
Marli Terezinha Oliveira Vannuch, UEL	Maria Eloisa Farias, ULBRA

Maria Lúcia Castagna Wortmann, ULBRA
 Hélio Raymundo Ferreira Filho, UNAMA/UEPA
 Maria Claudia Botan, UNESP
 Ana Maria Pires Soubhia, UNESP - Araçatuba
 Eduardo Maffud Cilli, UNESP - Araraquara
 Helena Carvalho de Lorenzo, UNESP - Araraquara
 Heitor Miranda Bottura, UNESP - Bauru
 Helio Grassi Filho, UNESP - BOTUCATU
 Lenisse Domingos dos Santos Cintra Lima, UNESP.
 Augusto Eduardo Baptista Antunes, UNESP.
 Durval Luiz Silva Ricciulli, UNESP - Guaratinguetá
 Francisco Antônio Lotufo, UNESP - Guaratinguetá
 Inácio Bianchi, UNESP - Guaratinguetá
 João Zangrandi Filho, UNESP - Guaratinguetá
 José Feliciano Adami, UNESP - Guaratinguetá
 Leonardo Mesquita, UNESP - Guaratinguetá
 Marcio Abud Marcelino, UNESP - Guaratinguetá
 Messias Borges Silva, UNESP - Guaratinguetá
 Rubens Alves Dias, UNESP - Guaratinguetá
 Sílvia Maria A. Lima Costa, UNESP - Ilha Solteira
 Gláucia Aparecida Prates, UNESP - Itapeva
 Áureo Evangelista Santana, UNESP - Jaboticabal
 Teresa Cristina Tarele Pissarra, UNESP - Jaboticabal
 Gilda Carneiro Ferreira, UNESP - Rio Claro
 Fernando Luis Ferttonani, UNESP - São José do Rio Preto
 Azor Lopes da Silva Júnior, UNESP - São José do Rio Preto
 Andréa Rossi Scalco, UNESP - Tupã
 José Renato Oliveira de Lima, UNESP-IQ, Araraquara
 Luiz Antonio Rossi, UNICAMP
 Nelson Nunes Tenório Júnior, UNICESUMAR
 Luis Henrique de Carvalho Ferreira, UNIFEI - Itajubá
 Paulo Cesar Crepaldi, UNIFEI - Itajubá
 Robson Luiz Moreno, UNIFEI - Itajubá
 Tales Cleber Pimenta, UNIFEI - Itajubá
 Fernando das Graças Braga da Silva, UNIFEI - Itajubá
 Leonardo Breseghello Zoccal, UNIFEI-Itajubá
 Larissa Morimoto Doi, UNIFESP
 Fernando Kenji Nampo, UNIFIL
 Adriano Vargas Freitas, UNIGRANRIO
 Angelo Santos Siqueira, UNIGRANRIO
 Eline das Flores Victor, UNIGRANRIO
 Luiz Eduardo Silva Souza, UNIGRANRIO
 Michel Jean Marie Thiollent, UNIGRANRIO
 Abel Rodolfo Garcia Lozano, UNIGRANRIO / UERJ
 Lileane Praia Portela de Aguiar, UNINORTE.
 Eliane Cardoso Brenneisen, UNIOESTE
 Luiz Ernani Henkes, UNIPAMPA
 Maria Conceição de Oliveira, UNIPLAC
 Wilson Engelmann, UNISINOS
 Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, UNITAU
 Pedro Paulo Leite do Prado, UNITAU
 Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes, UNITAU
 Adriana Araujo Diniz, UNIV. ESTADUAL DO
 MARANHÃO
 Danilo Émmerson Nascimento Silva, UNIV. FEDERAL DE
 PERNAMBUCO
 Adelar João Pizetta, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Fiorotti Campos, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Demite Stephani Carvalho, UNIV. FEDERAL DO
 TOCANTINS
 Ademir Gomes Ferraz, UNIV. FEDERAL RURAL DE
 PERNAMBUCO
 Rudimar Luís Scaranto Dazzi, UNIVALI
 Carlos Nabil Ghobril, Universidade de São Paulo - USP
 Filomena Maria Cordeiro Moita, Universidade Estadual da
 Paraíba
 Márcia Maria Melo Araújo, Universidade Estadual de Goiás
 Élsio José Corá, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Edemar Rotta, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Walter Roberto Hernández Vergara, Universidade Federal de
 Grande Dourados - FAEN-UFGD
 Édison Martinho da Silva Difante, Universidade Federal de
 Passo Fundo - RS
 Antonio Amaral Barbosa, Universidade Federal de Pelotas
 João Carlos Gomes, Universidade Federal de Rondônia
 ANA EUCARES VON LAER, Universidade Federal de
 Santa Maria - UFSM
 André Riani Costa Perinotto, Universidade Federal Do Piauí,
 Campus De Parnaíba
 Diogo da Silva Cardoso, UFRJ.
 Cláudia Moura de Melo, Universidade Tiradentes.
 Osvaldo Yoshimi Tanaka, USP
 Ana Cristina D'andretta Tanaka, USP
 Heloiza Helena Gomes de Matos, USP
 Rodrigo Pinto de Siqueira, USP - Lorena
 José Leandro Casa Nova Almeida, USS
 Adalberto Matoski, UTFPR
 Guataçara dos Santos Junior, UTFPR
 Rita de Cassia da Luz Stadler, UTFPR
 Juarez da Silva Thiesen, UTFPR
 Maria de Lourdes Bernartt, UTFPR
 Alessandro Jaquil Waclawovsky, UTFPR
 Pedro Ramos da Costa Neto, UTFPR
 Frieda Saicla Barros, UTFPR
 Rogério Marcos da Silva, UTFPR
 Gerson Máximo Tiepolo, UTFPR
 Jair Urbanetz Junior, UTFPR
 Ariel Orlei Michaloski, UTFPR
 Fabiana de Fátima Giacomini, UTFPR
 Ieda Viana, UTP
 Camila Nunes de Moraes Ribeiro, UTP
 Angela Ribas, UTP
 Sandro Germano, UTP
 Maria Rose Jane Ribeiro Albuquerque, UVA- Acaraú
 Luciano Silva Figueiredo, UFRGS
 Gerson dos Santos Lisboa, UFG-GO



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

ISSN: 1809-3957 / Prefixo DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

Vol. 18 – N° 205 – JANEIRO/ 2023

EDITORIAL

O ano de 2023 se iniciou com diversas discussões acerca da responsabilidade do homem no espaço social, na política e no meio ambiente. Tudo isso, reforça a importância do debate acadêmico e da ciência para a humanidade.

A SODEBRAS – Soluções Para o Desenvolvimento do País – publica artigos científicos das mais diferentes áreas do conhecimento. Devido seu caráter interdisciplinar e a qualidade de seu corpo editorial a Revista tem sido utilizada por pesquisadores do Brasil e do mundo, para publicar estudos de alta relevância para o desenvolvimento técnico-científico da sociedade humana. Além disso, a SODEBRAS conta com o apoio da UNALAR, editora que está no mercado há mais de duas décadas; e também do ITANACIONAL, instituto de ensino e pesquisa localizado em Cisneiros - distrito de Palma-MG. Para contribuir com uma dinâmica ainda maior, no que diz respeito à circulação e a produção do conhecimento, a SODEBRAS adota uma periodização mensal. Sabe-se que em um mundo de rápidas mudanças e de constantes transformações a ciência precisa estar na vanguarda da propagação de informações. Além disso, as edições possuem formato eletrônico de acesso livre e gratuito, assim como indexação nacional e internacional.

Nesta edição, na busca de contribuir para o desenvolvimento tecnológico e científico, a SODEBRAS trouxe cinco artigos acadêmicos, oriundos das mais diversificadas áreas do conhecimento humano.

P2B – PATENT TO BUSINESS: PLATAFORMA DE INCENTIVO A INOVAÇÃO ATRAVÉS DA UNIFICAÇÃO DAS BASES DE DADOS DE EMPRESAS E PATENTES, é uma pesquisa de George Fabricio Santos Rodrigues, márcio Rodrigues Miranda e Andreimar Martins Soares.

PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DA ESTRUTURA DE FORMAÇÃO DE PREÇO PARA O MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA COM BASE NA OFERTA, é de autoria de Camila Capobiango Martins, Marcelle Caroline Thimotheo de Brito e Adriana Fiorotti Campos.

FUZZY MODELING OF ONION PRODUCTIVITY UNDER DIFERENTE DOSAGES OF SOIL FERTILIZER AND FOLIAR FERTILIZER é o resultado de uma pesquisa de Emmanuel Zullo Godinho, Fernando de Lima Caneppele, Ricardo Marques Barreiros e Murilo Miceno Frigo.

COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS UTILIZANDO CASCA DE COCO BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO GRADUAL E TOTAL AO AGREGADO GRAÚDO BRITA 1, é um estudo de Marcello Matos de Matos, Marcelo de Souza Picanço e Nicanor Azevedo Filho.



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

ISSN: 1809-3957 / Prefixo DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

Vol. 18 – N° 205 – JANEIRO/ 2023

ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE DETERMINADAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE RADIADORES, é um ensaio de Daniel Julien Barros da Silva Sampaio e Felipe Rudolf Depieri Zwetsloot.

Boa leitura

Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior

Editor Adjunto – Revista SODEBRAS

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p>P2B - PATENT TO BUSINESS: PLATAFORMA DE INCENTIVO A INOVAÇÃO ATRAVÉS DA UNIFICAÇÃO DAS BASES DE DADOS DE EMPRESAS E PATENTES</p> <p>PLATFORM FOR INNOVATION INCENTIVE THROUGH THE UNIFICATION OF COMPANY AND PATENTS DATABASES</p> <p>George Fabricio Santos Rodrigues; Marcio Rodrigues Miranda; Andreimar Martins Soares</p>
6-3	<p>PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DA ESTRUTURA DE FORMAÇÃO DE PREÇO PARA O MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA COM BASE NA OFERTA</p> <p>PROPOSAL TO IMPROVE THE PRICE FORMATION STRUCTURE FOR THE BRAZILIAN ENERGY MARKET BASED ON THE SUPPLY</p> <p>Camila Capobiango Martins; Marcelle Caroline Thimotheo de Brito; Adriana Fiorotti Campos</p>

P2B - PATENT TO BUSINESS: PLATAFORMA DE INCENTIVO A INOVAÇÃO DE EMPRESAS

PLATFORM FOR INNOVATION INCENTIVE THROUGH THE UNIFICATION OF COMPANY AND PATENTS DATABASES

George Fabricio Santos Rodrigues¹

Marcio Rodrigues Miranda²

Andreimar Martins Soares³

Resumo – *O presente trabalho possuiu como objetivo principal, a disponibilização de uma plataforma que unificou as bases de dados de empresas e patentes, por meio da relação das informações contidas no SERPRO, banco de dados do Serviço Federal de Processamento de Dados e Espacenet, banco de documentos de patentes do Escritório Europeu de Patente. A plataforma apresentou uma funcionalidade de busca e diagnóstico de inovação, proporcionando a efetivação de consultas e conhecimentos informativos do panorama geral de tecnologias previamente depositada, facilitando a prospecção de patentes para a pequena e média indústria nacional, de modo a incentivar o investimento em processos de inovação. A plataforma, denominada P2B - Patent to Business, encontra-se em funcionamento em <https://patente.netlify.app/>.*

Palavras-chave: *Patentes. Informação Tecnológica. Inovação em Empresas. Prospecção Tecnológica.*

Abstract - *The present work had as main objective, the availability of a platform that unified the databases of companies and patents, through the relation of the information contained in the SERPRO, database of the Federal Service of Data Processing and the Espacenet, patent database of the European Patent Office. The platform presented a functionality for searching and diagnosing innovation, providing the execution of consultations and informative knowledge of the general panorama of previously deposited technologies, facilitating the prospecting of patents for the small and medium-sized national industry, in order to encourage investment in innovation processes. The platform, called P2B - Patent to Business, is in operation through the address.*

Keywords: *Patent. Technology Information. Company Innovation. Technology Mining.*

¹ Especialista em Segurança em Redes e Sistemas (PORTO); Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (PROFNIT/IFRO). Contato: george.fabricio.2020@gmail.com.

² Doutor em Ciências Biológicas - Biofísica (IBCCF/UFRJ); Docente do Programa de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (PROFNIT/IFRO). Contato: marcio.miranda@ifro.edu.br.

³ Doutor em Ciências Biológicas - Bioquímica (USP); Docente do Programa de Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (PROFNIT/IFRO). Contato: andreimar.soares@gmail.com.

I. INTRODUÇÃO

A inovação pode ser buscada de diversas formas, entre elas, na melhoria da eficiência dos processos de trabalho, da produção, e no desenvolvimento de novos processos ou produtos (OCDE, 1997). As empresas de grande porte dispõem de recursos para criar setores dentro de sua estrutura organizacional com o objetivo de inovar (COELHO & SOUZA, 1999). Essa realidade é diferente entre as empresas brasileiras de pequeno e médio porte, uma vez que não estabelecem processos de inovação para melhorar as dinâmicas de negócio, em razão da dificuldade de prospectarem e assimilarem novas tecnologias (IBGE, 2020). Em adição, mais de 70% das empresas brasileiras não inovam, em sua maioria, em função dos elevados riscos econômicos, elevados custos da inovação e falta de pessoal qualificado (IBGE, 2020).

Os bancos de dados de patentes possuem papel importante como repositório de informação tecnológica de altíssima qualidade (AMPARO, RIBEIRO & GUARIEIRO 2012; ALBERTO & MIRANDA, 2022), onde podem ser encontrados milhões de documentos classificados em diversos subgrupos com a descrição detalhada de novos produtos e processos (INPI, 2021). O acesso aos documentos de patentes relevantes é resultado de complexas técnicas de estratégias de busca (AMPARO, RIBEIRO & GUARIEIRO, 2012; FERNANDES, SOUZA & MIRANDA, 2022) que compõem a Prospecção Tecnológica.

A Prospecção Tecnológica pode ser definida como um meio sistemático e confiável de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos com grande potencial para influenciar de forma significativa a evolução tecnológica do país (KUPFER & TIGRE, 2004). Dessa forma, a Prospecção Tecnológica possibilita: i) visualizar um panorama geral de tecnologias desenvolvidas; ii) acessar a informação tecnológica com baixo custo; iii) incentivar as pequenas e médias empresas a investir em processos de inovação; e, iv) promover a inteligência competitiva.

Como forma de contribuir para a visualização de um panorama geral de tecnologias previamente depositadas e facilitar a prospecção de patentes dentro das pequenas e médias empresas, foi desenvolvida uma base unificada de consultas e conhecimentos informativos de modo a incentivá-las a investir em processos de inovação com menor custo, realizar o diagnóstico do grau de inovação da empresa e prospectar as tecnologias depositadas nas bases de dados de documentos de patentes nacionais e internacionais.

II. METODOLOGIA

No presente trabalho foi realizada uma pesquisa de abordagem mista e ampliada, descritiva e exploratória, com as etapas descritas a seguir.

2.1 - Prospecção tecnológica de dados de patentes sobre plataformas para oferta de tecnologias

Para avaliar as tecnologias existentes com soluções semelhantes a desenvolvida nesse trabalho, foi realizada a prospecção dos documentos de patentes na bases de dados da Plataforma Espacenet do Escritório Europeu de Patentes (EPO, sigla em inglês).

Considerando a finalidade da plataforma a ser desenvolvida no presente trabalho, foi utilizado código da Classificação Internacional de Patentes (IPC, sigla em inglês) G06Q (INPI, 2021).

O código IPC G06Q está relacionado a documentos de patentes que compreendem "*sistemas ou métodos de processamento de dados, especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou*

predição; sistemas ou métodos especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, de gerenciamento, supervisão ou predição, não incluídos em outro local".

Foram utilizados os seguintes critérios de busca:

- ✓ **Critério 1:** (PATENT MINING OR PATENT TRACK+ OR PATENT PROSPECT+ OR PATENT MAP+)/TI/AB/CLMS AND (G06Q)/IPC.
- ✓ **Critério 2:** ((PATENT MINING OR PATENT TRACK+ OR PATENT PROSPECT+ OR PATENT MAP+)/TI/AB/CLMS AND (ENTREPRENEURSHIP OR ENTERPRISE OR COMPANY OR STARTUP)/TI/AB/CLMS) AND (G06Q)/IPC.
- ✓ **Critério 3:** (IP MARKETPLACE OR INTELLECTUAL PROPERTY MARKETPLACE OR INTELLECTUAL PROPERTY MARKET PLACE)/TI/AB/CLMS AND (G06Q)/IPC

2.2 - Associações entre os dados do diagnóstico da inovação, tecnologia e empresas

Com o objetivo de mensurar o grau de inovação da empresa, e otimizar a busca de soluções para a demanda das empresas atendidas para a geração de processos, serviços e produtos inovadores (COSTA & SILVA, 2016; SILVA NÉTO & TEIXEIRA, 2011), o Agente Local de Inovação (ALI) do SEBRAE realiza o diagnóstico da inovação (Radar da Inovação) por meio da aplicação de um questionário estruturado em 13 dimensões (FERNADES & D'ANJOUR, 2016), compostas por um conjunto de variáveis avaliadas em 42 questões objetivas (SILVEIRA, 2017; VEIGA, SANTO & ALMEIDA, 2018), como apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Dimensões do diagnóstico da inovação (Radar da Inovação) utilizado no Programa Agentes Locais da Inovação do SEBRAE

DIMENSÃO	CARACTERÍSTICAS	VARIÁVEIS
OFERTA	Produtos oferecidos pela empresa. A empresa é considerada inovadora ao passo que lança novos produtos.	i) Novos mercados e produtos ii) Ousadia iii) Resposta ao meio ambiente iv) Design v) Inovação tecnológica
PLATAFORMA	Adaptação dos recursos e infraestrutura da empresa às demandas de mercado.	i) Sistema de produção ii) Versões de produto
MARCA	Forma que a empresa utiliza e se apropria de sua marca.	i) Proteção da marca ii) Alavancagem da marca
CLIENTES	Verificar como a empresa consegue ouvir e atender as necessidades dos clientes e identificar novos mercados.	i) Identificação de necessidade ii) Identificação de mercado iii) Uso de manifestações dos clientes-processos e clientes-resultados
SOLUÇÕES	Avalia a forma como a empresa integra bens, serviços e informações para minimizar as dificuldades do cliente.	i) Soluções complementares ii) Integração de recursos
RELACIONAMENTO	Aborda a relação dos clientes com a empresa.	i) Facilidades e amenidades ii) Informatização
AGREGAÇÃO DE VALOR	Relacionamento da empresa com o cliente, parceiros e fornecedores, oferecendo serviços extras que agregam receita.	i) Uso dos recursos existentes ii) Uso das oportunidades de interação

PROCESSOS	Forma como a empresa usa seus processos para buscar melhorias na sua eficiência operacional.	<ul style="list-style-type: none"> i) Melhoria dos processos ii) Sistema de gestão iii) Certificações iv) Software de gestão v) Aspectos ambientais vi) Gestão de resíduos
ORGANIZAÇÃO	Métodos pelos quais a empresa estrutura as responsabilidades dos colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> i) Reorganização ii) Parcerias iii) Visão externa iv) Estratégia competitiva
CADEIA DE FORNECIMENTO	Avalia como a empresa minimiza os custos atribuídos a aspectos logísticos.	<ul style="list-style-type: none"> i) Cadeia de fornecimento
PRESENÇA	Corresponde aos canais de distribuição e pontos de venda que a empresa utiliza para promover os seus produtos no mercado.	<ul style="list-style-type: none"> i) Pontos de venda ii) Novos mercados
REDE	Maneira como a empresa interage com a cadeia de fornecimento e com os clientes.	<ul style="list-style-type: none"> i) Diálogo com o cliente
AMBIÊNCIA INOVADORA	Mede como a empresa cria um ambiente propício à inovação.	<ul style="list-style-type: none"> i) Fontes externas de conhecimento ii) Propriedade intelectual iii) Ousadia inovadora iv) Financiamento da inovação v) Coleta de ideias

Fonte: Adaptado de Fernandes & D'Anjour (2016).

