

Brazilian Journals

Organizador

ENGENHARIAS: DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Vol. 01

São José dos Pinhais

BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA

2024



Editora Brazilian Journals

(Organizador)

Engenharias: desenvolvimento científico e tecnológico

Vol. 01

**Brazilian Journals Editora
2024**

2024 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2024 Os Autores
Copyright da Edição © 2024 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Aline Barboza Coelli
Edição de Arte: Aline Barboza Coelli
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos livros e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Prof^a. Dr^a. Fátima Cibele Soares - Universidade Federal do Pampa, Brasil
Prof. Dr. Gilson Silva Filho - Centro Universitário São Camilo, Brasil
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata - Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior - Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Angela Maria Pires Caniato - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof^a. Dr^a. Genira Carneiro de Araujo - Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. José Arilson de Souza - Universidade Federal de Rondônia, Brasil
Prof^a. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese - Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Prof^a. Dr^a. Silvana Saionara Gollo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Dr^a. Mariza Ferreira da Silva - Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Daniel Molina Botache - Universidad del Tolima, Colômbia
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
Prof^a. Msc. Juliana Barbosa de Faria - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof^a. Esp. Marília Emanuela Ferreira de Jesus - Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof. Msc. Jadson Justi - Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof^a. Dr^a. Alexandra Ferronato Beatrici - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^a. Msc. Caroline Gomes Mâcedo - Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoleto - Universidade Estadual de Maringá, Brasil



Ano 2024

Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed - Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
Profª. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima - Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil
Profª. Drª. Gabrielle de Souza Rocha - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Helder Antônio da Silva, Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil
Profª. Esp. Lida Graciela Valenzuela de Brull - Universidad Nacional de Pilar, Paraguai
Profª. Drª. Jane Marlei Boeira - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
Profª. Drª. Carolina de Castro Nadaf Leal - Universidade Estácio de Sá, Brasil
Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Morais - Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil
Prof. Dr. Richard Silva Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil
Profª. Drª. Ana Lídia Tonani Tolfo - Centro Universitário de Rio Preto, Brasil
Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino - Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Profª. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg - Universidade Franciscana, Brasil
Prof. Dr. José Alberto Yemal - Universidade Paulista, Brasil
Profª. Drª. Adriana Estela Sanjuan Montebello - Universidade Federal de São Carlos, Brasil
Profª. Msc. Onofre Vargas Júnior - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil
Profª. Drª. Rita de Cássia da Silva de Oliveira - Universidade do Estado do Pará, Brasil
Profª. Drª. Letícia Dias Lima Jedlicka - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Profª. Drª. Joseina Moutinho Tavares - Instituto Federal da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro - Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Profª. Drª. Christiane Saraiva Ogrodowski - Universidade Federal do Rio Grande, Brasil
Profª. Drª. Celeide Pereira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Profª. Msc. Alexandra da Rocha Gomes - Centro Universitário Unifacvest, Brasil
Profª. Drª. Djanavia Azevêdo da Luz - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Dr. Eduardo Dória Silva - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Profª. Msc. Juliane de Almeida Lira - Faculdade de Itaituba, Brasil
Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon - Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Profª. Drª. Rejane Marie Barbosa Davim - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior - Universidade Potiguar, Brasil
Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira - Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil
Profª. Drª. Ercilia de Stefano - Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Msc. Marcelo Paranzini - Escola Superior de Empreendedorismo, Brasil
Prof. Msc. Juan José Angel Palomino Jhong - Universidad Nacional San Luis Gonzaga - Ica, Perú
Prof. Dr. Edson da Silva - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
Prof. Dr. João Tomaz da Silva Borges - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil



Ano 2024

Profª Drª Consuelo Salvaterra Magalhães - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. José Gpe. Melero Oláquez - Instituto Tecnológico Nacional de México, Cidade do México

Prof. Dr. Adelcio Machado - Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Brasil

Profª Dra Claudia da Silva Costa - Centro Universitário Planalto do Distrito Federal, Brasil

Profª. Msc. Alicia Ravelo Garcia - Universidad Autónoma de Baja California, México

Prof. Dr. Artur José Pires Veiga - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil

Profª Dra María Leticia Arena Ortiz - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Profª Dra Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Brasil

Profª Dra Muriel Batista Oliveira - Faculdade de Ciências Contábeis de Nova Andradina, Brasil

Prof. Dr. José Amilton Joaquim - Universidade Eduardo Mondlane, Brasil

Prof. Msc. Alceu de Oliveira Toledo Júnior - Universidade estadual de Ponta Grossa, Brasil

Prof. Dr. Márcio Roberto Rocha Ribeiro - Universidade Federal de Catalão, Brasil

Prof. Dr. Alecson Milton Almeida dos Santos - Instituto Federal Farroupilha, Brasil

Profª. Msc. Sandra Canal - Faculdade da Região Serrana, Brasil



Ano 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J357e Journals, Editora Brazilian

Engenharias: desenvolvimento científico e tecnológico /
Editora Brazilian Journals. São José dos Pinhais: Editora
Brazilian Journals, 2024.
208 p.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui: Bibliografia
ISBN: 978-65-6016-036-1

1 Científico. 2 Tecnológico. I. Journals, Editora Brazilian II.
Título

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br



Ano 2024

APRESENTAÇÃO

É com grande entusiasmo que apresentamos o e-book "Engenharias: Desenvolvimento Científico e Tecnológico Vol. 01", uma obra cuidadosamente elaborada pela editora Brazilian Journals. Este volume é uma incursão fascinante no vasto universo das engenharias, destacando o papel crucial do desenvolvimento científico e tecnológico no avanço de diversas áreas.

O desenvolvimento científico e tecnológico é uma aliança dinâmica que impulsiona o progresso da sociedade. A ciência, por meio da pesquisa e descoberta, ilumina o caminho para o entendimento profundo dos fenômenos naturais. A tecnologia, por sua vez, transforma esse conhecimento em aplicações práticas, gerando inovações que moldam o mundo ao nosso redor.

No contexto das engenharias, o desenvolvimento científico e tecnológico desempenha um papel central. Combinando conhecimento teórico, experimentação e aplicação prática, as engenharias tornam-se motores essenciais para a resolução de desafios complexos e o avanço de setores cruciais.

O impacto das engenharias no desenvolvimento científico e tecnológico é imensurável. Desde a construção de infraestruturas que conectam comunidades até avanços tecnológicos que impulsionam a indústria, as engenharias desempenham um papel vital na melhoria da qualidade de vida e no desenvolvimento econômico.