As variáveis recebem a seguinte pontuação: **(5)** quando a variável é sistemática ou comum; **(3)** quando a variável se faz presente ocasionalmente; **(1)** quando a variável não se faz presente/não existe.

O grau de inovação (GI) da empresa é mensurado por meio do somatório dos pontos obtidos em cada dimensão do Radar, dividido pelo total das dimensões que compõem o Radar da Inovação, obtendo dessa forma a seguinte classificação: *Organização Inovadora Sistemática, Inovadora Ocasional, Pouco* ou *Nada Inovadora* (SILVEIRA, 2017; VEIGA, SANTO & ALMEIDA, 2018).

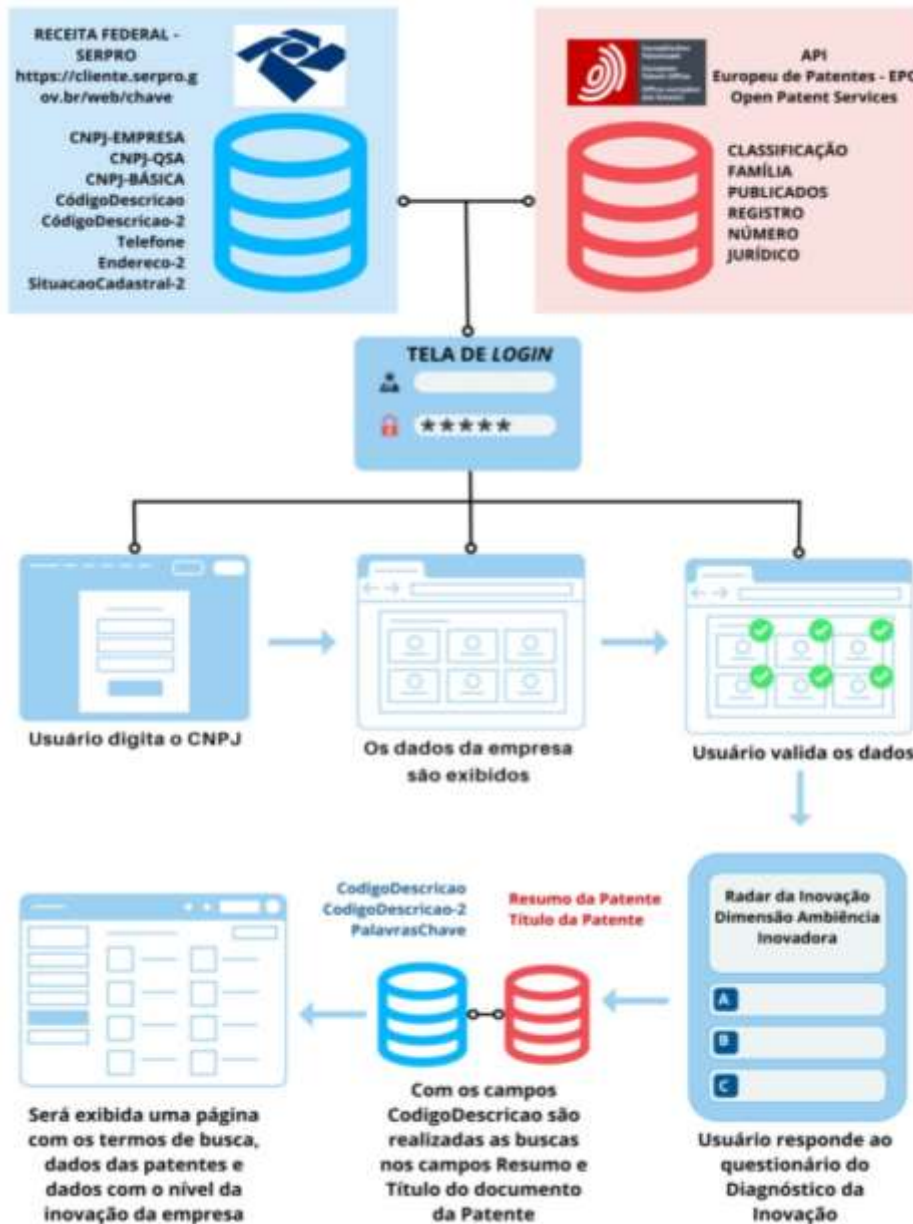
2.3 - Desenvolvimento da plataforma web

A relação entre as fontes de dados das patentes disponibilizadas pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO, sigla em inglês) e dados das Pequenas e Médias Empresas brasileiras disponibilizados pela Receita Federal, sendo utilizada como fonte de informação para a construção de palavras-chave de busca de patentes. A plataforma foi desenvolvida sobre a arquitetura WEB, com banco de dados MongoDB, e Linguagem de programação JavaScript.

A associação desses dados foi realizada tendo como critério de busca o formulário preenchido pelo usuário ao se cadastrar na plataforma. Após a validação, o usuário preencherá o questionário que diagnosticará o grau de inovação da empresa. Tal grau de inovação servirá como um *feedback* para o usuário sobre seu nível de inovação em produto ou processo. Após o preenchimento do formulário, a plataforma apresentará as patentes levando em consideração as atividades econômicas desenvolvidas pela empresa, obtidas da base de dados da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) de registro da empresa e as palavras-chave referentes às respostas ao questionário (Figura 2).

Tais dados serão utilizados nos campos "título" e "resumo" da patente, dessa forma apresentando as patentes que estão relacionadas ao ramo de negócio e grau de inovação da empresa (Figura 1).

Figura 1 - Estrutura do funcionamento da Plataforma P2B Web (*Patent to business*)



Fonte: Autores, 2022.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

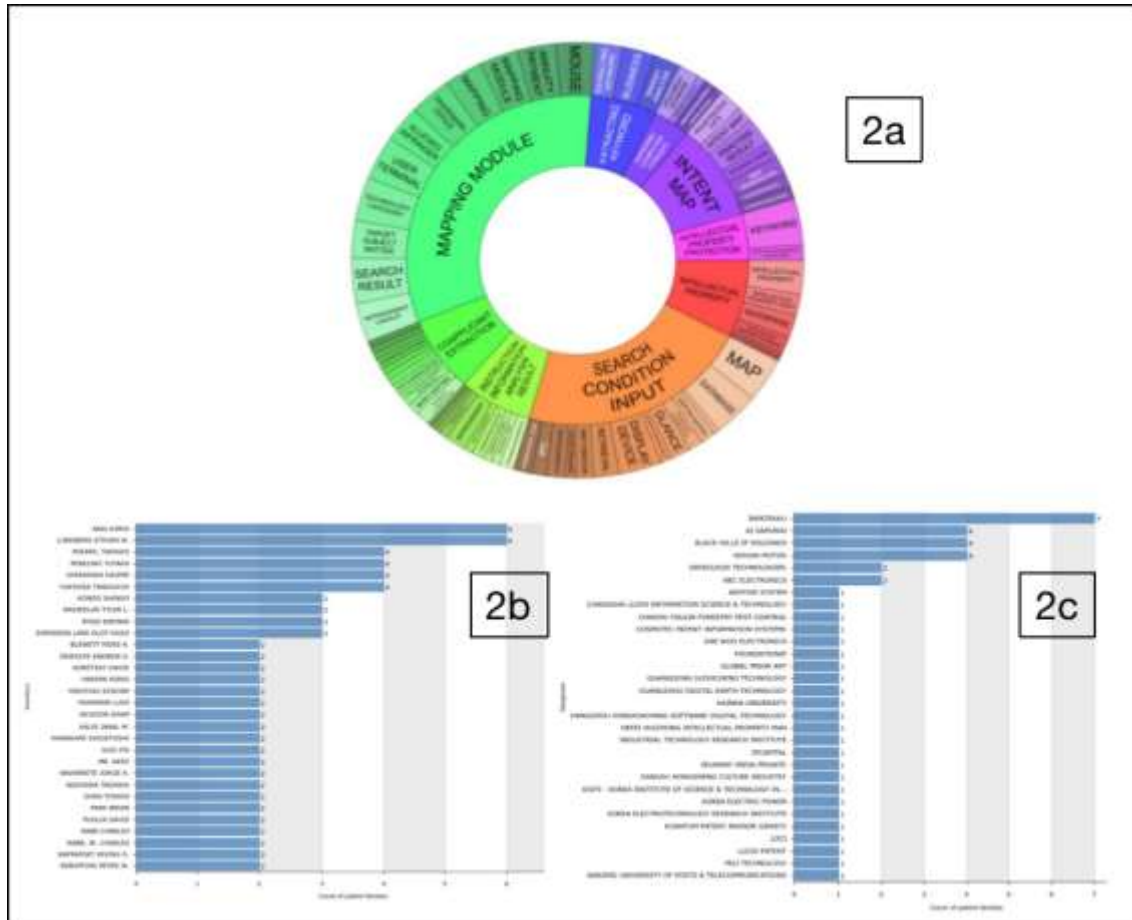
3.1 - Prospecção tecnológica de dados de patentes sobre plataformas para oferta de tecnologias

3.1.1 - Critério 1

Foram encontrados 74 documentos de patentes (famílias de patentes) com predominância de tecnologias voltadas à gestão de patentes. As principais atividades encontradas para o uso das tecnologias foram o "mapeamento dos documentos de

patentes", assim como os critérios de busca de documentos de patentes (Figura 2a). Na figura 3 podem ser visualizados os principais inventores (2b), e as principais organizações titulares dos documentos de patentes (2c).

Figura 2 - Domínio tecnológico dos documentos de patentes e suas aplicações (2a), principais inventores (2b) e organizações (2c)



Fonte: Autores (2022). A figura foi gerada utilizando o *Questel's IP Business Intelligence application Orbit Intelligence* (2022).

3.1.2 - Critério 2

Foram encontrados 22 documentos de patentes (famílias de patentes) com predominância de tecnologias voltadas à gestão de patentes. As principais atividades encontradas para o uso das tecnologias foram o "mapeamento" dos documentos de patentes, assim como "a classificação tecnológica" de documentos de patentes (Figura 3a). Na figura 3 podem ser visualizados os principais inventores (3b), e as principais organizações titulares dos documentos de patentes (3c).

Quadro 2 - Principais documentos de patentes sobre plataformas para negociação e apresentação de tecnologias

	Número do documento	Descrição
<i>System and method for duplicating an intellectual property transaction deal room</i>	WO2015119596A1	Criação de uma sala de negociação para conduzir transações, negociações, incluir ativos, documentos e outras informações relevantes.
<i>Online marketplace for intellectual property</i>	US20090024534A1	Possibilita a identificação e produção de uma lista de ativos de propriedade intelectual que se deseja licenciar ou vender.
<i>Method and system for the exchange of intellectual property assets & the fortification of companies with intellectual property to ensure favorable outcomes</i>	US20140025560A1	Permite que compradores e negociadores interajam através da publicação de seus produtos ou demandas que englobam o registro de propriedade intelectual.
Sistema para desenvolvimento, proteção, gestão, valorização e distribuição de conhecimento	BR 102019021013-3 A2	Sistema para redação, busca, depósito, gestão, conversão e valoração de patentes e artigos científicos.
<i>Method and apparatus for finding web hits for patents</i>	US20130086257A1	Encontra e monitora resultados de patentes, identificando os autores, proprietários, <i>site</i> e citações.
<i>Patent Mapping</i>	US20210149969A1	Oferece o próprio banco de patentes, carteira de venda de patentes e busca de patentes, para aproximar assim a busca e comercialização de patentes.
<i>Apparatus for and method of searching and organizing intellectual property information utilizing an IP thesaurus</i>	US6662178B2	Organiza e busca dados de patentes por meio da busca por sinônimos, combinação de diversos campos e geração lista de palavras chaves encontradas.
<i>System and method for enabling ip marketplace APIs</i>	US2011282762A1	Permite que os ativos de propriedade intelectual sejam caracterizados, classificados e avaliados para a comercialização.
<i>Identification of licensing targets using citation neighbor search process</i>	US2006074867A1	Identifica de organizações que possam estar interessadas em licenciar patentes.
<i>Keyword Advertising in Invention Disclosure Documents</i>	US2008033924A1	Permite ao usuário selecionar palavras chaves de patentes, para uma busca mais eficaz
<i>Methodologies and analytics tools for identifying potential partnering relationships in a given industry</i>	US2008195678A1	Agrupar patentes com a mesma representatividade, ofertando esse serviço para organizações que buscam potenciais parceiros para suas patentes registradas.
<i>A kind of enterprise innovation capability assessment system based on big data</i>	CN108288127A	Avalia a capacidade de inovação empresarial de uma organização, como a capacidade de inovação em produto, impulsionamento dessa inovação e capacidade de segurança das propriedades intelectuais criadas.
<i>A kind of method that enterprise's cross reference figure is formed according to property right of enterprises big data</i>	CN108062636A	Cruzamento de dados de propriedade intelectual de empresas, exibindo e analisando pontos em comum que podem ser utilizados para parcerias.

Fonte: Autores (2022).

Não foi possível observar um sistema que apresente as mesmas funções da plataforma desenvolvida no presente trabalho, mas, notou-se que as plataformas estão mais focadas na negociação de patentes, sem a intenção de facilitar a prospecção tecnológica a partir da área de atuação da empresa.

3.2 - Estabelecer as associações entre os dados do diagnóstico da inovação, tecnologias e empresas

A busca dos dados do CNPJ levanta as informações do CNAE da empresa, onde os principais termos são utilizados como chave de busca para patentes. A plataforma direciona o usuário a responder um questionário, em que suas respostas também são utilizadas como chaves de busca de patentes. Essas chaves de busca são listadas ao final para que o usuário através de seleção manual possa utilizar as palavras de maior correspondência com o negócio da empresa (Figura 4).

Figura 4 - Interface de exibição da busca



Fonte: Autores (2022).

3.3 - Desenvolvimento da Plataforma Web P2B - Patent to Business

Foi realizada a relação entre as fontes de dados das patentes disponibilizadas pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO, sigla em inglês) e dados das PMEs brasileiras disponibilizados pela Receita Federal. Considerando a finalidade da plataforma, a mesma foi denominada **P2B - Patent to Business**, como forma de trazer os documentos de patentes para as empresas poderem transformar em novos negócios, estabelecendo relações de negociação de produtos e conhecimento para a aquisição e transferência de tecnologias. O quadro 3 apresenta as funcionalidades e características da plataforma.

Quadro 3 - Funcionalidades e Características da Plataforma P2B - Patent to Business

FUNCIONALIDADES e CARACTERÍSTICAS da PLATAFORMA	BASE DE DADOS		
	ESPAENET	RECEITA FEDERAL	DADOS INSERIDOS NA PLATAFORMA
Gratuidade			
Busca de dados do CNPJ			
Diagnóstico da Inovação (Radar da Inovação)			
Exibição de dados dos documentos de patentes			
Cadastro das Empresas/Usuários			
Informações para Login			
Seleção de Palavras-Chave			
Atualização de Cadastro das Empresas			
Representação do Grau de Inovação da Empresa			

Fonte: Autores (2022)

IV. CONCLUSÃO

A plataforma P2B desenvolvida facilita a prospecção de patentes, contribui com a geração de *insights*, criação de novos produtos ou melhorias de processos, e apresenta para as empresas o seu grau de inovação.

A plataforma encontra-se em funcionamento no endereço <https://patente.netlify.app>, onde as empresas podem realizar o diagnóstico do grau de inovação e ter acesso facilitado aos documentos de patentes depositados nas bases de dados de documentos de patentes do Brasil e outros países.

V. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alberto Meireles de Oliveira; MIRANDA, Marcio Rodrigues. **Estudo da Evolução dos Depósitos de Patentes dos Institutos Federais da Região Norte do Brasil:** Contribuições do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia. 2022. Revista Sodebras [on line], v. 17, p. 08-19. <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.199.08>.

AMPARO, Keize Katiane dos Santos; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira & GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani. **Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. Perspectivas em Ciência da Informação** [online]. 2012, v. 17, n. 4 [Acessado 25 de Maio 2021], pp. 195-209. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000400012>>. Epub 13 Jun 2013. ISSN 1981-5344. <https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000400012>.

COELHO, José Mário & SOUZA, Maria Carolina A.F. A Importância Do Planejamento Estratégico Para As Empresas De Pequeno Porte. **Anais Do Congresso Brasileiro De Custos - ABC**. Recuperado de <https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/3206>. Acesso em: 19 ago. 2021.

COSTA, Tavonne Leite da; SILVA, Napiê Galvê Araújo. O Legado Inovador do Programa ALI: Um Demonstrativo Sobre a Evolução no Relacionamento com o Cliente das Panificadoras Atendidas pelo Programa na Cidade de Mossoró-RN. Capítulo 5. **In: Mensurando a inovação:** avaliação em MPES participantes do Programa Agentes Locais de Inovação / Miler Franco D'anjour e Napiê Galvê Araújo Silva (Orgs.). – Natal : SEBRAE/RN, 2016. Miler Franco D'anjour e Napiê Galvê Araújo Silva (Orgs.). – Natal : SEBRAE/RN, 2016. 277p.

FERNADES, Diego Rodrigo Vieira & D'ANJOUR, Miler Franco. Comportamento Estratégico e Inovação em Micro e Pequenas Empresas de Material de Construção. **In: Mensurando a inovação:** avaliação em MPES participantes do Programa Agentes Locais de Inovação / Miler Franco D'anjour e Napiê Galvê Araújo Silva (Orgs.). – Natal : SEBRAE/RN, 2016. Miler Franco D'anjour e Napiê Galvê Araújo Silva (Orgs.). – Natal : SEBRAE/RN, 2016. 277p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ - FIEC (2021). **Índice FIEC de Inovação dos Estados 2021**. Disponível em https://arquivos.sfiec.org.br/nucleoeconomia/files/files/Indice-FIEC-Inovacao_2021.pdf. Acesso em 01/03/2022.

FERNANDES, Denise Lima de Oliveira; SOUZA, Alecsandra Oliveira de; MIRANDA, Marcio Rodrigues. Tecnologias para a Educação: Prospecção Tecnológica dos Depósitos de Patente e Programa de Computador pelos Institutos Federais de Educação, Ciência e

Tecnologia. 2022. **Revista Sodebras [on line]**. v. 17, p. 20-30. <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.199.20>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2020). **Pesquisa de Inovação**: 2017. Pintec: 2017. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101706_informativo.pdf. Acesso 05/12/2021.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI. **Classificação de Patentes (IPC/CPC) - Relatório Executivo**. Disponível em https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao/RelatorioExecutivoClassificacaoPatentes2021_DIRP_A_14032022.pdf, acesso em 05 de maio de 2021.

IP-MARKETPLACE, 2022. Disponível em <https://ip-marketplace.org/about-ip-marketplace/what-is-ipmarketplace/>. Acesso em 05 de janeiro de 2022.

KUPFER, David; TIGRE, Paulo Bastos. Prospecção Tecnológica. *In: Modelo SENAI de prospecção*: documento Metodológico. Capítulo 2. CARUSO, L. A.; TIGRE, P. BASTOS (Org.) Montevideo : CINTERFOR/OIT, 2004.

SILVA NÉTO, Ana Teresa da; TEIXEIRA, Rivanda Meir. Mensuração do grau de inovação de micro e pequenas empresas: estudo em empresas da cadeia têxtil-confecção em Sergipe. **INMR - Innovation & Management Review**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 205-229, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79233>. Acesso em: 18 set. 2021.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECNONÔMICO (OCDE). **Manual de Oslo**: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. 2 edição. Paris: OCDE, 1997.

OPENTECHS, 2022. Disponível em <https://www.opentechs.net/br-pt/#steps>. Acesso em 05 de janeiro de 2022.

SEBRAE 2019. **Turbine sua empresa com o Projeto ALI**. Melhore seus resultados por meio de soluções em indústria 4.0, acesso a novas tecnologias e muito mais. Disponível em <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ro/sebraeaz/turbine-sua-empresa-com-o-projeto-ali,cea27523dd9b9610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em novembro de 2020.

SILVEIRA, Alina Signori. **Aplicação do Radar da Inovação em uma Malharia Circular**: Estudo de Caso. 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Têxtil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2017.

SYSPAT, 2022. **Sistema para redação, busca, depósito, gestão, conversão e valorização de patentes e artigos científicos**. Disponível em <https://www.syspat.com>. Acesso em 05 de janeiro de 2022.

VEIGA, Jéssica dos Santos; SANTO, Anderson Luís do Espírito; ALMEIDA, Rosa de Barros Ferreira de. Grau De Inovação Das Micro E Pequenas Empresas: Uma Análise Sob A Ótica Do Radar De Inovação. **Anais do ADM 2018 - Congresso Internacional de Administração**, 2018.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Rondônia (IFRO) em virtude de o presente trabalho ter sido realizado através de bolsa de estudo aprovada no Edital n° 13/2020 -

Edital de Seleção de Projetos de Desenvolvimento Científico/Tecnológico na Pós-graduação *Stricto Sensu* do IFRO.

VII. COPYRIGHT

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

PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DA ESTRUTURA DE FORMAÇÃO DE PREÇO PARA O MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA COM BASE NA OFERTA

PROPOSAL TO IMPROVE THE PRICE FORMATION STRUCTURE FOR THE BRAZILIAN ENERGY MARKET BASED ON THE SUPPLY

Camila Capobiango Martins¹
Marcelle Caroline Thimotheo de Brito²
Adriana Fiorotti Campos³

Resumo – O setor elétrico brasileiro tem em sua história reformas importantes que não foram suficientes para adequar soluções que promovessem a sua sustentabilidade de forma integral. A estrutura do modelo atual ainda não consegue estabelecer condições financeiramente estáveis no enfrentamento de crises hídricas e dos efeitos ocasionados pelas mudanças na composição de sua matriz energética. Portanto, o artigo proposto, descreve fatos históricos relevantes da evolução do marco regulatório brasileiro associado à formação de preços, inclusive em sua fase recente de modernização coordenada pelo MME, considerando exemplos internacionais na temática, e sugere mudanças na estrutura de formação de preços por oferta para o mercado brasileiro, por conseguinte, auxilia no aperfeiçoamento da indústria nacional de eletricidade.

Palavras-chave: Formação de Preços. Setor Elétrico. Planejamento Energético.

Abstract – The Brazilian electric sector has in its history essential reforms that were not enough to adopt solutions that have integrally promoted its sustainability. The current model's structure is still unable to establish stable financial conditions in dealing with water crises and the effects caused by changes in the composition of its energy matrix. Therefore, the proposed article describes relevant historical facts of the evolution of the Brazilian regulatory framework associated with energy pricing, including in its recent phase of modernization coordinated by the MME, considering international examples on the subject, and suggests changes in the structure of energy pricing by the offer for the Brazilian market, therefore, helps to improve the national electricity industry.

Keywords: Pricing. Electric Sector. Energy Planning.

¹ Mestre e Doutoranda em Engenharia Elétrica (PEE/COPPE/UFRJ). Empregada em Centrais Elétricas Brasileiras - Eletrobras. Contato: camila.capobiangomartins@gmail.com.

² Mestre e Doutora em Planejamento Energético (PPE/COPPE/UFRJ). Bacharel em Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência. Contato: collectb@gmail.com.

³ Doutora em Planejamento Energético (PPE/COPPE/UFRJ). Docente da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Contato: afiorotti@yahoo.com.

I. INTRODUÇÃO

A estrutura do modelo do mercado de energia no Brasil se desenvolve na medida em que consegue lidar com momentos de crises econômicas e climáticas, estabelecendo novas alternativas estruturais e conceituais estimulantes para alguma reforma no modelo regulatório setorial, quase instantânea. Isto é constatado, principalmente, quando se relembram os eventos relacionados às privatizações no Setor Elétrico e à reestruturação institucional dos agentes, ambas ocorridas nos anos 1990.

O cenário atual se difere do passado, pois as mudanças regulatórias em implantação tratam da liberação do mercado, seguindo a proposta de Modernização promovida pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Neste contexto, estudos e desenvolvimentos sobre mecanismos de formação de preços se destacam, como se constata em Viana (2018), Moreira (2016), Silva (2009), Simba(2005), Oliveira(2003), bem como recentemente discutido, sob um olhar de sistema hidrotérmico, em Brito *et al.* (2022). Várias questões necessitam ser ainda aprofundadas para se desenhar uma evolução consistente, sem ampliar as dificuldades já identificadas na estrutura de precificação no mercado de energia do Brasil.

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passou de um modelo clássico de curto prazo para um modelo de contratos de longo prazo, dado os leilões de energia. Assim, o mercado atacadista brasileiro priorizou a estrutura de formação de preço pelo custo da energia armazenada, conforme informações obtidas em Campos, Brito e Martins (2021). Atualmente, a situação da matriz energética tendencia uma oportunidade maior de oferta de geração à operação e ao planejamento do Sistema Interligado Nacional (SIN), seja conectada à Rede Básica (RB) ou como Geração Distribuída (GD) e, potencialmente, uma melhor condição para o estabelecimento da formação de preço concatenada a esta oferta.

Os efeitos da transição energética ainda não foram suficientes para modificar a característica principal do SIN. A hidreletricidade detém a maior participação na matriz eletroenergética brasileira, equivalente a 108.836 MW (ONS, 2022) de capacidade instalada de geração centralizada e representa 58% da matriz energética brasileira (MME/EPE, 2022). Todavia, nuances desta transição, aliada à personalização dos serviços aos consumidores, trazem desafios à qualidade do fornecimento da energia e à instrução de atos regulatórios que favoreçam novos negócios com a eletricidade. Nesse sentido, a proposta teórica apresentada neste trabalho é de uma estrutura de modelo de formação de preço de energia a partir de ofertas (despacho “por preços”) limitadas aos custos estimados centralizadamente (despacho “por custos”).

II. MERCADO DE ENERGIA NO BRASIL

Inicialmente, deve-se salientar que é importante entender o funcionamento do mercado de energia elétrica brasileiro para evoluir no aprimoramento do “Modelo Institucional do Setor Elétrico” sem deixar de assegurar: (i) a segurança do suprimento de energia elétrica; (ii) a modicidade tarifária dos serviços; e (iii) a inclusão social através dos programas de universalização do atendimento (MME, 2003).

A expansão do SIN deve levar em conta a questão da modicidade tarifária. Sendo assim, o equilíbrio, ou a tentativa de equilíbrio, em mitigar os efeitos negativos deste embate, veio da instituição de um formato de contratação obrigatória, antecipada e integral da demanda projetada dos distribuidores de energia convivendo com uma parcela de livre contratação “especial” voltada para grandes clientes. Desta forma, o mercado de energia no Brasil foi dividido em dois ambientes: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL) (BRASIL, 2004b), sendo o

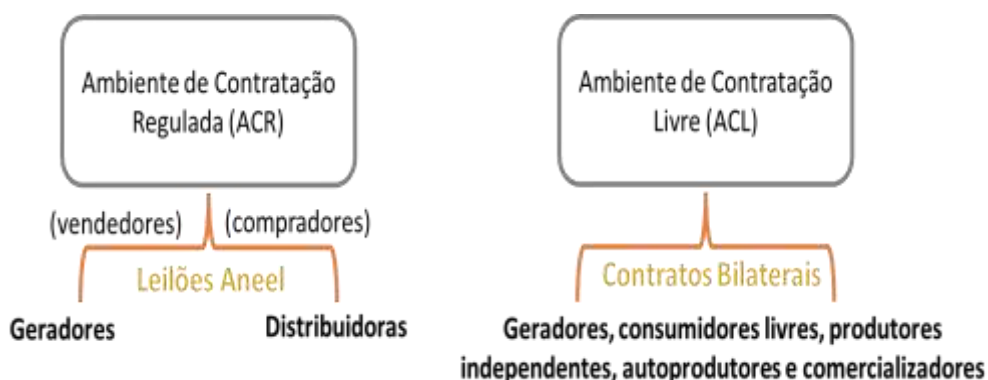
mecanismo de ajuste das diferenças conhecido como Mercado de Curto Prazo (MCP). O MCP funciona para que se ajuste a compensação das diferenças na liquidação dos contratos sob controle da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (BRASIL, 2004a).

A formação de preço no mercado de curto prazo, conhecida como Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), atualmente é realizada através de despacho por custo oriunda da operação definida por um operador central (ONS), visando o atendimento da demanda ao menor custo possível.⁴ Para isso, o ONS conta com o apoio de modelos computacionais para otimizar o uso dos recursos de geração para refletir o menor custo. Assim, o preço com base no custo marginal da operação (CMO) do sistema respeita limites mínimos e máximos definidos pela ANEEL.

Basicamente, o ACR é composto por contratos negociados em leilões estabelecidos de acordo com as necessidades identificadas de suprimento à demanda e à segurança da operação do SIN, sendo o critério de contratação utilizado nesses certames o de ordem crescente de preço unitário (R\$/MWh) até o alcance integral do montante licitado (CAMPOS; BRITO; MARTINS, 2021). As distribuidoras (representando os consumidores cativos) compram de geradores com a intervenção da ANEEL.

O ACL é composto por contratos bilaterais negociados livremente entre as partes interessadas (consumidores livres, geradores, produtores independentes, autoprodutores e comercializadores). Toda a estrutura de contratos é estabelecida conforme preços de leilões (ACR), contratos bilaterais, PLD, estudos de planejamento energético pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e instruções regulatórias instituídas pela ANEEL e MME. É a partir de relatórios técnicos, tais como, o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e Plano Nacional de Energia (PNE), que a expansão no ACR é definida e, em alguma medida, o ACL também. Isto acontece porque o mercado livre tem, ainda, sua oportunidade de negócio quando, no curto prazo, o estabelecido no ACR não é suficiente para suprir a demanda. A Figura 1 mostra um esquema resumo dos ambientes de contratação.

Figura 1 - Ambientes de Comercialização no Mercado Brasileiro



Fonte: Autores, 2023.

⁴ Deve-se salientar que há críticas a formação de preços no setor elétrico brasileiro, como pode ser visto no texto a seguir: “o mercado de energia do Brasil é muito particular (idiossincrático), na medida em que **não predomina uma lógica pura de mercado**, em que as forças de oferta e demanda determinam as quantidades e preços negociados no curto prazo, ou seja, o preço de mercado não é a intersecção entre as curvas de demanda e de oferta da microeconomia tradicional” (VIEGAS; SARMENTO, 2022, p. 9, grifo nosso).

III. MERCADOS INTERNACIONAIS – BREVE ANÁLISE

Na elaboração da proposta teórica de aprimoramento da estrutura de formação de preço para o mercado brasileiro de energia com base na oferta, foi realizada a análise de alguns mercados de eletricidade internacionais. Para tanto, a seleção dos modelos de mercado e formação de preço adotou um critério que permitiu escolher países com abertura gradual de seus mercados de eletricidade. Assim, foram selecionados: na Europa, Países Nórdicos, França e Reino Unido; e na América Latina, a Colômbia. Cabe salientar que, as particularidades desses países foram respeitadas.

Em aspectos do funcionamento do mercado de energia elétrica, a Colômbia, devido a semelhança ao Brasil em termos de perfil energético, tornou-se a principal referência para analisar a proposta discutida neste artigo.

Com base na experiência internacional de mercados varejistas e atacadistas, foram identificados três tipos de formação de preço (VIANA, 2018):

- *Loose Pool (Price-Based Model)* – despacho baseado em preços e é mais próximo dos desenhos de mercado atacadista e varejista. Modelo adotado pelos Países Nórdicos e Colômbia.
- *Self-Dispatch* – despacho bilateral. Modelo adotado por França e Reino Unido.
- *Tight Pool (Cost-Based Model)* – estrutura de despacho, adotada no Brasil, baseado em custos, possuindo alguns elementos regulatórios e econômicos dos desenhos de monopólio verticalmente integrado e monopsônio.

A análise da experiência internacional possibilitou entender que cada mercado, mesmo ocorrendo a abertura de forma gradual, tem especificidades preponderantes. Em relação aos países europeus, destaca-se a característica competitiva através do varejo com mecanismos de formação de preços nas concepções do *Loose Pool* (também conhecido como *Nord Pool*) e *Self-Dispatch*, sem necessariamente estabelecer que a competição seja realizada apenas por agente privado. A França é um exemplo onde a *Électricité de France* (EDF) concentra a operação do mercado por controlar grande parte do parque de geração e transmissão (*Réseau de Transport d'Électricité* – RTE subsidiária da EDF). Por similaridade já destacada o mercado colombiano tem base na formação de preços tipo *Loose Pool* com concorrência por atacado e alguns aspectos de varejo.

Quanto ao Reino Unido, após a reforma setorial ocorrida em 2001 (*New Energy Trade Arrangements* - NETA), o poder de mercado oligopolista das empresas do setor elétrico perdeu poder e o despacho passou a ser bilateral (*Self-dispatch*) com a validação do operador (*National Grid*). Desde 2010, ocorre a iniciativa de promover a inserção de fontes renováveis na matriz elétrica e ampliar a capacidade instalada para a segurança do suprimento. Isto provocou uma nova reforma setorial: *Electricity Market Reform* (EMR), que ocorreu entre os anos de 2010 e 2015, quando foram criados mecanismos garantidores de suprimento com menor custo ao consumidor (*Energy Act*, em 2013).

IV. ANÁLISE DA FORMAÇÃO DE PREÇO NO BRASIL POR OFERTA

Diversos estudos acadêmicos defendem percepções e propostas direcionadas à inserção de esquema de formação de preço baseado na oferta, como demonstrado em Viana (2018), Moreira (2016), Silva (2009), Simba (2005) e Oliveira (2003). No Relatório do Grupo Temático Mecanismos de Formação de Preços publicado em julho de 2019 (MME, 2019) dá-se destaque às ações de modernização promovidas pelo MME, onde é levantada uma série de questões que devem ser ainda aprofundadas para a implantação da estrutura de oferta de preço no Brasil.

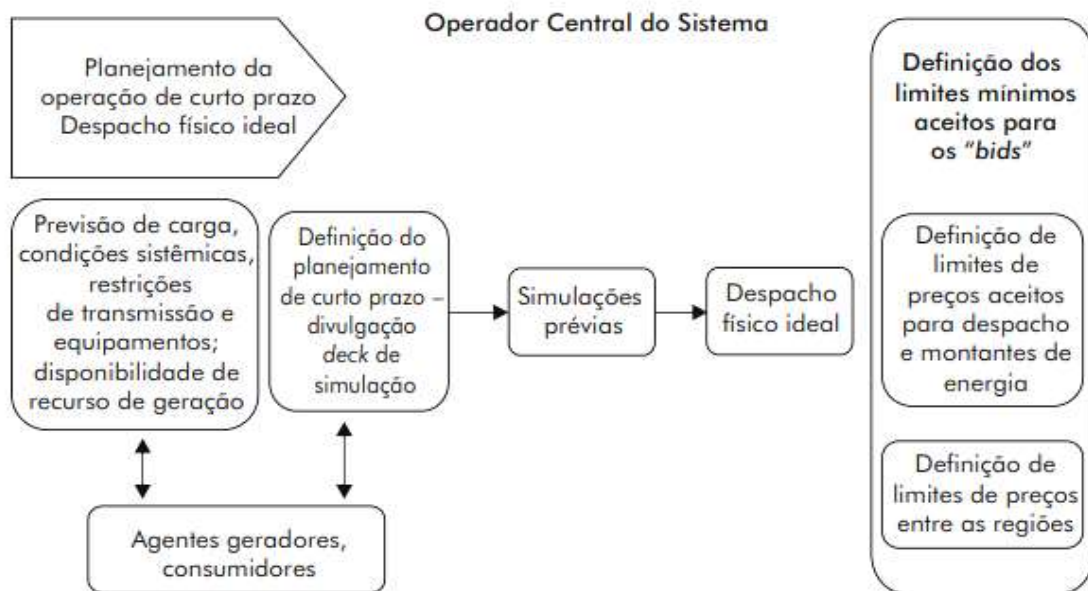
A proposição de um desenho de formação de preço de energia a partir das ofertas (preço e quantidade consumida/gerada) dos agentes, tanto os consumidores quanto os geradores no âmbito da comercialização de energia, pretende fornecer informações e base conceitual diferenciada para ampliar percepções sobre o tema. Não é o objetivo criticar o modelo regulatório vigente ou, efetivamente, promover a adoção do modelo proposto no âmbito do novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro.

Ponto relevante a ser considerado é a transição do modelo atual baseado em custo para a referida lógica de oferta, como ressaltado em Viana (2018) e Moreira (2016). A complexidade de implantação de mudanças regulatórias desse tipo advém do impacto financeiro a vários agentes, em diferentes proporções. Assim, o monitoramento durante o período de transição deve ser estreitamente executado pelas instituições do setor elétrico para que se antevejam riscos e o objetivo principal seja atingido.

Segundo Viana (2018), a dinâmica de oferta de energia elétrica envolve aspectos relacionados a: Mercado do Dia Seguinte e Intradiário; Mercado em Tempo Real; Bolsa de Energia; Operador Único; Balcões Organizados; Separação de Lastro e Energia; Mercado 100% Livre e Competição no Varejo; Mercado de Capacidade; Período de Transição e Operação Sombra do Mercado; e Mercado de Derivativos de Energia. Adiciona-se a isto, o mecanismo de oferta de preço por geradores hidrelétricos quando há usinas em cachoeiras com proprietários diferentes.

Nesse caso, o potencial controle do mercado dado pela localização estratégica ou possibilidade de detenção da água é uma questão que não pode ser desconsiderada porque pode representar uma vantagem locacional devido a existência de restrições na transmissão, limites de preços entre as regiões e limitações de negociação para os consumidores. Observa-se que essas diferenças poderiam ser sanadas através de um Mercado de Compensação.

Figura 2 - Fluxograma do Despacho Físico Ideal Determinado pelo Operador



Fonte: Campos, Brito e Martins, 2021.

O despacho dos geradores é composto pelas partes física e comercial, conforme pode ser observado pela Figura 2. A parte física do SIN vai determinar a condição sistêmica da operação. Por conseguinte, esta parcela orientará a oferta dos geradores e consumidores, e determinará as operações mercantis de curto e curtíssimo prazos. Estas

operações se concentram no Mercado do Dia Seguinte, Intradiário e em Tempo Real, e estabelecem o funcionamento do Mercado de Curto Prazo.