Além disso, as engenharias são fundamentais para a resolução de desafios globais, como as mudanças climáticas, a escassez de recursos e a busca por soluções sustentáveis. Ao promover a inovação e a aplicação prática do conhecimento científico, as engenharias contribuem significativamente para a construção de um futuro mais eficiente, sustentável e tecnologicamente avançado.

Em "Engenharias: Desenvolvimento Científico e Tecnológico Vol. 01", convidamos você a explorar as fronteiras do conhecimento nas engenharias e a descobrir como essas disciplinas dinâmicas moldam o mundo em que vivemos. Prepare-se para uma jornada intelectual que destaca a excelência científica e tecnológica no campo das engenharias.

Boa leitura!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01	9
DIAGNÓSTICO DO ESTADO NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO	
Márcio Aurélio dos Santos	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002363	
CAPÍTULO 02	18
CONTRIBUIÇÃO NUTRICIONAL E ACEITABILIDADE DE UMA BEBIDA NUTRACÊUTICO À BASE DE TUMBO (<i>PASSIFLORA MOLLISIMA</i>) FORTALECIDO COM EXTRATO DE MANDIOCA (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	
Blondie Artieda-Carassa	
Enrique García-Talledo	
Genaro Christian Pesantes Arriola	
Víctor Alexis Higinio Rubio	
Carlos Enrique Chinchay Barrabán	
Jacqueline Roxana Reaño Rivera	
Gisella Magaly Orellana Berrocal	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002364	
CAPÍTULO 03	39
INTEGRANDO CSP COM LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO (INTEGRATING CSP WITH PROGRAMMING LANGUAGES)	
Amintas Victor Ramos Pereira	
Adalberto Cajueiro de Farias	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002365	
CAPÍTULO 04	45
ADIÇÃO COMBINADA DE MICROFIBRAS E MACROFIBRAS DE PET PARA OTIMIZAR AS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DO CONCRETO F'C = 210 KG/CMP ² , LIMA, 2023	
Karla Gabriela Gamarra Benavente	
Andrew Stwars Sánchez Chávez	
Luis Alfonso Juan Barrantes Mann	
Leopoldo Choque Flores	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002366	
CAPÍTULO 05	56
PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS LICORES ARTESANAIS A BASE DE JENIPAPO E DE TAMARINDO	
Leandra Brito de Oliveira	
Lucas Barbosa Ribeiro de Carvalho	
Letícia Zorilda Sousa Ribeiro de Carvalho	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002367	
CAPÍTULO 06	72
AVALIAÇÃO DO MANEJO QUÍMICO VIA APLICAÇÃO DE HERBICIDA 2,4 DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4D) EM SOQUEIRA DE <i>Gossypium hirsutum</i>	
Leandra Brito de Oliveira	
Marcus Aurélio de Medeiros	

Lucas Barbosa Ribeiro de Carvalho
Leticia Zorilda Sousa Ribeiro de Carvalho
DOI: 10.35587/brj.ed.0002368

CAPÍTULO 07	83
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DE AMÊndoAS DE BUTIÁ (<i>BUTIA YATAY</i>)	
Bruna Czapla	
Ana Paula Cecatto	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002381	
CAPÍTULO 08	96
UMA ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DA ASSISTÊNCIA FARMACÊUTICA NA ATENÇÃO BÁSICA NO ESTADO DO PARÁ	
Marcos Valério Santos da Silva	
André Vilhena da Silva	
Luana Miranda de Souza	
Jaiane Silva de Souza	
Jeisiane Silva de Souza	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002390	
CAPÍTULO 09	108
MATHEMATICAL MODEL OF GLUCOSE CONCENTRATION IN BLOOD PLASMA	
Milton Milciades Cortez Gutiérrez	
Lauriano Portilla Sandoval	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002398	
CAPÍTULO 10	125
COMPÓSITO TÊXTIL PRODUZIDO ATRAVÉS DE RESÍDUOS TÊXTEIS, CELULOSE VEGETAL E MICROBIANA	
MD de A SILVA	
JS MACÊDO	
CJ de L LIMA	
SM da SILVA	
CJS GALDINO Jr	
LA SARUBBO	
AF de S COSTA	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002410	
CAPÍTULO 11	134
EXPLORING OSEEN FLOW IN EXTERIOR DOMAINS THROUGH SOBOLEV SPACES: A CONCISE FUNCTIONAL STUDY	
Rômulo Damascin Chaves dos Santos	
DOI: 10.35587/brj.ed.0002431	
CAPÍTULO 12	145
NOVA ROTA DE SINTERIZAÇÃO DO CARBETO DE SÍLICIO EM ATMOSFERA OXIDANTE	
Rhayana Ayamy Yamaguchi Gomes Da Costa	
Hellen Karina Pereira Alkimim	
José Brant de Campos	

Rodrigo Fernandes Magalhães de Souza
Eduardo de Sousa Lima
Wellington Bruno Silva de Jesus
DOI: 10.35587/brj.ed.0002435

CAPÍTULO 13148
DESENVOLVIMENTO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO EM
REGIME TRANSIENTE DE GERADOR TERMOELÉTRICO DE EXAUSTÃO
AUTOMOTIVA
Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior
Carlos Antônio Cabral dos Santos
Cleiton Rubens Formiga Barbosa
Edilson Marinho da Silva Júnior
Ricardo Luiz Vieira de França
DOI: 10.35587/brj.ed.0002469

CAPÍTULO 14164
STRATEGIC SYNERGIES BETWEEN BEYOND 5G AND SMART GRIDS FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT
Marina Martinelli
Alysson Mazoni
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-036-1_1

CAPÍTULO 15192
EVALUATION OF GREEN BANANA PULP DRYING USING INFRARED RADIATION
WITH TEMPERATURE CONTROL
Euler Cunha Martins
Anderson Arthur Rabello
Fátima de Cássia Oliveira Gomes
Cleverson Fernando Garcia
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-036-1_2