Neste contexto, como apresentado em Campos, Brito e Martins (2021), o Mercado de Curto Prazo deve seguir as etapas de planejamento da operação imprescindíveis à manutenção da confiabilidade do despacho físico e à oportunidade de competição entre os agentes (geradores e consumo). Portanto, o rito de funcionamento do planejamento deve ser coordenado pelo Operador, que terá a função de validador das operações comerciais (Figura 2).

4.1 – Funcionamento do Planejamento da Operação com Ofertas

O planejamento do despacho seguro (Figura 2) do dia seguinte tem como ponto de partida que as definições dos montantes em MW deverão estar disponíveis, assim como, os requisitos para a transmissão de energia elétrica segura e confiável. Em seguida, é determinado o custo da operação e os preços *spots day ahead* (d+1) através da execução do modelo de otimização em base horária. Publica-se a informação ao mercado em d-1 (um dia anterior ao dia) sem ser permitido lances dos agentes, que deverá ser atualizada conforme o acompanhamento em tempo real do operador, sendo admitidas alterações pelos agentes até o d-2 (dois dias anterior ao dia).

As simulações prévias da configuração do despacho ofertado e demandado pelo operador deve ser realizada até às 10h do d-1. Isto valida a operação eletroenergética otimizada coordenada pelo operador, definindo o menor custo e assegurando o suprimento da demanda de energia elétrica, ou seja, o despacho ideal.

Quando se defende um mercado por oferta, torna-se necessário precificar os insumos primários. Esses insumos incluem gás, “água”, “vento”, “sol”. No mercado brasileiro de energia não se precifica os recursos renováveis, tais como a água dos reservatórios. Os reservatórios são um importante mecanismo de modulação do mercado. Logo, é interessante estabelecer o “Valor da Água” (CAMPOS; BRITO; MARTINS, 2021) com referências de preços máximo e mínimo que serão considerados na admissão dos lances feitos por agentes hidrelétricos, cujos respectivos lastros devem ser definidos de acordo com as condições hidrológicas e capacidade de armazenamento, sem desconsiderar a validação eletrodinâmica do operador. Ainda, deve-se definir os custos marginais de operação entre os submercados para o estabelecimento de limites de preços regionais.

4.2 – Avaliação do Despacho Eletroenergético

A Avaliação do Despacho Eletroenergético é uma etapa exclusiva de responsabilidade do Operador e primordial para o correto funcionamento do mecanismo de oferta para a formação de preço. É interessante ressaltar que o Operador é ativo em todas as etapas de decisão do Mercado, sendo organizador da estrutura e o validador, liderando as ações parciais dos mercados adjacentes (Dia Seguinte, Intradiário e de Compensação) (CAMPOS; BRITO; MARTINS, 2021).

Deve-se salientar que, as ofertas de preços dos geradores deverão seguir uma sequência de etapas conforme Figura 3 (Planejamento da Operação Física e Despacho do Dia Seguinte (d-2 até 16h d-1); Mercado Intradiário (5h antes do despacho); Mercado em Tempo Real (1h antes do despacho); e Mercado de Compensação (sob demanda dos mercados) (CAMPOS; BRITO; MARTINS, 2021).

Figura 3 - Papel do Operador no Mecanismo de Oferta e Formação de Preço

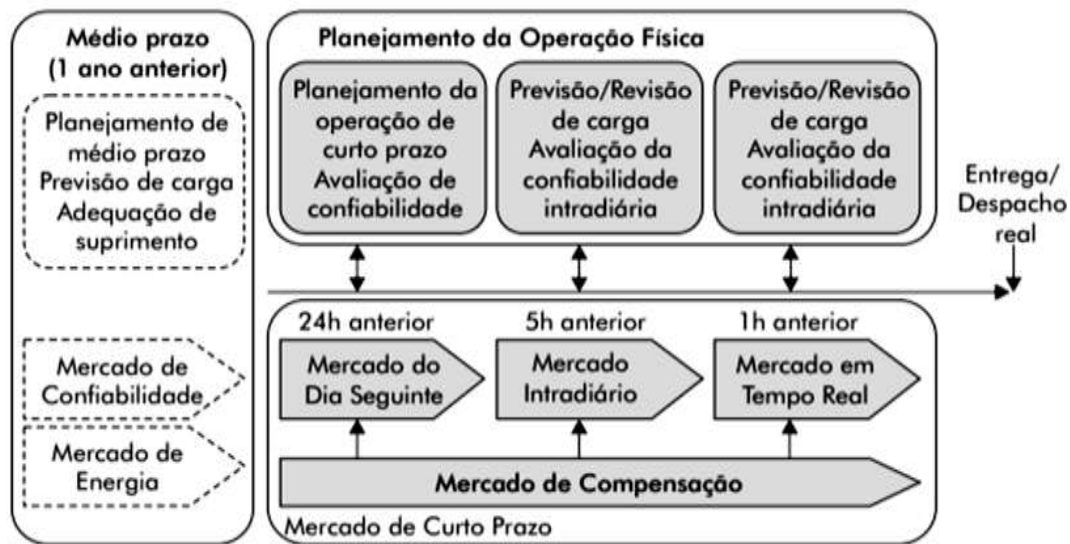


Fonte: Campos, Brito e Martins, 2021.

O Mercado de Compensação proposto baseia-se no funcionamento do *Nord Pool*, em que os preços entre as regiões são definidos considerando-se os limites máximos e mínimos (NEMO COMMITTE, 2019). Isto é importante no sentido de blindar o poder de mercado de geradores localizados em regiões estratégicas e privilegiadas em relação aos demais agentes, constituindo um ambiente onde os agentes geradores devem negociar, a partir de contratos bilaterais, as obrigações necessárias em prol de benefícios sistêmicos, principalmente quanto a serviços ancilares. Note-se que esta exigência é compensatória e mitiga os efeitos da potencial exposição oriunda do deslocamento da geração, uma condição necessária à operação do despacho eletroenergético, como se verifica nas discussões de Hochstetler, Moita e Monte (2017). O resumo explicativo conceitual da dinâmica proposta é apresentado na Figura 4.

No Mercado Intradiário, novos lances devem ocorrer por parte dos geradores e/ou pelos consumidores, correspondente a aplicação de um mecanismo de resposta da demanda diante das condições do Mercado do Dia Seguinte e o próprio Intradiário até cinco horas antes da hora do despacho. O funcionamento intradiário do mercado é de sobremaneira influenciado pela condição física do sistema (recursos e requisitos), verificada pela disponibilidade das usinas, variação da carga, lances, previsão das fontes variáveis, compensações firmadas, entre outros.

Figura 4 - Fluxograma dos Mercados Coordenados pelo Operador



Fonte: Campos, Brito e Martins, 2021.

4.3 – Funcionamento do Mecanismo da Oferta pelos Geradores

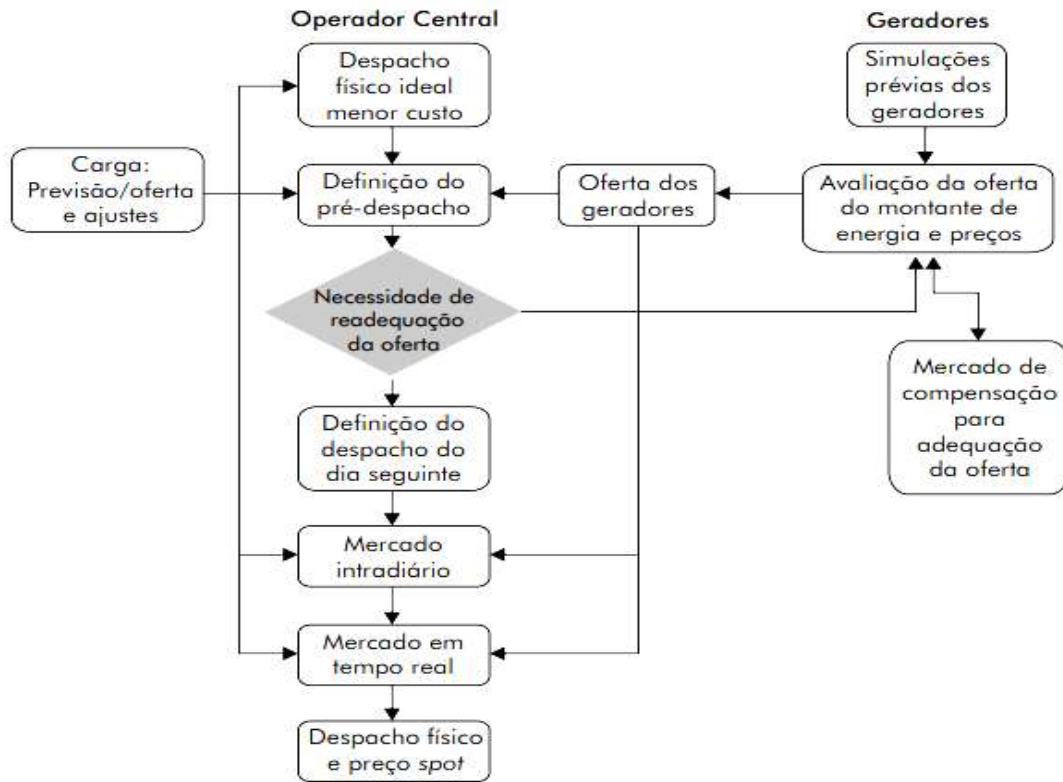
Os geradores são os protagonistas do mecanismo de oferta, pois representam ou representarão o maior volume de negociação, sendo mais sujeitos a riscos financeiros na busca do aumento da rentabilidade. Basicamente, toda a análise de risco do gerador deverá considerar na avaliação do benefício imediato e futuro da remuneração das usinas, os limites operativos estipulados pelo Operador, dentro dos índices de confiabilidade do suprimento, e as variações das ofertas da concorrência. Ademais, deve ser previsto a possibilidade de penalidades no caso de não atendimento dos requisitos sistêmicos obrigatórios.

Neste ponto, a avaliação da confiabilidade do sistema para a definição das ofertas iniciais dos geradores, dá a noção antecipada das consequências e permite tratar o risco de execução do lance (*Bids*) e detectar manobras de mercado. Esse é um ponto importante para que geradores em localizações estratégicas não exerçam poder de mercado.

A oferta de preço de energia estabelece-se pela confirmação da programação dos montantes de geração modulados pela demanda e requisitos necessários durante a operação real. Nessa etapa, pode ser necessária interação entre os geradores, no Mercado de Compensação, para adequação da confiabilidade e eficiência do sistema. A interação entre os agentes é exposta de forma objetiva na Figura 5 e mostra a formação de preço proposta.

Uma análise complementar, não menos importante, caracteriza-se pela análise contratual em parte estática e em parte bem dinâmica. Os instrumentos contratuais contemplam os acordos bilaterais de compensação pelo requisito mínimo de validação da disponibilidade do recurso para a geração hidrelétrica, influenciada pelo benefício indireto em composições em cascata, com reservatórios de regularização, e rebatimentos na capacidade do armazenamento. Nesta proposta, frisa-se que o Operador Central faz o papel da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), acumulando a contabilização e as liquidações contratuais, e do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico).

Figura 5 - Fluxograma da Interação dos Agentes no Mercado e com o Operador



Fonte: Campos, Brito e Martins, 2021.

Por fim, ressalta-se que não foi escopo do presente trabalho fazer uma análise quantitativa da proposta de desenho apresentada, mesmo porque entende-se que sua eventual aplicação dependerá dos estágios/maturidades comerciais e regulatórias do mercado de comercialização brasileiro. Além disso, tais propostas foram fundamentadas em trabalhos anteriores, como, por exemplo, em Simba (2005) e Viana (2018), os quais discutiram, dentro de uma linha recorte, comportamento quantitativo do mercado com formação de preço a partir da abordagem de oferta de preço. Ainda que o mercado brasileiro tenha evoluído em relação às configurações operativas e comerciais consideradas nos citados trabalhos, é comum observar um bom funcionamento do mercado, porém, em caso de não tratamento regulatório, estrutural, comercial, observa-se resultados com situações de poder de mercado, com a elevação do preço de curto prazo, por uma atuação estratégica mais ativa dos agentes de usinas hidrelétricas. Nesta linha sugere-se também ver Brito *et al.* (2022) para uma análise quantitativa do comportamento estratégico de agentes hidrelétricos dado seu perfil de risco e da percepção do comportamento das variáveis operativas de mercado e dos concorrentes.

V. CONCLUSÕES

A proposta deste trabalho se concentra na apresentação de uma opção de estrutura para a formação de preço *spot* no mercado atacadista brasileiro, com a intenção de aprimorar percepções para o avanço do aprimoramento do modelo de formação de preços no Brasil.⁵ Destaca-se que toda a explanação é pautada em um futuro marco regulatório e

⁵ Salienta-se que, testes de desempenho estão em desenvolvimento em sistemas hidrotérmicos hipotéticos e ainda requerem desenvolvimentos para equivalente do SIN.

no vigente para o SEB, observando a necessidade de se estabelecer um período de transição robusto e adequado às mudanças. A viabilidade temporal do modelo proposto ainda está em teste na estrutura de otimização vigente. Isto é relevante para a aplicabilidade do mesmo e ajustes podem ser identificados a partir de uma “Operação Sombra”.

Em aspectos regulatórios, alterações do modelo devem ser regulamentadas de forma clara quanto a estabelecer os direitos e deveres dos agentes envolvidos. Os limites de oferta de geração devem assegurar a confiabilidade do sistema (lastro/capacidade) e os preços tetos mínimos e máximos usados para a admissão das ofertas dos agentes.

Portanto, esta sugestão de modelagem para a formação de preço por oferta traz novos subsídios ao desenvolvimento do mercado atacadista brasileiro, com eficiência e confiabilidade na operação do SIN. Nos aprimoramentos futuros dos estudos, pretende-se dar tratamento ao impacto da possibilidade de poder de mercado de alguns agentes, por ser antagônico à concorrência e a boas práticas de mercado; desenvolver a análise do risco envolvido na decisão de formação do preço do armazenamento de energia em novos arranjos de geração e avaliar os impactos da segregação do mercado em lastro e energia para o ACR e ACL.

VI. REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 5.177, de 12 de agosto de 2004. Regulamenta os arts. 4º e 5º da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, e dispõe sobre a organização, as atribuições e o funcionamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 ago. 2004a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5177.htm. Acesso em: 19/05/2022.

BRASIL. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 mar. 2004b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm. Acesso em: 19/05/2022.

BRITO, M.C.T. de; PEREIRA JUNIOR, A.O.; PEREIRA, M.V.F.; SIMBA, J.C.C.; GRANVILLE, S. Competitive Behavior of Hydroelectric Power Plants under Uncertainty in Spot Market. **Energies**, v. 15, n. 19, 2022, p. 7336. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15197336>. Acesso em: 30/01/2023.

CAMPOS, A. F.; BRITO, M.C.T. de; MARTINS, C.C. **Mercado Atacadista de Energia Elétrica: formação de preço e contribuições para o aperfeiçoamento do setor**. Rio de Janeiro: Synergia, 2021.

HOCHSTETLER, R.; MOITA, R.; MONTE, D. Precificação de mercado: Sistema Coaseano de Compensação Dupla. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 24., 2017, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SNPTEE, 2017.

MME/EPE [Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética]. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília/Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal.pdf. Acesso em: 25/04/2022.

MME [Ministério de Minas e Energia]. **Modelo Institucional do Setor Elétrico**. Brasília, 2003. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24F0A728E-014F0AFEC6D67688>. Acesso em: 15/06/2021.

MME [Ministério de Minas e Energia]. Portaria nº 187, de 4 de abril de 2019. Institui Grupo de Trabalho que Desenvolva Propostas de Modernização do Setor Elétrico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 5 abr. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZ-C2Mb/content/id/70268736. Acesso em: 15/01/2021.

MOREIRA, L.C. **Um Novo Mercado de Energia Elétrica para o Brasil**. Brasília: UnB, 2016. (Dissertação de Mestrado em Economia do Setor Público). Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/22431/1/2016_LeandroCaixetaMoreira.pdf. Acesso em: 15/01/2021.

NEMO COMMITTEE [Nominated Electricity Market Operators Committee]. **Euphemia Public Description**: single price coupling algorithm. NEMO Committee, 2019. Disponível em: <https://www.nordpool-group.com/globalassets/download-center/pcr/euphemia-public-description.pdf>. Acesso em: 20/11/2019.

OLIVEIRA, A.M. **Estratégia Ótima de Oferta de Preços no Mercado de Curto Prazo em Sistemas com Predominância Hidrelétrica**. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2003. (Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica). Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=4484@1>. Acesso em: 20/11/2019.

ONS [Operador Nacional do Sistema]. Programa mensal da operação, de abril de 2022. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 25/04/2022.

SILVA, F.S. **Modelo de Formação de Preços para Mercados Integrados de Curto Prazo/Bilateral/Renovável/Ancilar de Energia Elétrica Utilizando a Metodologia Preço por Oferta**. Brasília: UnB, 2009. (Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica). Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4121/1/2009_FabioStackeSilva.pdf. Acesso em: 25/04/2022.

SIMBA, C.C.J. **Despacho e Formação de Preços de Energia Elétrica através de Leilões em Sistemas Predominantemente Hidráulicos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. (Tese de Doutorado Engenharia de Sistemas e Computação). Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/2009.pdf>. Acesso em: 15/06/2021.

VIANA, A.G. **Leilões como Mecanismo Alocativo para um Novo Desenho de Mercado no Brasil**. São Paulo: USP, 2018. (Doutorado em Sistemas de Produção). Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-06042018-082743/publico/AlexandreGuedesVianaCorr18.pdf>. Acesso em: 15/06/2021.

VIEGAS, T. de O.C.; SARMENTO, F.S. Regulação econômica em mercado de energia: uma análise da regulamentação de usinas híbridas. **Revista Sodebras [on line]**, v. 17, n. 196, Abr./2022, p. 147-152. ISSN 1809-3957. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N196.pdf>. Acesso em: 09/01/2023.

VII. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

5-1	<p>FUZZY MODELING OF ONION PRODUCTIVITY UNDER DIFFERENT DOSAGES OF SOIL FERTILIZER AND FOLIAR FERTILIZER</p> <p>MODELAGEM FUZZY DA PRODUTIVIDADE DA CEBOLA SOB DIFERENTES DOSAGENS DO FERTILIZANTE DE SOLO E FERTILIZANTE FOLIAR</p> <p>Emmanuel Zullo Godinho; Fernando de Lima Caneppele; Ricardo Marques Barreiros; Murilo Miceno Frigo</p>
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FUZZY MODELING OF ONION PRODUCTIVITY UNDER DIFFERENT DOSAGES OF SOIL FERTILIZER AND FOLIAR FERTILIZER

MODELAGEM FUZZY DA PRODUTIVIDADE DA CEBOLA SOB DIFERENTES DOSAGENS DO FERTILIZANTE DE SOLO E FERTILIZANTE FOLIAR

Emmanuel Zullo Godinho¹
Fernando de Lima Caneppele²
Ricardo Marques Barreiros³
Murilo Miceno Frigo⁴

Abstract - *The onion is of great importance in the São Paulo and national economy, as it is a rhizome, this culture needs a complex of nutrients for its production. With this, a model based on fuzzy rules was developed to evaluate the effects caused by the variation in the dosages of two fertilizers, one soil (solid) 5-10-10 and the other foliar (liquid) AMINOLtop® on onion yield. Fuzzy logic is a mathematical method that presents a language that is closer to the human being. For the input variables of this system, a mineral fertilizer (kg ha^{-1}) and a foliar fertilizer (mL ha^{-1}) were used, and the output variable was the onion yield (ton ha^{-1}). Observing the field results, statistically there was a difference in onion productivity when applied only fertilizers and when correlated. In the fuzzy modeling after optimizing the entry rules, it can be seen that for the application of fertilizers, the best responses were when applied from 80 to 90 kg ha^{-1} and 100 to 120 mL ha^{-1} , in soil fertilizers and leaf, respectively. With this application of fuzzy rules in the real data, an optimization in the fertilizer application process (soil and foliar) in the onion production chain was verified, thus resulting in a reduction in product dosages and consequently improving the final profitability.*

Keywords: *Fertilizer 5-10-10. AMINOLtop®. Allium cepa. Fuzzy logic.*

¹ Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu-SP). Contato: emmanuel.godinho@unesp.br.