CAPÍTULO 01

DIAGNÓSTICO DO ESTADO NUTRICIONAL DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES FASES DE DESENVOLVIMENTO

Márcio Aurélio dos Santos

Mestrando em Sistema de Produção na Agropecuária

Instituição: Universidade Professor Edson Antônio Velano (UNIFENAS) – MG

Endereço: Rodovia MG-179 Km 0, S/N, Trevo, Alfenas - MG, CEP: 37130-000

E-mail: marcio.solocerto@gmail.com

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar os teores foliares de macronutrientes em híbridos de milho em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O experimento foi conduzido a campo, em Lucas do Rio Verde-MT. Foram utilizados quatro híbridos de milho, Pioneer - P3340 VY RR, Agroeste - AS 1780 RR PRO 3, Syngenta - SYNG 222 VIP RR, Morgan - MG 580 RR. As amostras de folhas foram coletadas a partir do estádio V5. As folhas foram amostradas semanalmente durante “sete semanas para análises”. Após analisadas foram avaliados os seguintes atributos químicos N, P, K, Ca, Mg, S. Observou-se que os espaçamentos tiveram pouca influência na absorção dos atributos químicos. As diferenças ocorreram durante as coletas semanais em todos os elementos, em ambos os espaçamentos. N, P, K, S nas cinco primeiras coletas reagiram bem a absorção dos elementos do solo, havendo uma queda substancial na sequência do experimento, Ca teve uma baixa absorção do nutriente na primeira semana recuperando- se no decorrer das semanas seguintes, Mg iniciou com uma baixa absorção estabilizou-se durante o processo e teve uma queda de rendimento na última semana.

PALAVRAS-CHAVE: Atributos Químicos; Híbridos; Teores Foliares.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the foliar levels of macronutrients in maize hybrids at different stages of crop development. The experiment was conducted in the field, in Lucas do Rio Verde-MT. Four corn hybrids were used, Pioneer - P3340 VY RR, Agroeste - AS 1780 RR PRO 3, Syngenta - SYNG 222 VIP RR, Morgan - MG 580 RR. Leaf samples were collected from the V5 stage. The leaves were sampled weekly for “seven weeks for analysis”. After analysis, the following attributes N, P, K, Ca, Mg, S were evaluated. It was observed that the spacing had little influence on the absorption of chemical attributes. The differences occurred during the weekly collections in all elements, in both spacings. N, P, K, S in the first five collections reacted well to the absorption of soil elements, with a substantial drop in the sequence of the experiment, Ca had a low absorption of the nutrient in the first week, recovering during the following weeks, Mg started with low absorption, it stabilized during the process and had a drop in yield in the last week.

KEYWORDS: Chemical Attributes; Hybrids; Leaf Contents.

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas de maior importância econômica no Brasil. A estimativa de produção de milho do Brasil poderá atingir 102 milhões de toneladas segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020). Grande parte dessa produção é destinada para alimentos em forma de ração para aves e suínos devido a suas qualidades nutricionais. O milho não se limita apenas na produção de alimentos, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, tais como combustíveis, bebidas, polímeros etc. (MIRANDA, 2018).

O incremento na produção de milho de países em desenvolvimento está associado à adoção de tecnologias como a introdução de híbridos com elevado potencial genético (FERREIRA, 2009). Tecnologia, adubação e manejo produtivo estão entre as estratégias que garantiram maior produtividade para a cultura do milho, demandando integração entre ambas para o melhor resultado encontrado à campo (ROLIM *et al.*, 2018).

O fator genético da cultura é uma variável quando se trata em maior produtividade. A obtenção de novos híbridos, cada vez mais produtivos, gera a necessidade de avaliá-los em grande amplitude de condições edafoclimáticas (CARDOSO *et al.*, 2003).

O manejo nutricional da cultura do milho pode ser melhorado utilizando a análise foliar como ferramenta operacional (CAMACHO *et al.*, 2012). A análise foliar usada corretamente, pode servir de planejamento e monitoramento operacional com vista nos experimentos para culturas perenes como, atualmente, para as de ciclo anual (DIAS *et al.*, 2013).

Nos últimos anos as pesquisas vêm avançando para obter altas produtividades sem aumento de área cultivada. A utilização da análise foliar como critério diagnóstico baseia-se na premissa da existência de relação significativa entre o suprimento de nutrientes e os teores dos elementos na folha, e que aumentos ou decréscimos nas concentrações se relacionam com produções maiores ou menores respectivamente (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Neste contexto, objetivou-se avaliar os teores de macronutrientes no tecido vegetal de híbridos de milho em diferentes estádios de desenvolvimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo no período de fevereiro a maio de 2018 no campo experimental pertencente a Faculdade La Salle em Lucas do Rio Verde-MT, localizada nas coordenadas latitude **13°04'18.3"S**, longitude **55°56'39.3"W**. O experimento possui solo de textura argilosa, classificado como, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, relevo suave ondulado. A implantação do experimento foi em um solo sem culturas anteriores, havendo necessidade de análise da fertilidade do solo nos blocos, apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado análise de solo blocos do estudo

Elementos analisados	Blocos			
	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8
pH em H ₂ O	5,6	6,0	6,4	5,4
Fósforo (P) mg/dm ⁻³	5,0	6,1	4,6	4,2
Potássio (K) mg/dm ⁻³	39	58	40	14
Cálcio (Ca) cmol _c /dm ⁻³	2,6	3,1	3,1	2,1
Magnésio (Mg) cmol _c /dm ⁻³	0,3	0,7	0,5	0,3
Alumínio (Al) cmol _c /dm ⁻³	0	0	0	0
Enxofre (S) cmol _c /dm ⁻³	8	3	4	3
Mat. Org. (M.O) dag/Kg	2,4	1,8	2,4	2,5
H+Al cmol _c /dm ⁻³ (SMP)	3,40	2,50	2,00	4,20
Soma Base (SB) cmol _c /dm ⁻³	3,00	3,95	4,30	2,44
CTC a pH 7 cmol _c /dm ⁻³	6,40	6,45	6,30	6,64
Sat. Por Base (V %)	47	61	68	37

Legenda: Valores analíticos do solo na área (glebas) do experimento

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Em função da análise química inicial do solo e da expectativa de produção dos híbridos foi realizada correção com 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e adubação com fertilizante mineral sendo aplicado manualmente e a lanço 20 dias antes da semeadura das sementes. Os fertilizantes utilizados foram, 56,7 Kg ha⁻¹ de MAP com concentração de 9,9(N): 46,8(P₂O) + 1%(B).

Os tratamentos foram constituídos por 4 híbridos de milho: **Pioneer- P3340 VY RR**, **Agroeste - AS 1780 RR PRO 3**, **Syngenta - SYNG 222 VIP RR**, **Morgan - MG 580 RR**. Para o experimento foram selecionadas inicialmente duas glebas A e B com solo de textura argiloso.