² Livre-Docente FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu-SP); Docente FZEA/USP – Engenharia de Biosistemas. Contato: caneppele@usp.br.

³ Livre-Docente em Qualidade da madeira (UNESP); Doutor em Recursos Florestais (USP/São Paulo-SP); Docente FCA/UNESP – Engenharia Florestal. Contato: Ricardo.barreiros@unesp.br.

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola (FCA-UNESP/Botucatu-SP); Mestre em Engenharia Elétrica (UFMS); Docente EBTT IFMS. Contato: miceno.frigo@unesp.br.

Resumo - A cebola tem grande importância na economia paulista e nacional, por ser um rizoma, essa cultura necessita de um complexo de nutrientes para sua produção. Com isso, foi desenvolvido um modelo baseado em regras difusas para avaliar os efeitos causados pela variação nas dosagens dois fertilizantes, sendo um de solo (sólido) 5-10-10 e outro foliar (líquido) AMINOLtop® na produtividade da cebola. A lógica fuzzy é um método matemático que apresenta uma linguagem que mais se aproxima do ser humano. Para as variáveis de entrada deste sistema foi utilizado um fertilizante mineral (kg ha^{-1}) e um fertilizante foliar (mL ha^{-1}), para a variável de saída foi a produtividade da cebola (ton ha^{-1}). Observando os resultados de campo, estatisticamente houve uma diferença na produtividade da cebola quando aplicados unicamente os fertilizantes e quando correlacionados. Na modelagem fuzzy após a otimização das regras de entrada, pode-se constatar que para a aplicação dos fertilizantes, as melhores respostas foram quando aplicados de 80 a 90 kg ha^{-1} e 100 a 120 mL ha^{-1} , nos fertilizantes de solo e foliar, respectivamente. Com esta aplicação de regras difusas nos dados reais, constatou-se uma otimização no processo de aplicação dos fertilizantes (solo e foliar) na cadeia produtiva da cebola, resultando assim em uma redução nas dosagens de produtos e conseqüentemente melhorando a rentabilidade final.

Keywords: Fertilizante 5-10-10. AMINOLTop®. *Allium cepa*. Lógica nebulosa.

I. INTRODUCTION

The region of São Manuel/SP has great agricultural potential, mainly for the production of vegetables, mainly for onions, with an average production of 16 t ha^{-1} (IBGE, 2020).

Figure 1 shows on the map of the State of São Paulo, the region where the city of São Manuel is located.

Figure 1 – Presentation of the municipality of São Manuel on the map of the State of São Paulo



Source: Sincovaga, 2019.

Onion productivity, mainly in the State of São Paulo, in the last 10 years was 30 t ha^{-1} , being one of the best ranked states in terms of productivity in relation to the seven largest producers (Santa Catarina, São Paulo, Bahia/Pernambuco, Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul and Goiás) (TRANI *et al.*, 2014).

This can be attributed to the sum of different factors: use of onion hybrids well adapted to regional climatic conditions; advances in irrigation systems; new soil management techniques with emphasis on the no-tillage system and other conservationist practices; agronomic research and intensive technical assistance carried out by Cooperatives, Private Companies and Official Bodies, in addition to liming and fertilization well done and in the ideal amount (TRANI *et al.*, 2014).

Therefore, the rational use of soil and foliar fertilizers are important to obtain high productions and consequently high financial returns (RIAZ *et al.*, 2020).

In addition to the correct management in a crop, the optimization in the application of the products is also highlighted in the applications, many mathematical models can be used, a model that has been highlighted in agriculture is *fuzzy logic* (GODINHO & CANEPPELE, 2022a).

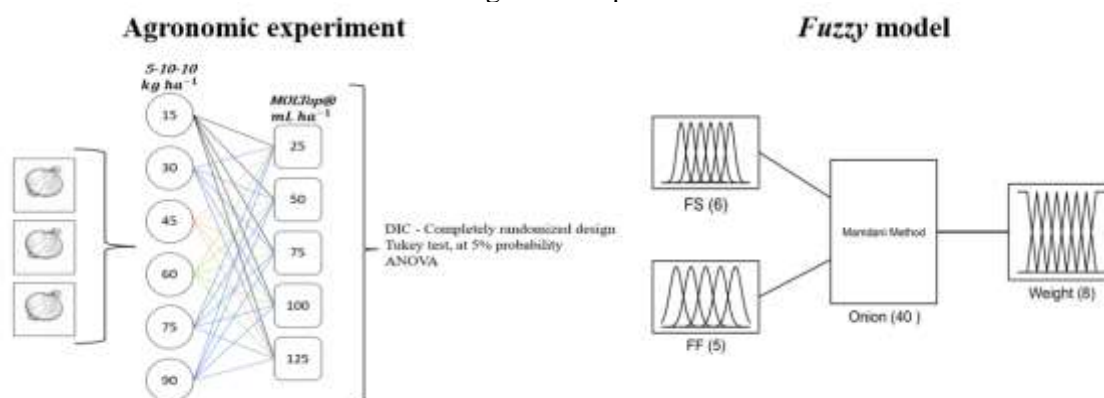
Fuzzy logic or *fuzzy logic* uses uncertainties and ambiguities in a system of rules that express the conclusion of true results to a certain extent (CANEPPELE *et al.*, 2021).

To develop a model based on *fuzzy* rules to evaluate the effects caused by the variation in the dosages of two fertilizers, one for soil and the other foliar, on onion yield.

II. METHODOLOGY

Figure 2 presents a flowchart with the sequence of the experimental procedures performed in this work.

Figure 2 - Flowchart of experimental methodologies for the development of mathematical modeling in onion production



Source: Authors, 2022.

2.1 – Agronomic experiment

The experiment was conducted under field conditions, from July to October 2021, at the Santa Rita farm, located in the municipality of São Manuel/SP, with an altitude of 709 m, latitude 22°46'48.4" South and longitude 48°38'47.1" West.

Sowing was carried out on July 15, 2021 with harvest on October 10 of the same year, the plot was divided into 5 lines of onion variety Cristalina with a spacing of 40 cm between plants and 40 cm between lines.

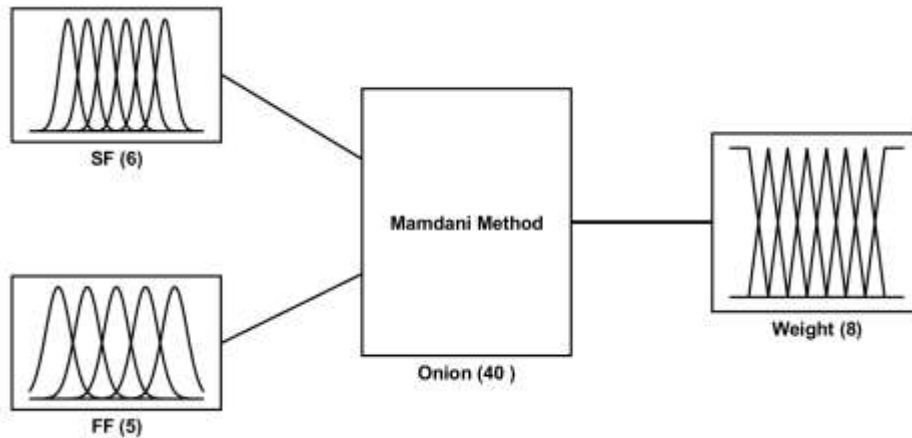
The experimental design used was completely randomized (DIC). The treatments were divided into 6 different doses (15; 30; 45; 60; 75 and 90 kg ha⁻¹) of soil fertilizer 5-10-10 (NPK) with 5 doses of MolTOP® foliar fertilizer (25; 50; 75; 100 and 125 mL ha⁻¹), soil fertilizer application were carried out at planting, while foliar fertilizer applications occurred 40 days after planting. The experiment was carried out in triplicate.

The means of the obtained data were compared, through the analysis of the Tukey test, at 5% probability, later applied to ANOVA and the Anderson-Darling test.

2.2 – Fuzzy Model

A system based on *fuzzy logic* was developed with an input processor, a set of language rules, a *fuzzy* inference method and an output processor (defuzzifier), which generates a real output number (Figure 3).

Figure 3 - *Fuzzy* rule-based system for determining onion production



Source: Authors, 2022.

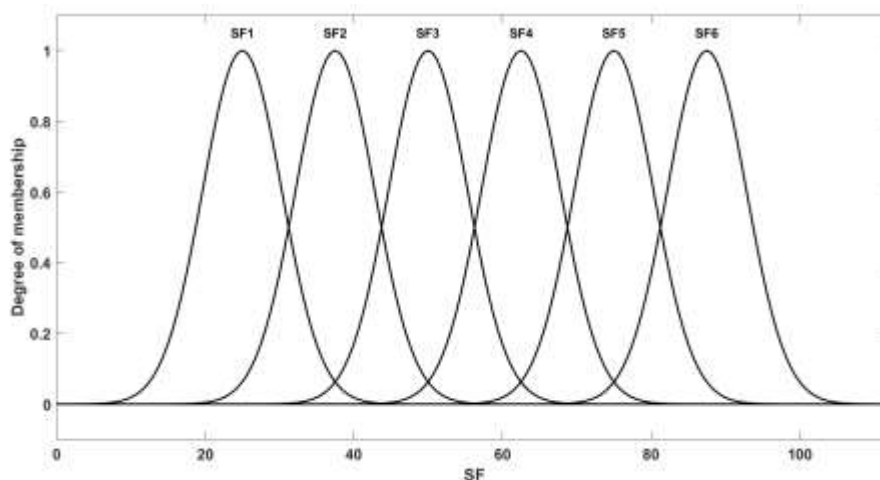
The input variables were: soil fertilizer (SF) and foliar fertilizer (FF). The six and 5 membership functions of SF and FF were named SF1, SF2, SF3, SF4, SF5 and SF6, and FF1, FF2, FF3, FF4 and FF5.

Table 1 and Figures (4 and 5) present the values of relevance of the input variables for the soil fertilizer and the foliar fertilizer.

Table 1 – Input pertinence data of soil and foliar fertilizers

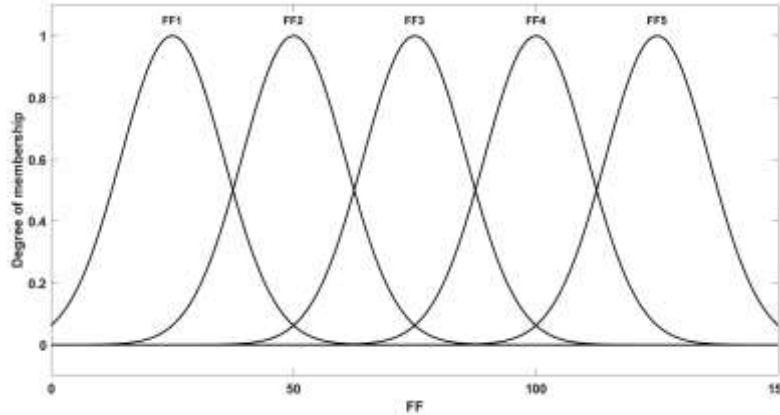
Variables	<i>Fuzzy</i>	Delimiters
Soil Fertilizer	SF1	[5.308 25]
	SF2	[5.308 37.5]
	SF3	[5.308 50]
	SF4	[5.308 62.5]
	SF5	[5.308 75]
	SF6	[5.308 82.5]
Foliar Fertilizer	FF1	[10.62 25]
	FF2	[10.62 50]
	FF3	[10.62 75]
	FF4	[10.62 100]
	FF5	[10.62 125]

Figure 4 - Fitting functions of *Fuzzy* sets of the input variable



Source: Authors, 2022.

Figure 5 - Fitting functions of *Fuzzy* sets of the input variable



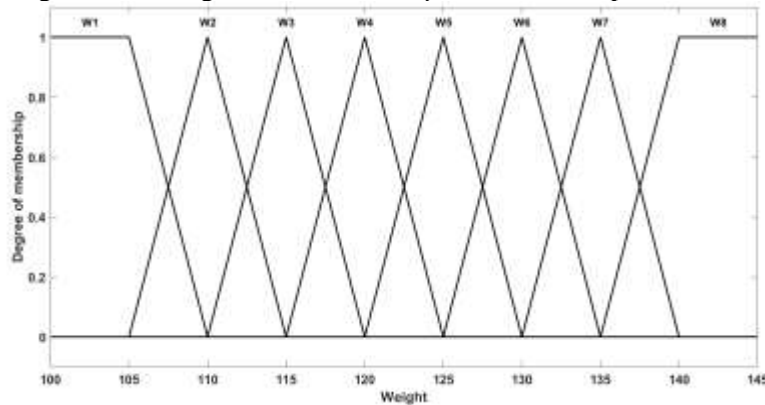
Source: Authors, 2022.

The output variable consisted of onion yield (W), where a diffuse response to the analyzed variables (SF and FF) was developed. The degree of relevance was established at 8 levels, that is, W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7 and W8 (Table 2 and Figure 6).

Table 6 – Onion production output data

<i>Fuzzy Set</i>	Type	Delimiters
W1	Trapezoidal	[1.81 2.18 105 110]
W2	Triangular	[105 110 115]
W3	Triangular	[110 115 120]
W4	Triangular	[115 120 125]
W5	Triangular	[120 125 130]
W6	Triangular	[125 130 135]
W7	Triangular	[130 135 140]
W8	Trapezoidal	[135 140 145 1000]

Figure 6 - Fitting functions of *Fuzzy* sets of the output variable.



Source: Authors, 2022.

Thirty (6×5) combinations between the *Fuzzy* sets of the two input variables were considered for the system's rule base. The model was developed based on Mamdani's rules of inference, this method employs calculations of membership functions of the output variable. This methodology was similarly used by (GODOY *et al.*, 2020).

Matlab 2022b software was used, licensed from the laboratory of AGROENERBIO - Energy and simulation in biosystems engineering and agribusiness located at the University of São Paulo/Faculty of Animal Science and Food Engineering USP/FZEA in Pirassununga SP.

III. RESULTS

3.1 – Agronomic results

Table 3 presents the results regarding the effects of soil and foliar fertilizer application levels on onion crops.

Table 3 – Analysis of variance applied to factorial ANOVA

It is made	QS	DF	RMS	F	<i>p-value</i>
Soil fertilizer	363,04	5	72,61	3097,0	0,0001
Foliar fertilizer	23,21	4	5,80	247,5	0,0021
Soil fertilizer x Foliar fertilizer	10,74	20	0,54	22,9	0,0000
Residue	1,41	60	0,02		

Source: Research data

QS = quadratic sum; DF = degrees of freedom; RMS = root mean square, F = F calculated

The values in red indicate that both variables are significant, as well as their interaction (*p-value* < 0.05), considering the significance level $\alpha=0.05$, that is, changes in both variables influence the productivity result.

The difference in mean values between the experiment levels shows that the soil fertilizer is higher than would be expected by chance after allowing for the effects of differences within the analyzed variables. Showing a statistically significant difference, at a *p-value* = 0.0001. The same occurs with the foliar fertilizer variable, which presented a difference in the average values between its levels, resulting in a statistical difference with a *p-value* = 0.0021.

After the statistical application, a polynomial regression equation was generated from the results obtained in the field, according to Equation 1.

$$Y = -0.0007x^2 + 0.1876x + 6.6448 \quad R^2 = 0.9463 \quad (1)$$

3.2 – Results of the nebulous model

After the statistical analysis applied to the agronomic results, a mathematical modeling was developed using *fuzzy* logic, using soil fertilizer and foliar fertilizer as inputs variables with onion yield as the output variable.

Basic rules were developed based on the identification of the highest to the lowest degree of adherence for each point in the field of performance of fertilizers in relation to productivity, thus resulting in 30 pairs correlating the input variables (SF and FF) to an output variable (W). Table 4 displays the points of each variable considered in this way and the combinations of *fuzzy* sets described.

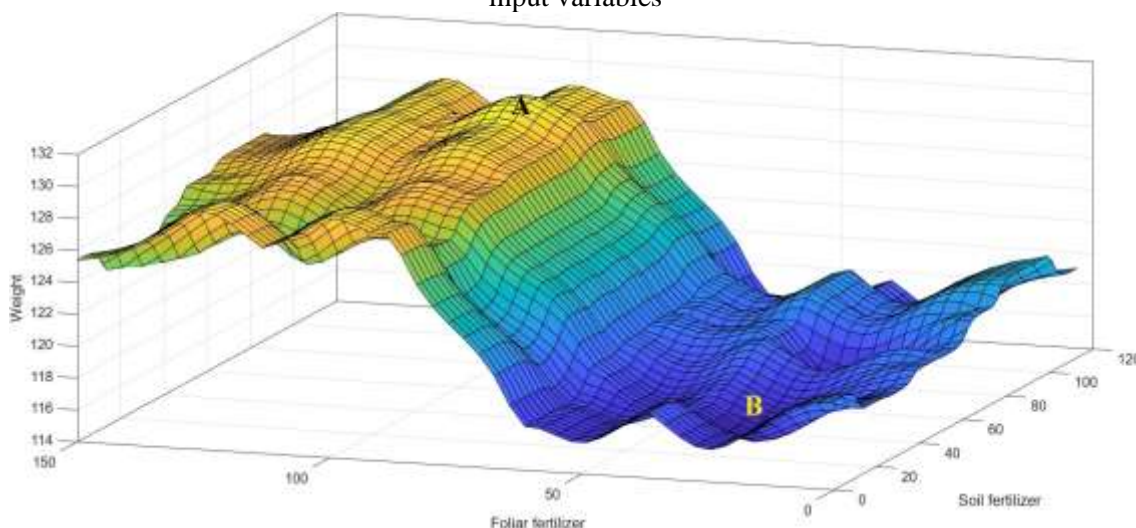
Table 4 – Combinations of input variables generating points in the output variables of the *fuzzy* sets for the generation of the Rule Base

ID	SF	Soil Fertilizer	FF	Foliar Fertilizer	W	Weight
1	SF1	25	FF1	25	W2	110
2	SF1	25	FF2	50	W3	115
3	SF1	25	FF3	75	W3	115
4	SF1	25	FF4	100	W3	115
5	SF1	25	FF5	125	W3	115
6	SF2	37,5	FF1	25	W3	115
7	SF2	37,5	FF2	50	W3	115
8	SF2	37,5	FF3	75	W5	125
9	SF2	37,5	FF4	100	W5	125
10	SF2	37,5	FF5	125	W5	125
11	SF3	50	FF1	25	W4	120
12	SF3	50	FF2	50	W4	120
13	SF3	50	FF3	75	W5	125
14	SF3	50	FF4	100	W5	125
15	SF3	50	FF5	125	W5	125
16	SF4	62,5	FF1	25	W2	110
17	SF4	62,5	FF2	50	W5	125
18	SF4	62,5	FF3	75	W5	125
19	SF4	62,5	FF4	100	W6	130
20	SF4	62,5	FF5	125	W6	130
21	SF5	75	FF1	25	W5	125
22	SF5	75	FF2	50	W5	125
23	SF5	75	FF3	75	W5	125
24	SF5	75	FF4	100	W6	130
25	SF5	75	FF5	125	W6	130
26	SF6	82,5	FF1	25	W5	125
27	SF6	82,5	FF2	50	W5	125
28	SF6	82,5	FF3	75	W6	130
29	SF6	82,5	FF4	100	W7	135
30	SF6	82,5	FF5	125	W8	140

Fonte: Authors, 2022.