Tabela 2: Plantio de híbridos em cada bloco, gleba A espaçamento de 0,38 m entre linhas e gleba B (0,58m)

Empresa	Híbrido	Gleba A	Gleba B
Pioneer	P3340 VY RR	Bloco - B1	Bloco - B2
Agroeste	AS 1780 RR PRO 3	Bloco - B3	Bloco - B4
Syngenta	SYNG 222 VIP RR	Bloco - B5	Bloco - B6
Morgan	MG 580 RR	Bloco - B7	Bloco - B8

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Tanto a gleba A quanto a gleba B, foram divididas em quatro blocos cada, sendo os blocos da gleba A, com 11 linhas, espaçamento de 0,38m entre linhas, 9,5m de comprimento com uma população média de 387 plantas bloco⁻¹. A gleba B, com 8 linhas, espaçamento de 0,58m entre linhas, 9,5m de comprimento com uma população média de 255 plantas bloco⁻¹. No estádio V4 do milho foi realizada adubação de cobertura sendo fornecidos 48,5 Kg ha⁻¹ N-K+S por meio da fórmula 20(N) : 20(K₂O) + 8,5(S).

A partir do estádio V5 iniciou-se a coleta de folhas do milho para determinação dos teores de macronutrientes no tecido vegetal. Foram realizadas coletas semanais de folhas de milho ao longo de 7 semanas. Para as amostragens foram utilizadas somente as folhas da parte central dos blocos, em cada bloco foram coletadas 40 folhas por coleta.

No laboratório as amostras de folhas foram lavadas e secas em estufas de circulação forçada de ar a 65ºC de acordo com a metodologia proposta (MARTINS et al., 2007). A seguir as amostras foram moídas em moinho tipo willy e em subamostras foi realizada determinações dos teores de macronutrientes (P), (K), (Ca), (Mg) e (S) de acordo com metodologia utilizada por GALERIANI (2020).

Os resultados obtidos foram tabulados e as médias são apresentadas a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Plantas de milho acumulam nutrientes em sua parte aérea na seguinte ordem decrescente de acúmulo: N>K>P>Ca>Mg>S, considerando outros trabalhos já realizados na cultura de milho. Analisando os resultados dos nutrientes nas folhas do milho nos 4 cultivares, (P3340 VY RR), (AS 1780 RR PRO), (SYNG 222 VIP RR) e (MG 580 RR), observou-se que nos espaçamentos da (gleba A - 0,38m) e (gleba B - 0,58m) a cultura do milho não apresentou dificuldade na absorção dos nutrientes estudados. As diferenças dos atributos químicos ocorreram durante o ciclo vegetativo

da cultura analisadas semanalmente. As tabelas dos resultados analíticos das folhas, apresentam as variações dos nutrientes que ocorreram durante o ciclo fisiológico da cultura.

O **P (Fósforo)**, um dos atributos analisados, manteve-se estável durante as seis primeiras coletas no espaçamento 0,38m chegando ao baixo rendimento de absorção do nutriente do solo a partir da sétima coleta. No espaçamento 0,58m de **P**, a uma considerável perda do nutriente durante o processo de absorção como mostra na (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados análise foliar - Fósforo em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Dias	Espaçamento 0,38m					Espaçamento 0,58m				
	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média
	P (g/kg)					P (g/kg)				
7	2,1	2,0	2,1	2,1	2,07	2,2	2,3	2,2	2,0	2,17
14	2,1	1,9	2,0	2,1	2,02	2,1	2,2	2,1	2,0	2,10
21	2,1	2,1	2,2	2,1	2,65	2,0	1,9	2,0	1,9	1,95
28	2,1	2,1	2,1	2,1	2,10	1,7	1,8	1,8	1,9	1,80
35	1,8	1,8	1,9	1,8	1,82	1,6	1,6	1,8	1,7	1,67
42	1,7	1,8	1,9	1,8	1,80	1,5	1,5	1,7	1,7	1,60
49	1,4	1,4	1,5	1,3	1,40	1,4	1,1	1,3	1,2	1,25

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de fósforo em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os híbridos estudados no experimento tiveram praticamente a mesma absorção dos nutrientes **P** entre as fases de coletas e nos espaçamentos. Com base nessa informação, a média dos resultados foram distribuída entre as quatro empresas (Tabela 3).

Os teores de **N** (Nitrogênio) apresentaram maior absorção do atributo nas três primeiras etapas do experimento, onde, no decorrer do ciclo apresentou uma perda substancial nos dois espaçamentos (Tabela 4). Tal desequilíbrio pode ser explicado pelo fato que o **N** pelo uso de fertilizante mineral pode carretar perda por volatilização e/ou lixiviação o que leva a mais estudos sobre estes insumos proposto por (BIESDORF, 2016).

Tabela 4: Resultados análise foliar – Nitrogênio em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Dias	Espaçamento 0,38m				Média	Espaçamento 0,58m				
	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan		Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	
	N (g/kg)					N (g/kg)				
7	28,5	27,6	28,4	29,5	28,50	28,0	29,1	28,0	29,5	28,65
14	25,3	25,3	26,7	28,3	26,40	27,6	28,7	28,4	28,4	28,27
21	26,2	26,5	27,6	28,4	27,17	26,1	26,6	26,7	27,6	26,75
28	25,0	24,2	24,8	26,3	25,07	22,3	22,8	23,2	23,2	22,87
35	21,5	20,8	21,6	23,3	21,80	19,4	19,6	20,3	20,0	19,82
42	18,9	19,8	20,9	21,9	20,37	16,9	16,9	17,2	17,0	17,00
49	15,1	16,8	17,8	17,8	16,87	14,3	14,1	15,2	15,3	14,72

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de nitrogênio em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os híbridos estudados no experimento tiveram praticamente a mesma absorção dos nutrientes **N** entre as fases de coletas e nos espaçamentos. Com base nessa informação, a média dos resultados foram distribuída entre as quatro empresas (Tabela 4).

Percebeu-se que o **K** (Potássio), na fase inicial foi o elemento com maior absorção pela planta, perdendo estabilidade devido a fase de crescimento do vegetal o que apresenta a (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados análise foliar – Potássio em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Dias	Espaçamento 0,38m				Média	Espaçamento 0,58m				Média
	Pioneer K (g/kg)	Agroeste K (g/kg)	Syngenta K (g/kg)	Morgan K (g/kg)		Pioneer K (g/kg)	Agroeste K (g/kg)	Syngenta K (g/kg)	Morgan K (g/kg)	
7	33,4	31,2	27,5	26,2	29,57	31,5	29,0	27,8	29,6	29,47
14	36,0	32,7	33,8	28,0	32,62	34,0	32,3	30,4	30,6	31,82
21	29,4	27,7	27,2	25,8	27,52	27,7	27,0	27,6	25,8	27,02
28	28,3	27,5	26,5	23,2	25,65	26,6	26,4	26,8	23,6	25,85
35	28,3	26,3	25,9	22,1	25,65	25,0	25,8	26,0	22,8	24,90
42	24,2	24,5	20,3	18,6	21,90	21,8	21,4	21,4	19,5	21,02
49	23,5	19,4	18,3	17,6	19,70	20,3	17,7	20,5	16,4	18,75

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de potássio em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Entre os teores de **Ca** (Cálcio), verificou-se a baixa extração (absorção) do elemento na fase inicial, aumentando conforme o crescimento da vegetação e mantendo-se praticamente estável em ambos os espaçamentos até o final do

experimento (Tabela 6).

Tabela 6: Resultados análise foliar - Cálcio em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Dias	Espaçamento 0,38m					Espaçamento 0,58m				
	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média
	<u>Ca (g/kg)</u>					<u>Ca (g/kg)</u>				
7	2,0	3,0	2,2	2,8	2,50	1,8	2,6	2,2	2,4	2,25
14	2,8	4,4	4,0	3,9	3,77	3,0	4,3	3,8	3,2	3,57
21	2,9	4,1	4,1	4,0	3,77	3,0	4,2	3,6	3,3	3,52
28	3,2	4,6	3,8	3,6	3,80	3,0	4,1	3,7	3,5	3,57
35	3,6	4,4	3,8	3,4	3,80	3,2	4,2	3,6	3,5	3,62
42	3,8	4,4	3,8	3,8	3,95	3,6	4,2	3,6	3,5	3,72
49	3,4	4,0	3,6	3,4	3,60	3,1	3,4	3,0	3,0	3,12

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de Cálcio em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os híbridos estudados no experimento tiveram praticamente a mesma absorção dos nutrientes **Ca** entre as fases de coletas e nos espaçamentos. Com base nessa informação, a média dos resultados foram distribuída entre as quatro empresas (Tabela 6).

O **Mg** (Magnésio) foi semelhante ao **Ca**, no início com uma baixa absorção de nutrientes, permanecendo constante no decorrer do experimento até diminuir o seu rendimento nutricional na parte final do ensaio como mostra (Figura 7).

Tabela 7: Resultados análise foliar - Magnésio em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Dias	Espaçamento 0,38m					Espaçamento 0,58m				
	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média
	<u>Mg (g/kg)</u>					<u>Mg (g/kg)</u>				
7	1,3	1,6	1,3	2,2	1,60	1,2	1,6	1,3	1,3	1,35
14	1,8	2,1	2,1	2,6	2,15	1,8	2,0	2,0	2,0	1,95
21	1,7	1,9	1,9	2,1	1,90	1,3	1,8	1,8	1,6	1,62
28	1,5	1,8	1,9	2,2	1,85	1,2	1,8	1,7	1,6	1,57
35	1,6	1,7	1,7	2,1	1,77	1,2	1,9	1,8	1,8	1,67
42	1,3	1,3	1,2	1,5	1,32	1,6	1,7	1,5	1,8	1,65
49	1,0	1,0	1,0	1,3	1,07	1,0	1,3	1,0	1,2	1,12

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de Magnésio em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os híbridos estudados no experimento tiveram praticamente a mesma absorção dos nutrientes **Mg** entre as fases de coletas e nos espaçamentos. Com base nessa informação, a média dos resultados foram distribuída entre as quatro empresas (Tabela 7).

O **S** (Enxofre) como mostra a (Tabela 8) manteve-se estáveis durante as cinco

primeiras fases do ensaio tendo um pequeno desequilíbrio na sexta e sétima coleta o que não atrapalhou a variabilidade do elemento na planta.

Tabela 8: Resultados análise foliar - Enxofre em (g/kg) para os espaçamentos 0,38 e 0,58 m

Espaçamento 0,38m					Espaçamento 0,58m					
Dias	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média	Pioneer	Agroeste	Syngenta	Morgan	Média
	S (g/kg)					S (g/kg)				
7	2,1	2,2	2,3	2,2	2,20	2,1	2,2	2,3	2,0	2,15
14	2,1	2,1	2,2	2,2	2,15	2,1	2,1	2,3	2,0	2,12
21	2,1	2,1	2,3	2,1	2,15	2,0	2,0	2,3	1,9	2,05
28	2,0	2,2	2,0	2,2	2,10	1,9	1,9	2,1	2,0	1,97
35	2,0	2,0	2,1	2,0	2,02	1,9	2,0	2,1	1,9	1,97
42	1,6	1,6	1,6	2,0	1,70	1,2	1,4	1,4	1,3	1,32
49	1,3	1,3	1,4	1,4	1,35	0,9	1,1	1,0	1,0	1,00

Legenda: Híbridos: Pioneer; Agroeste; Syngenta; Morgan. Análise de Enxofre em (g/kg) de folha após o estádio de crescimento V5: 7 dias; 14 dias; 21 dias; 28 dias; 35 dias; 42 dias e 49 dias.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Os híbridos estudados no experimento tiveram praticamente a mesma absorção dos nutrientes S entre as fases de coletas e nos espaçamentos. Com base nessa informação, a média dos resultados foram distribuída entre as quatro empresas (Tabela 8).