With this, a response surface of the *fuzzy* modeling results was developed, figure 7.

Figure 7 – Onion yield output variable surface in functions of soil fertilizer and foliar fertilizer input variables



Source: Authors, 2022.

The region called “A” in Figure 7, represents the best onion productivity conditions when evaluating soil and foliar fertilizer dosages, being able to classify in the range of high fertilization and medium spacing, all within the analyzed interval. In region “B”, however, it does not offer good production conditions for onions with the specific dosages of soil and foliar fertilizers.

Figure 7 shows the best ranges obtained with the use of soil fertilizer and foliar fertilizer, for SF the best range was from 80 to 90 kg ha⁻¹, for FF between 100 to 120 mL ha⁻¹. Furthermore, Figure (2) shows a variation in productivity at different dosages. Gonçalves *et al.* (2021), found that when applying a foliar fertilizer with a complex of nutrients, it can generate several benefits, such as: specific plant nutrition, better control mainly of thrips and high yields in onions.

Godinho; Caneppele and Hasan (2022) report that in an experiment with carrots, the model developed reinforces the importance of optimization in production processes, especially in the agricultural sector. Reinforcing, Godinho and Caneppele (2022b), developed a *fuzzy* modeling to optimize the fertilization process in an area of brizantha grass.

After applying *Fuzzy* Modeling, the regression coefficient was calculated, according to Equation 2.

$$Y = -0.0013x^2 + 0.1911x + 6.2044 \quad R^2 = 0.9856 \quad (1)$$

IV. CONCLUSION

This study used a mathematical method capable of interpreting onion productivity using different dosages of a soil fertilizer (5-10-10) and a foliar fertilizer (AMINOLTop®). The best intervals for SF dosages were between 80 and 90 kg ha⁻¹ and FF between 100 and 120 mL ha⁻¹.

In this way, it can be observed that an adequate management with a specific dosage can provide a high agronomic performance in the cultivation of onion in a commercial production.

For the next works, it would be the use of the Matlab Toolbox using Artificial Intelligence with Neuro-fuzzy, in the results found in the field.

V. REFERENCES

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Cebola**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cebola/sp>. Acesso em: 14 agosto 2022.
- RIAZ, M. *et al.* Onion tip burn: Significance, and response to amount and form of nitrogen. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 1-5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108773>.
- GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. L. *Fuzzy* system in a ferrous sulfate pre-treatment of elephant grass. **Pesquisa Agropecuária Tropical [online]**, v. 52, e70483, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5270483>.
- GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. L. Utilização da lógica *fuzzy* na otimização da aplicação de fertilizantes no capim brizantha. **Revista Tecnologia e Sociedade [online]**, v. 18, p. 301-313, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.3895/rts.v18n51.15202>.
- GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. L.; HASAN, S. D. M. Lógica *fuzzy* aplicada na produtividade da cenoura. **Revista Sodebras [on line]**, v. 17, p. 62-69, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>.
- CANEPPELE, F. de L.; GODINHO, E. Z.; ZUIN, L. F. S.; GABRIEL FILHO, L. R. A. Aplicação da lógica *fuzzy* no desenvolvimento do morango no oeste do Paraná. **Revista Sodebras [on line]**, São Paulo, Brasil, v. 16, n. 184, p. 2019-2022, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p270-282>.
- GODOY, F. O. de, GODINHO, E. Z., DALTIM, R. S., CANEPPELE, F. L. Utilização da lógica *fuzzy* aplicada à energia solar. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 2, e26663, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26663>.
- GONÇALVES, P. A. S.; ARAÚJO, E. R.; KURTZ, C.; GEREMIAS, L. D.; MORA, C. Efeito da pulverização foliar de nutrientes no manejo fitossanitário e na produtividade de cebola. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 134-145, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24021/raac.v18i1.5674>.
- SINCOVAGA, 2019. **Base Territorial**. Disponível em: <https://sincovaga.com.br/base-territorial/sao-manuel>. Acesso em: 12 novembro de 2022.
- TRANI, P. E.; BRENDA JÚNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. **Calagem e adubação da cebola (Allium cepa L.)**. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/95.pdf. Acesso em: 15 dezembro 2022.

VI. THANKS

Special thanks to the Santa Rita farm and all the collaborators who helped to develop this project in the field.

VII. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

Área: Ciências Exatas e Engenharias

3-1	COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS UTILIZANDO CASCA DE COCO BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO GRADUAL E TOTAL AO AGREGADO GRAÚDO BRITA CEMENTITIOUS COMPOSITES USING BABASSU COCONUT SHELL IN GRADUAL AND TOTAL REPLACEMENT FOR COARSE GRAVEL AGGREGATE Marcello Matos De Matos; Marcelo De Souza Picanço; Nicanor Azevedo Filho
3-5	ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE DETERMINADAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE RADIADORES STUDY OF THE FEASIBILITY OF APPLYING CERTAIN QUALITY INSPECTION TECHNIQUES IN THE PRODUCTION PROCESS OF RADIATORS Daniel Julien Barros Da Silva Sampaio; Felipe Rudolf Depieri Zwetsloot

COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS UTILIZANDO CASCA DE COCO BABAÇU EM SUBSTITUIÇÃO GRADUAL E TOTAL AO AGREGADO GRAÚDO BRITA 1

CEMENTITIOUS COMPOSITES USING BABASSU COCONUT SHELL IN GRADUAL AND TOTAL REPLACEMENT FOR COARSE GRAVEL AGGREGATE 1

Marcello Matos de Matos¹
Marcelo de Souza Picanço²
Nicanor Azevedo Filho³

Resumo – Este estudo utiliza a casca do coco babaçu na substituição total e gradual da brita 1 na produção de concreto estrutural de 25 MPa. A casca utilizada nos ensaios é o material resultante da extração da amêndoa. Reutilizar a casca contribui para a preservação ambiental por possibilitar o uso de um material alternativo natural na produção de concreto. Tem como objetivo caracterizar fisicamente a casca e os demais materiais constituintes do concreto, e analisar a resistência à compressão e o módulo de elasticidade dos concretos com diferentes dosagens experimentais contendo casca, utilizando-se frações volumétricas de 10%, 20%, 30% e 100% casca. Os resultados obtidos foram comparados com o do concreto com casca de melhor desempenho mecânico, sendo o N7. A casca apresentou características físicas desfavoráveis para utilização na produção concreto, granulometria desvantajosa, forma lamelar, elevado diâmetro máximo e alta absorção. O aumento no teor de argamassa melhorou a consistência e o aspecto do concreto N4 quando comparado ao N2. A diminuição da proporção de casca, com exceção à dosagem N4, aumentou a resistência. Os concretos com casca não obtiveram desempenho mecânico para a produção de concreto estrutural, devido às características naturais da própria casca, entretanto, legitimou-os para utilização como concreto leve e normal para enchimento.

Palavras-chave: Casca de Coco Babaçu. Reutilização. Compósitos Cimentícios. Concreto Leve e Normal. Para Enchimento.

Abstract - This study uses babassu coconut shell in the total and gradual replacement of grave 1 in the production of structural concrete of 25 MPa. The shell used in the tests is a resulting

¹ Mestre em Processo Construtivo e Saneamento Urbano – UFPA, Engenheiro Civil, Servidor Público Federal, matosmts@hotmail.com.

² Doutor em Geologia e Geoquímica – UFPA, Engenheiro Civil, Professor, Universidade Federal do Pará, marcelosp@ufpa.br.

³ Pós-graduado em Engenharia Civil – PUC-RIO, Engenheiro Civil, Professor, Universidade Estadual do Maranhão, nicazf@gmail.com.

from the extraction of the almond. Reusing the shell contributes to environmental preservation by enabling the use of a natural alternative material in the production of concrete. It aims to physically characterize the peel and other concrete constituent materials, and analyze the compressive strength and the elastic modulus of concretes with different experimental dosages containing peel, using volumetric fractions of 10%, 20%, 30% and 100% peel. The results obtained were compared with the concrete-peel mix with the best mechanical results, the N7. The shell presented unfavorable physical characteristics for use in concrete production, disadvantageous granulometry, lamellar shape, high maximum diameter and high absorption. The increase in mortar content improved the consistency and appearance of concrete N4 when compared to N2. The decrease in the proportion of bark, with the exception of the N4 dosage, increased the resistance. Bark concretes did not obtain mechanical performance for the production of structural concrete, due to the natural characteristics of the bark itself, however, it legitimized them to be used as light and normal concrete for filling.

Keywords: *Babassu Coconut Shell. Reuse. Cementitious Composites. Lightweight and Normal Concrete. For Filling.*

I. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor de grande importância e representatividade no cenário geral da economia brasileira, sendo fundamental para o desenvolvimento do país, representando cerca de 4,1% do Produto Interno Bruto (IBGE, 2020). Em contrapartida, o setor da construção civil se caracteriza como um dos que mais consomem recursos naturais. A seleção de insumos naturais reutilizáveis ou reciclados que substituam tecnologicamente materiais que causam impactos ambientais resultantes de sua produção e utilização, proporciona um desenvolvimento econômico com responsabilidade social e ambiental, integrando cada vez mais homem à natureza.

No Brasil, para a produção de compósitos cimentícios de concreto, é usualmente utilizada a brita como agregado graúdo, que é um bem mineral bastante comum e empregado na construção civil. O reaproveitamento do resíduo da casca do coco babaçu para a produção de compósitos de concreto, reduz a necessidade de extração da matéria prima dos recursos naturais para a produção da brita, promovendo a diminuição da produção de gases, do consumo de energia e água, da poluição do ar, da contaminação dos rios e lençol freático; além de reduzir os custos e passivos ambientais; fomentando para as localidades e entornos um desenvolvimento social e econômico.

Este trabalho tem como tema a utilização da casca do coco babaçu em substituição total e gradual ao agregado graúdo brita 1, na produção de concreto estrutural com resistência característica à compressão de 25 MPa. Tem como objetivo a caracterização física da casca assim como dos demais materiais constituintes dos compósitos cimentícios de concreto experimentais, e analisar o desempenho mecânico dos concretos ensaiados que possuem a inserção da casca na sua dosagem, comparando-se os resultados com o do concreto experimental que alcançar a maior resistência mecânica.

II. METODOLOGIA

A palmeira babaçu é uma espécie botânica brasileira, pertencente à família das Arecaceae. Possui sua distribuição geográfica no território nacional estendendo-se pelas Regiões Nordeste, Norte, Centro-Oeste e Sudeste, totalizando uma área de 14 milhões de hectares, segundo Almeida; Menezzi & Teixeira (2002). Na composição física, os frutos ou cocos tem formato elipsoidal, de coloração castanha. O seu peso é distribuído proporcionalmente em partes: epicarpo 11-13%, mesocarpo 20-23%, endocarpo 57-63% e amêndoa 7-9%. Os frutos apresentam massa média de 200 gramas por unidade, e 83 mm de comprimento médio.

Na produção das dosagens experimentais dos compósitos objeto deste estudo, foi utilizado na fase dispersa, fibras vegetais derivadas da casca do coco babaçu em substituição gradual e total ao agregado graúdo brita 1, e na fase matriz, constituída de argamassa de cimento Portland. A casca utilizada é o resíduo resultante da extração da amêndoa do coco babaçu através do processo manual de retirada realizado em boa parte pelas quebradeiras de coco babaçu da região Norte do Estado do Maranhão, onde a casca é partida longitudinalmente ao meio por processo mecânico. Foi preservada a forma e tamanho da casca no intuito de evitar custos elevados para sua utilização e produção objetivando, desta maneira, a produção de um concreto acessível.

A massa unitária da casca foi calculada seguindo as recomendações da ABNT NBR NM 45:2006 Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. A massa específica da casca do coco babaçu foi realizada através das orientações da ABNT NBR NM 53:2009 Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. O ensaio da composição granulométrica da casca do coco babaçu foi realizado através das diretrizes da ABNT NBR NM 248:2003 Agregados – Determinação da composição granulométrica.

O cimento utilizado na realização dos ensaios foi o Portland CP IV - 32, especificado pela ABNT NBR 16697:2018 Cimento Portland – Requisitos. Foram considerados os dados característicos fornecidos pelo fabricante. A água utilizada foi a de fornecimento da rede de abastecimento local da cidade de Raposa, Estado do Maranhão.

A areia natural utilizada, de procedência da cidade de Chapadinha, no Estado do Maranhão. Foi determinado para este material, a massa unitária de acordo com as recomendações da ABNT NBR NM 45:2006. A determinação da massa específica real foi realizada de acordo com a ABNT NBR NM 52:2009 Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Foi realizada a composição granulométrica da areia, tendo por base a ABNT NBR NM 248:2003.

A brita 1 foi utilizada na produção das dosagens experimentais que possuem inserções de brita 1 e casca do coco babaçu, na mescla granulométrica. A massa unitária da brita 1 foi determinada seguindo as instruções da ABNT NBR NM 45:2006. A massa específica, realizada através da ABNT NBR NM 53:2009. Foi realizado o ensaio de granulometria da brita 1 seguindo as orientações da norma ABNT NBR NM 248:2003.

Foi determinado o módulo de finura e diâmetro máximo da casca, areia e brita 1.

O procedimento adotado para a determinação da absorção de água da casca do coco babaçu, brita 1 e areia, foi baseado nas recomendações das ABNT NBR NM 53:2009 e ABNT NBR NM 30:2000 Agregado miúdo – Determinação da absorção de água.

Para as misturas experimentais realizadas neste trabalho, foi utilizado como referência o método do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. As dosagens dos compósitos foram calculadas na tentativa experimental de obtenção de um concreto estrutural de 25 MPa aos 28 dias. Para efeito de comparação dos resultados obtidos, foi considerado como referência o concreto com casca de maior desempenho mecânico. Foi planejada a realização de sete dosagens experimentais. Todas as dosagens experimentais tiveram fator água/cimento 0,60. Para verificação da consistência do concreto foi realizado o *Slump Test*, seguindo as instruções da ABNT NBR NM 67:1998 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Para a rotação dos traços, foi utilizada uma betoneira elétrica de 400 litros. Não foi utilizado nenhum tipo de aditivo químico.

Nos ensaios N1, N2, N3 e N4, considerou-se 100% casca, já nos N5, N6 e N7, frações de brita 1 e casca do coco babaçu na proporção de 30%, 20% e 10%, respectivamente, na mescla granulométrica. O concreto do ensaio de código X1, foi produzido, moldado e não ensaiado, devido a um aspecto de segregação e de pouca argamassa. O

concreto de código X2 não foi produzido, conseqüentemente nem moldado ou ensaiado, por esta dosagem N3 constar um teor de argamassa inferior aos das dosagens anteriores N1 e N2, subentendendo-se que este concreto não teria um aspecto melhor que dos ensaios anteriores. Para melhor identificação dos traços unitários utilizados nos compósitos de concreto ensaiados, foram representadas as nomenclaturas e abreviações abaixo indicadas:

- (N) – Número do ensaio;
- (CP) – Corpo de prova compósito;
- (CPC) – Corpo de prova com casca 100%;
- (CPCB) – Corpo de prova com casca e fração de brita 1 na mistura;
- (CPR) – Corpo de prova de concreto com casca de melhor desempenho mecânico, dentre os ensaiados, sendo identificado após a realização dos ensaios mecânicos, objetivando comparação;
- (Número) – Teor de argamassa da mistura;
- (%) – Porcentagem da quantidade da casca na mescla granulométrica;
- (X1) – Dosagem realizada, moldados dos corpos de prova, porém, ensaios mecânicos não realizados devido ao concreto estar segregado e sem consistência;
- (X2) – Dosagem não realizada por constar um teor de argamassa inferior aos das dosagens anteriores N1 e N2.

Na Tabela 1, a relação dos traços unitários das dosagens experimentais planejadas.

Tabela 1 - Traços unitários das dosagens experimentais

Ensaio (N)	Traço unitário (cimento, areia, casca e brita 1)	Fator a/c	Cimento (Kg/m ³)	Slump (cm)	Teor de argamassa (%)
N1CPC52 – X1	1: 1,60: 2,40	0,6	297,21	6 a 10	52%
N2CPC60	1: 2,0: 2,0	0,6	311,46	6 a 10	60%
N3CPC50 – X2	1: 1,52: 2,48	0,6	294,51	6 a 10	50%
N4CPC68	1: 2,40: 1,60	0,6	327,15	6 a 10	68%
N5CPB56 – 30%	1: 1,80: 1,20: 1	0,6	346,95	6 a 10	56%
N6CPB56 – 20%	1: 1,80: 0,80: 1,40	0,6	367,63	6 a 10	56%
N7CPB52 – 10% - CPR	1: 1,80: 0,40: 1,80	0,6	390,94	6 a 10	52%

Fonte: Autoria própria, 2020.

2.1 – Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência axial à compressão foram realizados em corpos de prova cilíndricos de dimensões (10x20) cm, utilizando-se uma prensa eletrohidráulica da marca Solotest com capacidade de 100 Toneladas-força; observando as recomendações da ABNT NBR 5739:2018 Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Para moldagem dos corpos de prova, o concreto foi adensado em duas camadas, sendo 12 golpes cada, utilizando-se um soquete padronizado. Depois de concretados e desformados, os compósitos foram imersos em água para processo de cura e rompidos aos 7, 14 e 28 dias. Os corpos de provas de concreto de cada dosagem experimental foram rompidos em laboratório, sendo realizados nos concretos N2, N4, N5, N6 e N7.

2.2 – Determinação do módulo de elasticidade

Os ensaios do módulo de elasticidade foram realizados seguindo as orientações da ABNT NBR 8522:2017 Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Foram produzidos três corpos de prova cilíndricos

de concreto de dimensões (10x20) cm, atendendo a condição $L/d=2$. Os ensaios foram realizados nos corpos de prova aos 28 dias, utilizando-se uma prensa eletromecânica da marca Contenco com capacidade de 200 Toneladas-força.

III. RESULTADOS

Na Tabela 2, está apresentado os resultados dos ensaios característicos da casca, areia e brita 1.

Tabela 2: Resultados dos ensaios característicos

Material	M. Específica Real (g/cm^3)	M. Unitária (g/cm^3)	Diâmetro Máximo (mm)	Módulo de Fibras	Absorção A (%)
Casca	1,31	0,61	32,0	5,9	7,5
Areia	2,63	1,62	4,8	2,5	2,0
Brita 1	2,78	1,53	19,0	6,9	1,5

Fonte: Autoria própria, 2020.

A dimensão média da casca do coco babaçu utilizada neste trabalho, medida através do paquímetro, foi de 7,10 cm de comprimento, largura de 4,50 cm e profundidade 2,20 cm. A casca apresentou uma baixa massa específica e elevados, diâmetro máximo e teor de absorção de água (7,5%); forma lamelar e côncava; e fibras soltas na região do epicarpo. Para a viabilização do ensaio de granulometria foi necessário, manualmente, efetivar a passagem de algumas cascas pelas peneiras padronizadas, sendo pela largura, devido as características naturais dessa fibra vegetal. A casca apresentou distribuição granulométrica contínua, com insuficiência de materiais finos para preenchimento das partículas maiores, característica desfavorável para a produção dos compósitos de concreto. A casca não se enquadrou nos limites da composição granulométrica da zona 19/31,5 da norma, configurando uma desfavorável graduação dos grãos para atendimento às normas vigentes. Na Figura 1, a casca do coco babaçu utilizada nos ensaios.