4. CONCLUSÃO

Os híbridos estudados não tiveram destaque quanto a absorção dos atributos químicos, todos tiveram o mesmo potencial de extração dos macronutrientes nos 2 espaçamentos 0,38m e 0,58m, que também não influenciou na absorção e desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

- BIESDORF, E. M.; BIESDORF, E. M.; TEIXEIRA, M. F. F.; DIETRICH, O. H.; PIMENTEL, L. D.; ARAUJO, C. Métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em solo de cerrado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 44–50, jan./mar. 2016.
- CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V.; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.46, p.193-200, 2012.
- CARDOSO, M.J.; CARVALHO, H.W.L.; SANTOS, M.X.; LEAL, M.L.S.; OLIVEIRA, A.C. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.43-52, 2003.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento., “**Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**”, **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**, v. 7, n. 12, pp. 1-64, 2020. (Observatório Agrícola).
- DIAS, J. R. M.; Wadt, P. G. S.; Tucci, C. A. F.; Santos, J. Z. L.; Silva, S. V. Normas DRIS multivariadas para avaliação do estado nutricional de laranjeira ‘Pera’ no estado do Amazonas. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.251-259, 2013.
- FERREIRA, C.F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays L.*) de diferentes níveis tecnológicos.** Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. 114 f.
- GALERIANI, T.M. - tecidos vegetais, Preparo de amostras de tecido vegetal, preparo da amostra, **Revista Agronomia Brasileira**. Volume 4 (2020).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MARTINS, A.P.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agrária**, v.8,n.1., p.1-17,2007.
- MIRANDA, R. A. de. **Uma história de sucesso da civilização.** A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.
- ROLIM, R.R.; PINTO, A.A.; CAMARA, F.T. da; MOTA, A.M.D.; SILVA, C.S.da. Produtividade e rentabilidade do milho em função do manejo da adubação na região do CARIRI-CE. **Revista Científica Rural**, vol. 20, n.1, Bagé, RS, 2018. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/292>. Acesso em 22/01/2021

CAPÍTULO 02

CONTRIBUIÇÃO NUTRICIONAL E ACEITABILIDADE DE UMA BEBIDA NUTRACÊUTICO À BASE DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLISIMA*) FORTALECIDO COM EXTRATO DE MANDIOCA (*Arracacia xanthorrhiza*)

Blondie Artieda-Carassa Mg.1

Enrique García-Talledo Dr.2

Genaro Christian Pesantes Arriola Dr.3

Víctor Alexis Higinio Rubio

Mestre em Ciências

Carlos Enrique Chinchay Barrabán

Mestre em Ciências

Mg. Jacqueline Roxana Reaño Rivera

Ing. Gisella Magaly Orellana Berrocal

Universidade Nacional de Callao, Peru, bsmartiedac@unac.edu.pe,
eggarciat@unac.edu.pe, gcpesantesa@unac.edu.pe,
vahiginior@unac.edu.pe, cechinchayb@unac.edu.pe, slrubiñosj@unac.edu.pe,
jhgradosg@unac.edu.pe

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi estabelecer parâmetros tecnológicos que maximizem o aporte nutricional e boa aceitabilidade no processo de preparo de uma bebida nutracêutica à base de tumbo e mandioquinha, seleção, classificação, lavagem, branqueamento (65°Cx5min), extração de suco de mandioca amarela, extração do suco Tumbo Serrano sem sementes e impurezas e filtragem; Para a formulação da bebida nutracêutica foram consideradas as proporções 25:45, 20:48 e 15:50 (Tumbo: Arracacha). Os parâmetros de processamento foram pasteurização a 85°C. por 15 minutos, sólidos solúveis: $13\pm0,06^{\circ}\text{Brix}$, pH: $3,9\pm0,01$. Para avaliar a qualidade físico-química foram realizados testes de vitamina C, cálcio, proteína e ferro. Os resultados dessas avaliações foram processados nos softwares Minitab 18.0 e Excel, através da análise de variância e, quando houve diferença significativa, foi utilizado o teste de Tukey. Os resultados relataram que a bebida que apresentou maior aceitabilidade sensorial foi a formulação 15 :50, o mesmo que apresentou teor de vitamina C de 69,9 mg de ácido ascórbico/100 ml., 32,9 mg/100 ml. Cálcio, 2,03 g/100 ml. de proteínas; 1,41mg/100ml. ferro e energia 95,8 Kcal/100 ml. Por fim, as análises microbiológicas realizadas na bebida indicaram que ela era segura. A título de conclusão, pode-se indicar que com uma formulação de 15:50 de (tumbo: mandioca) é possível produzir uma bebida nutracêutica com alta aceitabilidade sensorial e que atenda aos critérios de qualidade microbiológica sanitária exigidos na RM-591-2008 -MINSA/DIGESA.

PALAVRAS-CHAVE: Tumbo Serrano; Mandioca Amarela; Pasteurizado; Bebida Nutracêutica.

ABSTRATO: O objetivo desta pesquisa foi estabelecer parâmetros tecnológicos que maximizem o aporte nutricional e boa aceitabilidade no processo de elaboração de uma bebida nutracêutica à base de tumbo e mandioquinha, a seleção, classificação, lavagem, branqueamento ($65^{\circ}\text{C} \times 5\text{min}$), extração do suco de mandioca amarela, extração do suco Tumbo Serrano sem sementes e impurezas e filtração; Para a formulação da bebida nutracêutica foram consideradas as proporções 25:45, 20:48 e 15:50 (Tumbo: Arracacha). Os parâmetros de processamento foram pasteurização a 85°C . por 15 minutos, sólidos solúveis: $13 \pm 0,06^{\circ}\text{Brix}$, pH: $3,9 \pm 0,01$. Para avaliar a qualidade físico-química foram realizados testes de vitamina C, cálcio, proteína e ferro. Os resultados dessas avaliações foram processados nos softwares Minitab 18.0 e Excel, por meio da análise de variância e, quando houve diferença significativa, foi utilizado o teste de Tukey. Os resultados relataram que a bebida que apresentou maior aceitabilidade sensorial foi a formulação 15:50, a mesma que apresentou teor de vitamina C de 69,9mg de ácido ascórbico/100 ml. ,32,9mg/100ml. Cálcio, 2,03 g/100 ml. proteína; 1,41mg/100ml. ferro e energia 95,8 Kcal/100 ml.; Por fim, as análises microbiológicas realizadas na bebida indicaram que ela era inofensiva. A título de conclusão pode-se indicar que com uma formulação 15:50 de (tumbo: mandioca) é possível preparar uma bebida nutracêutica com alta aceitabilidade sensorial e que atenda aos critérios microbiológicos de qualidade sanitária exigidos na RM-591- 2008. -MINSA/DIGESA.

PALAVRAS-CHAVE: Tumbo Serrano; Mandioca Amarela; Pasteurizado; Bebida Nutracêutica.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, os habitantes peruanos consumiram culturas andinas ricas em compostos nutracêuticos, como Tumbo serrano (*Passiflora mollisima*) e Arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*) pelos seus benefícios nutricionais e curativos. Porém, atualmente os mesmos produtores e consumidores não sabem aproveitar adequadamente as excelentes propriedades nutricionais (vitamina C, cálcio, fósforo, ferro, proteínas) destes produtos, por falta de assistência técnica ou informações fornecidas por profissionais capacitados. Por isso, a pesquisa baseou-se na iniciativa do uso correto dessas frutas nutracêuticas naturais, para o preparo de uma bebida nutracêutica com significativa contribuição nutricional e aceitabilidade sensorial.

As bebidas nutracêuticas são aquelas que oferecem benefícios à saúde além do seu conteúdo nutricional básico, em virtude dos seus componentes fisiológicos [12]. As bebidas nutracêuticas são definidas como aquelas que são ingeridas com as mesmas expectativas e mais especificamente, aquelas que poderiam contribuir para a melhoria da nutrição de um indivíduo e outras situações fisiológicas [4], citado por [2]. Os especialistas concordam que as bebidas nutracêuticas são alimentos integrais que podem beneficiar a saúde além da nutrição básica. As bebidas nutracêuticas podem desempenhar um papel importante na proteção da saúde e na prevenção de doenças.

São considerados um importante meio de enriquecimento de suplementos nutracêuticos, como fibras solúveis ou extratos de ervas. Os novos processos industriais alimentares que entram nos mercados são acompanhados de uma gestão adequada das matérias-primas, de novas técnicas de produção, para melhorar a qualidade nutricional e sensorial. Por outro lado, permite a produção de produtos com propriedades nutracêuticas ricas em vitamina C, cálcio, proteínas, ferro e geram impactos positivos na saúde de cada consumidor da bebida nutracêutica.

Nesta pesquisa, visando encontrar diversas possibilidades de melhoria ou otimização nutricional para o consumidor, foram considerados recursos naturais pouco explorados como o tumbo (*Passiflora mollisima*) e a mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*). Assim, o problema da pesquisa é: até que ponto a formulação de uma bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) aumentará o aporte nutricional e a aceitabilidade sensorial? O principal objetivo da pesquisa é formular uma bebida

nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), a pesquisa visa fornecer novas alternativas que permitam aumentar o aporte nutricional e a aceitabilidade sensorial.

A hipótese geral proposta é que ao formular uma bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), a contribuição nutricional e a aceitabilidade sensorial serão aumentadas.

A vitamina C (ácido ascórbico) ocorre no corpo humano como um antioxidante vital para o aproveitamento de energia, aumenta a atividade das defesas naturais, neutraliza toxinas, é antibacteriana e imunoestimulante [4]. Aumenta a capacidade de absorção de ferro, regula funções do metabolismo celular, previne infecções e previne o escorbuto. O ácido cítrico acidifica o ambiente do estômago e evita a digestão putrefatativa.

A deficiência de vitamina C causa escorbuto nos homens. Esta vitamina é muito utilizada como aditivo alimentar, é inibidora de nitrosaminas, portanto é um elemento nutricional com propriedades preventivas do câncer. Alguns estudos epidemiológicos sugerem o consumo de alimentos frescos ricos em vitamina C, uma vez que estão relacionados com a diminuição do risco de cancro do esôfago e do estômago.[8]

Frutas cítricas e sucos são especialmente fontes de vitamina C. Outras frutas notáveis incluem melancia, melão, mamão fresco, kiwi, manga, morango, toranja, limão, tomate, figo da Índia e polpa de camu-camu, que contêm quantidades variáveis de vitamina C. C. [4]

Importância do teor de ferro na dieta: Existe um fator de risco essencial que está relacionado à deficiência de ferro no baixo nível de concentração de ferro na dieta. O ferro está presente nos alimentos em duas formas: ferro heme e ferro. ainda não.

O ferro heme é o que está presente nos alimentos de origem animal, por exemplo, em todos os tipos de carne vermelha, carne branca, e também nos órgãos e no sangue.

Importância do teor de ferro na dieta: Existe um fator de risco essencial que está relacionado à deficiência de ferro no baixo nível de concentração de ferro na dieta. O ferro está presente nos alimentos em duas formas: ferro heme e ferro. ainda não O ferro heme é o que está presente nos alimentos de origem animal, por exemplo, em todos os tipos de carne vermelha, carne branca, e também nos órgãos e no

sangue. O ferro heme tem capacidade de absorção no organismo superior a 20%, não é perturbado por inibidores de absorção.

O ferro não-heme ou inorgânico inclui vegetais e outros alimentos de origem animal, como leite e ovos. A absorção média do ferro não-heme é muito menor que a do ferro heme e altamente variável. A absorção de ferro não-heme varia de 1% a 8%, dependendo da assistência de inibidores de absorção nos alimentos. [9]

A absorção de ferro depende da biodisponibilidade e dos níveis de nutrição corporal. A absorção das moléculas heme está intacta, pois são absorvidas pelas células da mucosa intestinal e não são afetadas ou alteradas pela presença de outros nutrientes, exceto o cálcio.

De acordo com os valores de ingestão alimentar adequada e recomendada de ferro de acordo com faixa etária e sexo. São classificados nos seguintes percentuais de pontos de corte: Deficiente <50%; Baixo >50% <75%; Adequado <75%. [8]

O tumbo serrano é ideal no verão porque é hidratante. É uma fruta rica em minerais, vitaminas e pobre em calorias. Pelas suas propriedades terapêuticas preventivas contra cálculos renais, dores de estômago, desconforto urinário, entre outros usos medicinais. O tumbo serrano possui alto teor de vitaminas C (ácido ascórbico), vitamina A e B, tiamina, riboflavina, niacina, além de minerais como cálcio, fósforo, ferro e fibras, e carboidratos em menor quantidade. Deve-se considerar que a vitamina C é um poderoso agente antioxidante que aumenta a absorção de ferro a nível gástrico, por isso deve ser consumida em conjunto para evitar e tratar a anemia. Simplifica o colágeno para a manutenção de cartilagens, tendões, dentes, ligamentos, ossos e vasos sanguíneos. Estimula o sistema imunológico; É antialérgico e útil na prevenção e tratamento de resfriados, gripes e no bom funcionamento do sistema imunológico. [7]

A mandioca é nativa da América do Sul, entre Colômbia, Equador e Peru. Na medicina nativa é utilizado cozido, amassado como gesso anti-séptico e antiinflamatório. Tubérculo conhecido como diurético, estimulante, antidiarreico. As variedades de mandioca vêm nas cores amarela, branca e roxa, por ser uma raiz na qual se acumula grande quantidade de açúcares e seu sabor é doce. A *mandioca xanthorrhiza* tem sabor muito agradável e é de fácil digestão devido ao teor de amido, óleos e sais minerais presentes, salsa, batata, aipo e espargos. O preparo dessas raízes é variado, sendo consumidas cozidas, com outras raízes, tubérculos e carnes, e no preparo de bolinhos fritos. A mandioca é usada em sopas, purês e ensopados. [9]