Figura 1 - Casca do coco babaçu

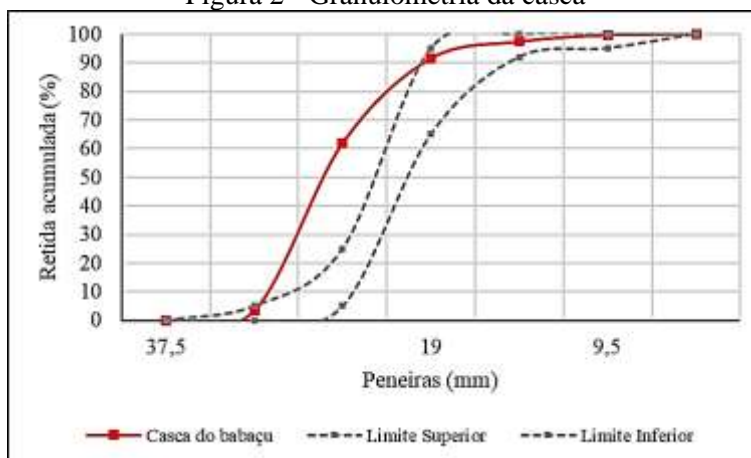


Fonte: Autoria própria, 2020.

A areia e brita 1 apresentaram uma classificação contínua, e em boa parte entre os limites da zona ótima e dos limites da composição granulométrica do agregado graúdo, respectivamente.

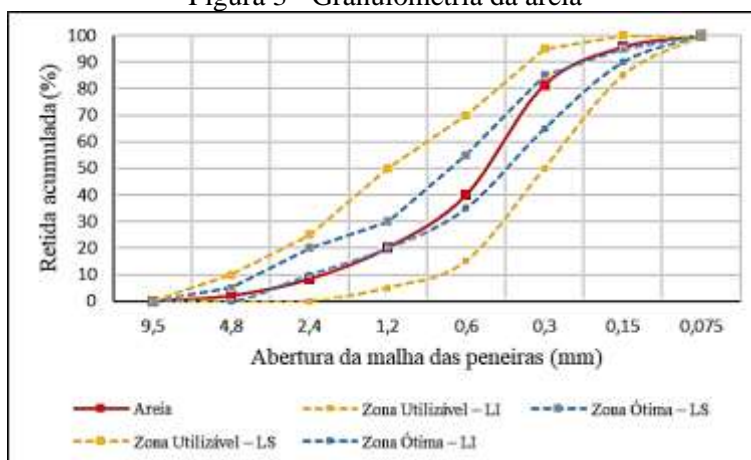
Nas figuras 2, 3 e 4, estão apresentados, respectivamente, os Gráficos das granulometrias da casca, areia e brita 1.

Figura 2 - Granulometria da casca



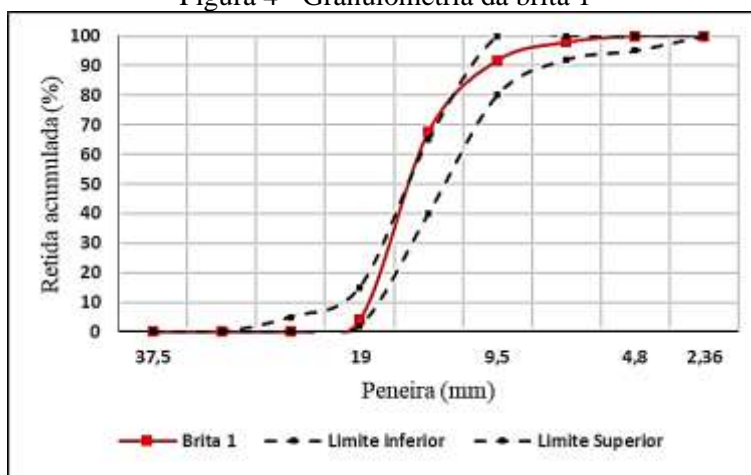
Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 3 - Granulometria da areia



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 4 - Granulometria da brita 1



Fonte: Autoria própria, 2020.

Na Tabela 3, os resultados dos ensaios de resistência axial à compressão em megapascal (MPa) e módulo de elasticidade em gigapascal (GPa), realizados em laboratório, dos compósitos cimentícios de concreto objeto deste estudo científico.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e do módulo de elasticidade

Ensaio (N)	Slump (cm)	Resistência à com- pressão (MPa)			Módulo de elasticidade (GPa)
		7 dias	14 dias	28 dias	28 dias
N2CPC60	0	4,23	4,39	5,85	2,06
N4CPC68	8	5,29	5,58	5,78	2,80
N5CPB56-30%	10	5,62	5,97	6,34	6,70
N6CPB56-20%	4,5	5,29	8,42	10,76	11,73
N7CPB52-10% - CPR	12	9,43	10,73	13,43	18,50

Fonte: Autoria própria, 2020.

As características naturais da casca do coco babaçu afetaram significativamente as propriedades das dosagens experimentais impactando na trabalhabilidade da mistura. A baixa massa específica da casca e elevados, diâmetro máximo e teor de absorção de água; a forma lamelar e côncava; e as fibras soltas na região do epicarpo; foram responsáveis por concretos com grandes volumes de casca na mistura, pelo aumento do consumo de argamassa e água, por corpos de prova segregados e/ou com vazios, pela prejudicada aderência da zona de transição argamassa/casca, dessa forma, impactando no desempenho mecânico dos concretos.

Os valores do *Slump Test* das dosagens experimentais N2CPC60 (cimento; areia; 100% casca e água), N6CPB56-20% (cimento; areia; 20% casca; brita 1 e água) e N7CPB52-10% - CPR (cimento; areia; 10% casca; brita 1 e água), foram respectivamente; 0, 4,5 e 12; estando fora dos limites planejados de 06 a 10. Ocorre que, possivelmente, as características naturais da fibra vegetal casca do coco babaçu foram responsáveis por estes resultados, dessa maneira, foi definido considerar os referidos valores neste estudo científico de caráter experimental. O concreto N7 apresentou o melhor aspecto e consistência assim como os menores vazios quando comparado com os demais concretos experimentais ensaiados. Nas Figuras 5 e 6, estão apresentados os corpos de prova dos concretos N2 e N7.

Figura 5 - Corpo de prova N2



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 6 - Corpo de prova N7



Fonte: Autoria própria, 2020.

O aumento no teor de argamassa do concreto N4CPC68 quando comparado ao N2, ambos 100% casca, melhorou o aspecto e consistência da mistura diminuindo os vazios do compósito de concreto, entretanto, não melhorou significativamente a resistência. O concreto N5, embora com frações de brita 1 e 30% casca, obteve resultados de resistência similares aos concretos sem brita 1. A dosagem N4 possui o maior teor de argamassa (68%) dos compósitos estudados, sendo 30,77% maior que a dosagem de comparação N7 (52%) que tem o menor teor de argamassa; brita 1; e menor proporção de casca (10%). A inserção de brita 1 nas frações granulométricas das dosagens experimentais melhorou a resistência destes concretos com casca, aos 28 dias.

A dosagem experimental que obteve maior resistência aos 28 dias foi a N7CPB52-10% (cimento; areia, 10% casca; brita 1 e água), tendo na sua mistura a presença de brita 1 e inserção de 10% de casca na mescla granulométrica. A dosagem N7 obteve a resistência de 13,43 MPa aos 28 dias, legitimando-a ser a dosagem experimental de comparação N7-CPR; sendo 132,35% maior que a dosagem de menor resistência N4CPC68 (5,78 MPa). A diminuição da quantidade da casca do babaçu nas frações volumétricas das dosagens experimentais, com exceção à dosagem N4, aumentou a resistência à compressão dos concretos experimentais.

As características físicas, químicas e mecânicas da fibra natural casca do coco babaçu, possivelmente, impactaram nos resultados do desempenho mecânico dos concretos experimentais com casca. A casca, quando inserida na mistura de concreto, pode ter se modificado quimicamente e fisicamente ao longo do tempo de exposição na água e cimento, alterando o processo de hidratação e interferindo nas reações químicas do cimento, enfraquecendo-o; e modificando conseqüentemente as propriedades das dosagens experimentais. Os resultados também impactados devido a casca não ter passado por processos, manuais ou industriais, de padronização e graduação para sua utilização como agregado graúdo em compósitos cimentícios de concreto.

Todos os compósitos que utilizaram a casca do babaçu nas suas composições, do N2 ao N7CPR, não obtiveram resistências à compressão aos 28 dias maiores que 25 MPa.

Os resultados do módulo de elasticidade dos corpos de prova experimentais de concreto com casca assim como nos resultados de resistência à compressão; as características naturais da casca influenciaram desfavoravelmente no desempenho mecânico dos compósitos. O melhor resultado aos 28 dias foi do N7CPB52-10%-CPR, que tem em sua mistura a casca do coco babaçu e a brita 1 como agregado graúdo, apresentando o valor de 18,50 GPa. O resultado mais desfavorável foi a do N2CPC60 no valor de 2,06 GPa, sendo 88,86% menor que a do concreto de referência. A diminuição da quantidade de casca nas frações volumétricas das dosagens experimentais, resultou no aumento do módulo de elasticidade dos concretos assim como também no aumento contínuo da sua massa específica e do consumo de cimento.

A aderência na interface casca/argamassa foi prejudicada, impactando no desempenho mecânico dos compósitos de concreto com casca, a qual pode ter contribuído para modificar as tensões causadas na argamassa pelo agregado natural, no momento em que é aplicada a carga no concreto.

Todos os concretos experimentais ensaiados objeto deste estudo que possuíam a casca do coco babaçu substituindo, gradualmente e totalmente, o agregado graúdo brita 1 na produção de concreto, não obtiveram resistência mecânica possível para sua utilização como concreto estrutural de 25 MPa, entretanto, foram legitimados para sua utilização como concreto leve e normal para enchimento, devido suas baixas massas específicas e resistências relativamente baixas.

Está descrito a seguir, algumas possibilidades para aplicação do concreto leve e normal com casca do coco babaçu; para enchimento: contrapiso em calçadas; regularização de lajes e pisos; fabricação de placas e blocos pré-moldados para piso; tubos porosos para drenagem de águas do lençol freático e dissipador de energia para drenagem.

Neste trabalho científico, não foram realizadas análises referentes à durabilidade de cada dosagem experimental planejada, as quais deverão ser consideradas na continuidade dos estudos da casca do coco babaçu quando inserida em compósitos cimentícios de concreto.

IV. CONCLUSÃO

A partir dos resultados dos estudos expostos neste trabalho, pode-se destacar que as inovações científicas e tecnológicas no domínio das fibras naturais, são uma das possíveis alternativas para o desenvolvimento sustentável, as quais englobam aspectos sociais, econômicos, ambientais e muitas vezes culturais.

As características naturais da fibra vegetal casca do coco babaçu impactaram desfavoravelmente no desempenho mecânico dos concretos experimentais com casca.

Não houve grande variação no desempenho mecânico dos concretos experimentais; principalmente nos compósitos 100% casca; provavelmente contribuído por a casca não ter passado por processos, industriais ou manuais, de padronização e gradação visando sua utilização em compósitos cimentícios de concreto.

O aumento no teor de argamassa, da dosagem N4, melhorou o aspecto e consistência da mistura diminuindo os vazios, entretanto, não melhorou significativamente a resistência do concreto 100% casca. O concreto N5, embora com frações de brita 1 e 30% casca, obteve resultados de resistência similares aos concretos sem brita 1. A diminuição da proporção da casca, nas dosagens experimentais, promoveu um menor consumo de argamassa e água, nas misturas. A inserção de brita 1 nas frações granulométricas das dosagens experimentais melhorou a resistência dos concretos com casca, aos 28 dias. O concreto experimental de melhor desempenho mecânico foi o N7 com 10% de casca.

Os concretos experimentais com casca não obtiveram características físicas e mecânicas possíveis para sua utilização como concreto estrutural de 25 MPa, sendo aptos para utilização como concreto leve e normal; para enchimento.

V. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, H. S. D.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya sp.*) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology*, n.85, p.159–163, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655** Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **ABNT NBR 14931** Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **ABNT NBR 16697** Cimento Portland – Requisitos, Rio de Janeiro, 2018.

_____. **ABNT NBR 5739** Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.

_____. **ABNT NBR 6118** Projeto de estrutura de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **ABNT NBR 6458** Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **ABNT NBR 7211** Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT NBR 7809** Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **ABNT NBR 8224** Concreto endurecido – Determinação da fluência – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **ABNT NBR 8522** Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão, Rio de Janeiro, 2017.

_____. **ABNT NBR 9778** Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR NM 248** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **ABNT NBR NM 30** Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **ABNT NBR NM 33** Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **ABNT NBR NM 45** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT NBR NM 52** Agregado miúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT NBR NM 53** Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **ABNT NBR NM 67** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

TUTIKIAM, Bernardo F.; HELENE, Paulo. **IBRACON. Dosagens de Concretos de Cimento Portland**. São Paulo, 2011.

BEZERRA, C. M. **Fibras celulósicas**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN. 2003.

BLEDZKIET, A.K.; GASSAN J. Composites reinforced with cellulose based fibres. **Progress in Polymer Science**. 24 (1999) 221-274.

D'ALMEIDA, M. L. O. **Composição química dos materiais lignocelulósicos**. In: I- Celulose e Papel. Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 1 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisa do Estado de SP, 1978. V.1.

DEMIR, H.; ATIKLER, U.; BALKÖSE, D.; TIHMINLIOGLU, F. The effect of fiber surface treatments on the tensile and water sorption properties of polypropylene–luffa fiber composites. **Composites: Part A** 37 (2006) 447–456.

DESER. **A cadeia produtiva do babaçu**: estudo exploratório, 2007. Disponível em www.almanaquedocampo.com.br. Acesso em março de 2020.

EMBRAPA. **Babaçu. Programa Nacional de Pesquisa**. Brasília, 1984.

GUIMARÃES, M.; NOVACK, K. M.; BOTARO, V. R. Caracterização Anatômica da Fibra de Bambu (*Bambusavulgaris*) Visando Sua Utilização em Compósitos Poliméricos. **Revista Ibero-americana de Polímeros**, v. 11, n. 7, p. 442-456, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema de Contas Nacionais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>. Acessado em janeiro de 2023.

LIMA, A. M. *et al.* Utilização de Fibras (epicarpo) de Babaçu como Matéria-Prima Alternativa na Produção de Chapas de Madeira Aglomerada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.645- 650, 2006.

LOPES, M.M. **Substituição parcial de armadura de flexão por fibras de aço em vigas de concreto**. 2005. 155 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

MARQUES, M.G.S. **Caracterização das Propriedades da Fibra Vegetal de Arumã para Aplicação como Reforço à Matriz Cimentícia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2009.

MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

MONTEIRO, S. N.; D'ALMEIDA, J. R. M. Ensaio de Pullout em fibras lignocelulósicas: uma metodologia de análise. **Matéria**, v.11, n.3, pp. 189-196. 2006.

PICANÇO, M.S. **Compósitos cimentícios reforçados com fibra de curauá**. Dissertação de Mestrado – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.

ROSSIGNOLO, J.A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos – dosagem, produção, propriedades e microestrutura**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

TEIXEIRA, M.A.; MILANEZ, L.F. **Caracterização Energética do Babaçu e Análise do Potencial de Cogeração**. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, 2003.64.

TOLONI, G.H.D. **Fibras curtas de Eucalipto para novas tecnologias em fibrocimento**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

WANG, W.; SAIN, M.; COOPER, P.A. Study of moisture absorption in natural fiber plastic composites. **Composites Science and Technology** 66 (2006) 379–386.

WILLIAN D. CALLISTER, Jr. **Ciência e engenharia de materiais uma introdução**. 7.ed São Paulo: LTC, 2008.

VI. COPYRIGHT

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

ESTUDO DA VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DE DETERMINADAS TÉCNICAS DE INSPEÇÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE RADIADORES

STUDY OF THE FEASIBILITY OF APPLYING CERTAIN QUALITY INSPECTION TECHNIQUES IN THE PRODUCTION PROCESS OF RADIATORS

Daniel Julien Barros da Silva Sampaio¹

Felipe Rudolf Depieri Zwetsloot²

Resumo – O radiador, também chamado de trocador de calor, é um equipamento utilizado em sistemas de resfriamento e são de suma importância para que veículos e outros dispositivos mantenham sua temperatura nominal. A inspeção de qualidade no processo de produção de radiadores se baseia normalmente na inspeção visual ao longo da produção e principalmente no teste de estanqueidade ao final do processo de fabricação, que no caso de identificação de alguma falha nesse teste, gera um dispendioso retrabalho para reparo. O resultado dessas inspeções depende fortemente da avaliação do operador e pode ser afetado por seu nível de experiência, concentração e sua fadiga visual, podendo acarretar a liberação de peças defeituosas. Este trabalho tem o intuito de estudar a viabilidade de determinadas técnicas de inspeção de qualidade no processo de fabricação de radiadores, visando automatizar e otimizar o processo de inspeção, buscando identificar possíveis falhas no produto antes do final do processo, evitando demasiado retrabalho. Para atingir esse objetivo foi necessário desenvolver um sistema de vedação próprio, além de serem analisados e propostos os testes de inspeção de qualidade dos radiadores por meio de gás hélio, de câmera termográfica e de estanqueidade em tanque de água logo após o processo de brasagem. Como resultado, as metodologias apresentadas e testadas se mostraram promissoras, necessitando somente de um sistema de vedação mais eficiente para aplicação das mesmas.

Palavras-chave: Brasagem. Inspeção de Qualidade. Radiadores. Retrabalho.

Abstract - The radiator, also called heat exchanger, is an equipment used in cooling systems and is very important for vehicles and other devices to maintain their nominal temperature. Quality inspection in the radiator production process is normally based on visual inspection

¹Doutor em Engenharia Mecatrônica (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP); Docente da Faculdade de Engenharia e Ciências – Câmpus de Guaratinguetá (FEG-UNESP). Contato: daniel.sampaio@unesp.br.

²Bacharelado em Engenharia Elétrica (FEG-UNESP). Contato: felipe.rd.zwetsloot@unesp.br.

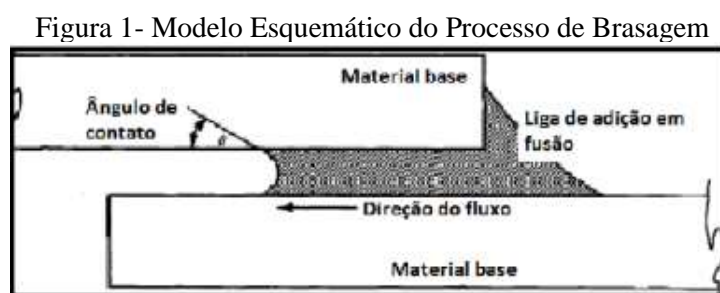
throughout production and mainly on the leakage test at the end of the manufacturing process, which, in case of identification of any failure in this test, generates an expensive rework for repair. The result of these inspections depends heavily on the operator's judgment and can be affected by their level of experience, concentration and their visual fatigue, which may lead to the release of defective parts. This work aims to study the feasibility of certain quality inspection techniques in the manufacturing process of radiators, aiming to automate and optimize the inspection process, seeking to identify possible product failures before the end of the process, avoiding too much rework. To achieve this goal, it was necessary to develop a sealing system, in addition to analyzing and proposing quality inspection tests for radiators using helium gas, a thermographic camera and water tank leakage right after the brazing process. As a result, the methodologies presented and tested proved to be promising, requiring only a more efficient sealing system for their application.

Keywords: *Brazing. Inspection of Quality. Radiators. Rework.*

I. INTRODUÇÃO

O sistema de arrefecimento é de extrema importância para qualquer veículo ou máquina, pois permite manter a temperatura nominal destes equipamentos. Nos sistemas de arrefecimento estão presentes alguns componentes, entre eles o radiador. O radiador é um equipamento utilizado para realizar a troca de calor entre uma substância contida em um sistema fechado e o meio externo, normalmente o ar atmosférico, de forma a reduzir a temperatura da substância interna.

As junções dos componentes do radiador são feitas a partir de soldagem e brasagem. O objetivo final da tecnologia de brasagem é unir peças, isso é feito colocando-se uma liga metálica com temperatura de fusão relativamente baixa, que é chamado metal de adição, na lacuna entre os materiais de maior temperatura de fusão, que são chamados de materiais de base. Em seguida, ocorre o aquecimento do conjunto até que o metal de adição tenha se fundido e se espalhado por toda a folga entre os materiais de base. O metal fundido que preenche a lacuna reage com a junção das peças e, após solidificação, une os dois materiais de base (ASM Handbook,1993).



Fonte: Borba, 2011.

Após o processo de fabricação dos radiadores é necessário verificar a qualidade deles realizando um teste de estanqueidade. De acordo com a Norma Regulamentadora nº 34 (NR-34, 2011) considera-se teste de estanqueidade o ensaio não destrutivo realizado pela aplicação de pressão em peça, compartimento ou tubulação para detecção de vazamentos. Entre os testes de vazamentos existentes, o normalmente utilizado na fabricação de radiadores é o teste de estanqueidade por imersão em tanque de água. Tal teste consiste em imergir o radiador, com as entradas e saídas devidamente vedadas, em um tanque de água de modo que seja possível pressurizar a peça e em seguida verificar, a partir da inspeção visual de um operador, o possível aparecimento de bolhas de ar na água, oriundas do interior do produto (OLIVEIRA, 2011). Entretanto, tarefas repetitivas

por períodos prolongados causam fadiga visual no operador e reduzem o desempenho da inspeção, o que pode acarretar a liberação de peças defeituosas que podem gerar sérios problemas para a empresa.

Além disso, caso seja detectado algum defeito no radiador é necessário corrigi-lo e para isso é preciso identificar em que parte do produto está presente a falha e, em seguida, é necessário desmontar o produto para reparo, ocasionando a perda de material, horas de retrabalho e perda de eficiência no processo de fabricação com consequente diminuição na lucratividade. Segundo Alfredo Rocha (1999) um dos maiores desperdícios de uma empresa é o retrabalho, implicando em ter que repetir determinado processo.

Portanto, é desejado que haja meios de se inspecionar os radiadores previamente, logo após o processo de brasagem, visto que é a etapa de fabricação mais suscetível a falhas na linha de produção. Caso as falhas sejam constatadas precocemente ocorre a melhoria do processo produtivo acarretando a diminuição de custos com desperdícios de materiais com consequente diminuição de retrabalho, além de ocasionar na maior satisfação do cliente, seja este interno ou externo (MENDES; BARROS; SAMPAIO, 2021).

Este trabalho teve o intuito de estudar a viabilidade de determinadas técnicas de inspeção de qualidade no processo de fabricação de radiadores, visando futuramente automatizar e otimizar o processo de inspeção, buscando identificar possíveis falhas no produto antes do final do processo, evitando demasiado retrabalho.

II. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico de possíveis metodologias de inspeção de qualidade de radiadores e foi elucidado como ocorria o processo de fabricação dos trocadores de calor, com enfoque no entendimento do processo de brasagem.

Foram obtidas algumas amostras de radiadores com uma empresa fabricante, contendo tanto radiadores defeituosos como não defeituosos. Foi verificado a necessidade de desenvolvimento de um sistema de vedação para essas amostras inacabadas de forma que possíveis técnicas de inspeção de qualidade de radiadores pudessem ser testadas. Tampas metálicas foram então projetadas e usinadas em blocos de alumínio para esse fim. As amostras obtidas e as tampas metálicas acabadas podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Radiador Após o Processo de Brasagem



Fonte: Autores, 2022.

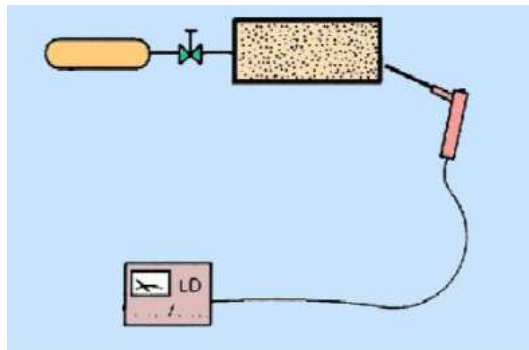
Figura 3 - Tampas Metálicas



Fonte: Autores, 2022.

Três técnicas de inspeção de qualidade foram então selecionadas para verificação de estanqueidade dos radiadores. O primeiro método estudado foi a metodologia de inspeção de qualidade por meio de gás hélio, que consiste em pressurizar o radiador com gás hélio e em seguida vedar adequadamente as saídas do equipamento, verificando com o uso de sensores de hélio o aparecimento dos gases no ambiente externo. Se os detectores constatarem a presença do gás, isso é o indicativo de que os trocadores de calor possuem fissuras, decorrentes de erro do processo de brasagem. A verificação de vazamento se dá de modo manual, fazendo com que a ponta de prova do detector de gás percorra por todo o radiador. É possível observar o esquemático do teste com gás hélio na Figura 4.

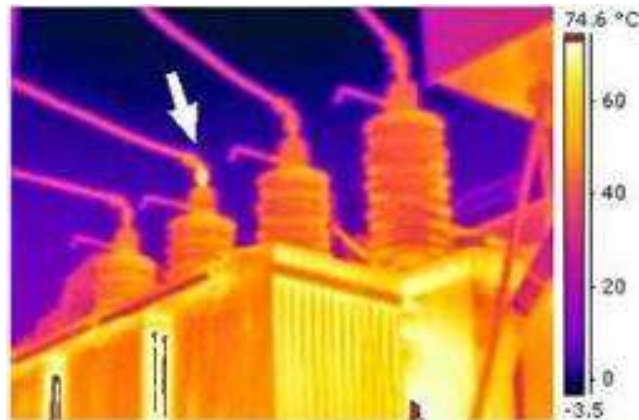
Figura 4 - Metodologia de Inspeção de Qualidade por Meio de Gás Hélio



Fonte: Aguiar, 2020.

O segundo método de inspeção estudado foi a metodologia de inspeção de qualidade por meio de câmera termográfica. A termografia por infravermelho, que opera na faixa de comprimento da radiação infravermelha, é um modo de obtenção e análise de dados térmicos a partir de imagens obtidas sem o contato físico com o material em análise (JADIN; TAIB, 2012). A metodologia em questão se baseia em injetar ar comprimido aquecido e vedar as saídas do radiador, de modo a pressurizá-lo com ar quente. Feito esses procedimentos, aponta-se a câmera termográfica para o radiador e, por fim, é verificado se há presença de pontos quentes localizados devido ao aquecimento demasiado que ocorrem nos possíveis pontos de falha identificados (SILVA *et al.*, 2021). A metodologia de inspeção de vazamentos por meio de câmera termográfica já é utilizada em alguns equipamentos, tais como transformadores, e isso pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5 – Inspeção de Vazamento por Meio de Câmera Termográfica



Fonte: Collete, 2015.

O terceiro método de inspeção estudado foi o teste de estanqueidade em tanque de água, com o bloco ainda inacabado, logo após o processo de brasagem. Essa metodologia é baseada na técnica de estanqueidade por imersão em tanque de água já normalmente realizada pelas empresas que produzem radiadores. O processo consiste em imergir o radiador com as entradas e saídas devidamente vedadas, em um tanque de água, pressurizando a peça e em seguida é verificado se há o aparecimento de bolhas de ar na água, oriundas do interior do produto. No entanto, ao invés de realizar o teste de estanqueidade no final do processo de fabricação, o que causa excesso de retrabalho caso sejam identificados vazamentos do produto, o teste de estanqueidade é realizado logo após o processo de brasagem utilizando o sistema de vedação desenvolvido. Na Figura 6 é apresentada a imagem de um operador de uma unidade fabril prestes a realizar o teste de estanqueidade na água.

Figura 6 - Teste de estanqueidade por imersão em tanque com água



Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2010.

2.1 – Desenvolvimento do Sistema de Vedação

O desenvolvimento do sistema de vedação foi uma etapa crucial para a realização da pesquisa. Objetivou-se desenvolver uma estrutura que permitisse que as metodologias de inspeção de qualidades estudadas fossem avaliadas, sendo necessário que o aparato para

vedação suportasse as altas pressões a que o radiador é submetido. O sistema de vedação confeccionado pode ser dividido em duas partes que serão detalhadas a seguir.

2.1.1 – Tampa de Vedação

No sistema de vedação desenvolvido estão presentes duas tampas, como já mostrado na Figura 3, que são instaladas nas extremidades do radiador. Estas são responsáveis por permitir a conexão do dispositivo de pressão que injeta gás ou fluido pressurizado no radiador, de modo a possibilitar o confinamento destas substâncias no interior do equipamento. No entanto, alguns cortes foram realizados nesses materiais para que pudessem se acoplar adequadamente nas arestas fresadas do radiador, além disso foram feitos alguns furos para fixação das mesmas no radiador através de parafusos. A tampa de vedação acoplada nas arestas do radiador é mostrada na Figura 7.

Por fim, foi necessário efetuar a vedação superior da tampa fixando chapas metálicas e placas de borracha por meio de parafusos. A vedação superior da tampa pode ser observada pela Figura 8.

Figura 7 - Vista Superior da Tampa de Vedação Acoplada no Radiador



Fonte: Autores, 2022.

Figura 8 - Vedação Superior da Tampa



Fonte: Autores, 2022.

2.1.2 – Barramento de Fixação e Tirantes

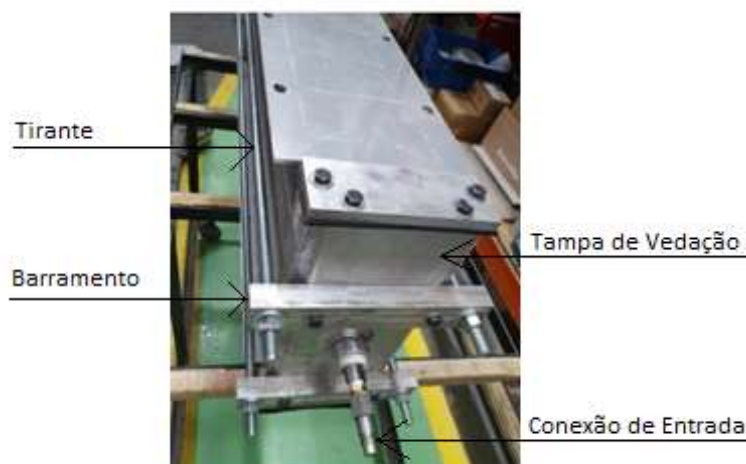
Para ajudar na fixação das tampas e a poder ajustar possíveis variações no comprimento do radiador devido ao processo de fabricação, permitindo a aplicação de pressões de até 15 bar nos testes de inspeção de qualidade, foi necessário desenvolver um dispositivo de tensionamento adequado para que não houvesse o escape do fluido injetado na peça. Com esse intuito, foram necessários a utilização de barramentos e de tirantes metálicos.

Em cada tampa foram parafusados dois barramentos, de modo a ter dois barramentos em cada extremidade do radiador, pressionando as tampas contra o corpo do radiador. Além disso, foram utilizados no total quatro tirantes metálicos, situados lateralmente ao radiador, que possuem a função de interligar os barramentos de cada extremidade do equipamento e assim suportar as altas pressões a que as tampas são submetidas ao se injetar fluidos a alta pressão (hélio ou ar comprimido).

O sistema de vedação completo pode ser observado pela Figura 9 na qual é possível notar a conexão de entrada por onde entra a mangueira de pressurização.

Após finalizado as etapas de estudo e do desenvolvimento sistema de vedação, a viabilidade das técnicas de inspeção da qualidade no processo produtivo de radiadores foram analisadas. Tratou-se de uma pesquisa de natureza observacional, radiador com ou sem vazamento, baseada em dados visuais para classificar o processo, na qual os resultados surgem dos dados empíricos coletados de forma sistemática. O investigador atua como um expectador de fenômenos ou fatos, sem, no entanto, realizar qualquer intervenção que possa interferir no curso natural ou no desfecho dos mesmos, embora possa, neste meio tempo, realizar medições, análises e outros procedimentos para coleta de dados (FONTELLES *et al.*, 2009).

Figura 9 - Sistema de Vedação



Fonte: Autores, 2022.

III. RESULTADOS

Para realizar os métodos de inspeção de qualidade antes do radiador estar finalizado, ou seja, após o processo de brasagem, foi necessário realizar adaptações. Dentre as adaptações, o principal desafio encontrado foi desenvolver o sistema de vedação.

A primeira técnica testada foi baseada na técnica de estanqueidade por imersão em tanque de água do corpo do radiador logo após o processo de brasagem. Infelizmente o sistema de vedação não se mostrou 100% eficiente, com pequeno vazamento no canto das tampas projetadas para fechamento das aletas de entrada e saída do radiador devido a presença de irregularidades do processo de fresagem nas arestas do radiador e do empenamento ocasionado pelo processo de brasagem. Se um objeto é aquecido e resfriado de modo uniforme e não existirem restrições às suas variações dimensionais, estas não resultam em efeitos mecânicos, isto é, após o ciclo térmico, o objeto não deverá apresentar tensões residuais nem distorções. Contudo, se a variação de temperatura não for uniforme ao longo da peça ou se esta não puder se expandir ou contrair livremente durante o ciclo térmico, tensões e/ou deformações podem se desenvolver (MODENESI;

MARQUES; SANTOS, 2012). Isso mostrou-se ser um grande empecilho para a vedação, pois os radiadores quando submetidos à brasagem apresentavam alterações nas suas dimensões nominais. A altura do radiador, por exemplo, apresentava alterações na sua dimensão na ordem de erro de $\pm 0,5$ cm. Ou seja, a irregularidade dimensional que os produtos apresentavam após a brasagem fez com que a vedação não fosse efetiva.

As placas de borracha utilizadas para vedação não conseguiram se moldar a essas imperfeições dos cantos das faces do radiador, permitindo um pequeno vazamento. Foram testadas três espessuras diferentes de placas de borracha, mas sem sucesso. Outros materiais mais elásticos e resistentes poderão ser especificados e testados futuramente. Com isso, das três metodologias de inspeção de qualidade selecionadas, apenas a metodologia de inspeção de qualidade por meio de gás hélio não chegou a ser testada devido ao custo elevado do gás hélio e pelo fato que o vazamento não controlado, decorrente da falha de vedação, contaminaria o ar ao redor do radiador ocasionando em falsa detecção de falha.

O teste de estanqueidade por imersão em tanque de água após processo de brasagem pode ser observado pela Figura 10 e é possível notar pelo círculo em vermelho a falha de vedação ocorrida.

Figura 10 - Teste de Estanqueidade em Tanque de Água Após Processo de Brasagem



Fonte: Autores, 2022.

Para a inspeção por meio da câmera termográfica a dificuldade inicial encontrada foi aquecer o ar para insuflar nas aletas internas do radiador. Foi utilizado um soprador térmico para o teste, mas a temperatura de teste não foi a ideal porque é necessário temperaturas mais elevadas para que a câmera termográfica mostre com maior ênfase e detalhamento os pontos de escape de calor. A temperatura de teste não foi a ideal, mas mostrou que a metodologia é promissora e poderá ser utilizada caso as dificuldades com a vedação e aquecimento do ar sejam resolvidos.

O teste de estanqueidade por imersão em tanque de água logo após o processo de brasagem também se mostrou promissor, no entanto, também necessita que a dificuldade com a vedação seja resolvida.

IV. CONCLUSÃO

Os testes de inspeção de qualidade dos radiadores com as metodologias selecionadas se mostraram promissoras, sendo necessário o desenvolvimento de um sistema de vedação mais eficiente e um processo para obter um maior aquecimento do ar a ser inflado no radiador. Com a possibilidade de as metodologias propostas serem implementadas, a empresa terá uma redução de custos, gerará menos sucata e será mais competitiva no mercado, assegurando a qualidade de seus produtos e tendo um processo produtivo mais sustentável. Esse trabalho tem o potencial de atingir três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definidos pela ONU: ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico; ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura e ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis.

V. REFERÊNCIAS

AGUIAR, Vitor. **Detecção de Vazamentos**. 28 slides, color. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2020.

ASM Handbook, A. Rabinkin, **AlliedSignal Amorphous Metals**, ASM, International. 2873p.,1993.

BORBA, Guilherme de. **Validação do Processo de Brasagem em Condensadores Automotivos**. 2011. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia da Soldagem, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 34 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e reparação naval**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2011.

COLLETE, Rafael. **Sensoriamento de Temperatura Em Painéis de Baixa e Média Tensão**. 2015.

Disponível: <<http://termopaineisusf.blogspot.com/2015/03/introducao.html>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

FONTELLES, Mauro José; SIMÕES, Marilda Garcia; FARIAS, Samantha Hasegawa; FONTELLES, Renata Garcia Simões. Scientific research methodology: Guidelines for elaboration of a research protocol. **Revista Paraense de Medicina**, vol.23, n.3, 2009.

JADIN, M. S.; TAIB, S. Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography. **Infrared Phys. Technol.**, vol. 55, n. 4, pp. 236-245, Jul. 2012.

MENDES, Renato; BARROS, José Glênio Medeiros de; SAMPAIO, Nilo Antonio de Souza. A Utilização das Ferramentas da Qualidade para Identificação de Falhas do Processo de Montagem da Árvore de Transmissão de um Veículo 6x4. **Revista Sodebras [online]**. v. 16, n. 186, Jun. 2021, p. 43-48. ISSN 1809-3957. DOI: <<https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.186.43>>.

MODENESI, P. J; MARQUES, P. V.; SANTOS, D. B. **Introdução a Metalurgia da Soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, Valdemir Alves de. **Avaliação da Confiabilidade dos Evaporadores Automotivos Submetidos ao Processo de Rebrasagem**. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2011.

OLIVEIRA, V. A.; SILVA, O. M.; DEBERNARDO, V. H. S.; CAMARGO, J. R. **Garantia da Qualidade da Solda Mig/Tig na Fabricação de Radiadores de Alumínio**.

VI Workshop Universidade-Empresa em Automação Industrial, Energia, Materiais e Processos, Produção, 27 e 28 de fevereiro, Taubaté, 2010.

ROCHA. A. **Seminário:** Motivando Todos para a Qualidade, 1999.

SILVA, Alex de Lima e; JUNIOR, Geraldo Motta Azevedo; Catarino, Alexandre de Souza; SANTOS, Paulo Tadeu Poli dos; GUIMARÃES, Andre Felipe Arpon Marandino. Estudo sobre a Utilização da Comparação Pixel a Pixel para a Identificação de Falhas entre as Buchas Isolantes e a Tampa Superior do Tanque Principal de Transformadores Utilizados em Subestações. **Revista Sodebras [online]**. v. 16, n. 189, Set. 2021, p. 78-83. ISSN 1809-3957. DOI: <<https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.189.78>>.

VI. COPYRIGHT

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