O uso dessa raiz é incentivado na alimentação de doentes, idosos e crianças, devido ao seu alto teor de minerais como cálcio, fósforo e vitaminas como a niacina. O amido das raízes da mandioca é facilmente digerido, por exemplo, no Brasil algumas papinhas e sopas instantâneas são baseadas na mandioca, no aroma característico das inflorescências de sua espécie, no seu alto teor de caroteno e nas propriedades.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi enquadrada dentro dos parâmetros que remetem a um projeto viável em nível experimental. “O projeto Viável consiste na pesquisa, elaboração e desenvolvimento de uma proposta de modelo operacional viável que permitiu a formulação de uma bebida nutracêutica com Tumbo fortalecida com extrato de mandioca para sua avaliação nutricional e aceitabilidade. A nível experimental; resolver problemas relativos à anemia, ao escorbuto e às condições de saúde das pessoas.

O Projeto incluiu uma pesquisa do tipo experimental, explicativa, com o objetivo de gerenciar a variável independente, alcançando os resultados previstos na hipótese geral.

Para o processo de pesquisa foram investigados teoricamente os padrões de qualidade conferidos por organizações nacionais e internacionais.

Buscou-se informações estatísticas referentes ao tema de pesquisa: “Contribuição nutricional e aceitabilidade de bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de Arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*)”.

Foram utilizadas técnicas de amostragem para contrastar as hipóteses, estatísticas de acordo com o tipo de pesquisa: “Contribuição nutricional e aceitabilidade de uma bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de mandioca (*Arracacha xanthorrhiza*)”. A população foi composta por 90 garrafas de 250ml. da bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) e Arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*) que foram adquiridas no mercado local do distrito de Sócota, província de Cutervo, departamento de Cajamarca. A amostra foi calculada utilizando a equação proposta por Sampieri *et al.* Para populações finitas, considerando nível de significância de 95%, margem de erro de 3% e probabilidade de ocorrência do evento de 50%.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q} = 83.07$$

Observação Sistemática Direta: Este método foi aplicado para realizar o desenvolvimento da pesquisa realizada.

Observação Sistemática Indireta: Através deste procedimento foi possível analisar e estudar os diversos documentos que contêm informações básicas sobre o tema da pesquisa.

A Pesquisa: Foi utilizada para conhecer a opinião dos provadores na avaliação sensorial.

Técnicas Laboratoriais: desenvolvidas na determinação de características físico-químicas.

Determinação do pH: este parâmetro foi determinado diretamente com auxílio de um potenciômetro portátil, conforme metodologia de (AOAC, 1990) 981.12 Cap. 42, pág. 2-3, 19^a Edição: 2012, NMX-F-317-S: 1978 e NTP 203.110:2009, citado por [13]

Determinação de sólidos solúveis: Esta avaliação foi realizada utilizando refratômetro portátil, pois os resultados foram expressos em °Brix a 20°C conforme NTP 203.110:2009 (revisado em 2012), citado por [16]

Químico: Determinação de vitaminas: Cumprido de acordo com AOAC 942.15 Cap. 37, pág. 10-11, 20^a Edição: 2012, citado por [2].

Determinação da Acidez: O estudo foi realizado de acordo com AOAC 942.15.Cap. 37, pág. 10-11, 20^a Edição: 2012, citado por [2].

Microbiológica: A representação do produto final foi estudada de acordo com a norma sanitária que determina os pontos de vista microbiológicos da qualidade sanitária e segurança de alimentos e bebidas para consumo humano [14].

Deve ser realizado através da utilização da escala hedônica, que é um método eficaz que localiza o nível de gosto ou desgosto causado por uma determinada amostra, permitindo medir preferências, estados psicológicos, e serve para ver a possível aceitação de a comida; O juiz é solicitado a responder após sua primeira impressão o quanto gosta ou não do produto, relatando isso de acordo com uma escala estruturada. [7]

Para determinar o grau de aceitabilidade do produto foi realizado um teste afetivo para medir o grau de satisfação com 30 provadores semitreinados por meio de

uma escala hedônica de 1 a 7 pontos, que avaliou os atributos de cheiro, sabor, textura em cada tratamento ou combinação de bebidas nutracêuticas no desenho de blocos completos randomizados [17]. Os resultados obtidos foram processados por testes paramétricos ANOVA unidirecional no software estatístico Minitab. Extração de Suco de Tumbo serrano (*Passiflora mollisima*). Para obtenção do suco, deu-se continuidade ao método proposto por [7]. O componente principal foi selecionado, lavado, cortado e avaliado quanto ao ótimo índice de maturação do fruto com a adequada relação °Brix/acidez. O conteúdo do fruto foi extraído manualmente, com o auxílio de uma colher e com auxílio de uma peneira, as papilas da polpa foram pressionadas contra as paredes para separá-las das sementes, tomando cuidado para não quebrar estas últimas para evitar o aparecimento de adstringência, marcados e impurezas (cravos).

Extração do extrato de Arracacha (*Arracacha xanthorrhiza*). Para obtenção do suco foi seguida a metodologia proposta por [6]. As raízes amarelas da mandioca foram selecionadas com relação °Brix/acidez adequada. Aquelas raízes que apresentavam danos físicos ou sinais de podridão foram descartadas. As raízes foram lavadas para retirada de resíduos aderidos à superfície do fruto. Foram branqueadas (65°C x 5min) para inibir a ação enzimática da mandioca. A extração das raízes foi realizada em máquina extratora da marca Oster, que possuía filtro para reduzir a presença de partículas sólidas em suspensão.

As providências tomadas para a bebida são: Diluição dos sucos com água potável tratada: A diluição ótima foi determinada entre a seguinte composição da amostra: 15:50 (uma parte de suco de tumbo para três partes de suco de mandioca e de água), 20:48, 15:50.

Adição de adoçante natural: Estas amostras foram levadas a uma composição de sólidos solúveis de 13°Brix, através de balanço de materiais e adição de Stevia (*Stevia Rebaudiana*). pH: O uso de ácido cítrico não foi especificado, pois o potencial de hidrogênio relatado pela bebida era inferior a 4,0.

Uma vez normalizada a bebida nutracêutica, aplicou-se o delineamento estatístico de blocos completos casualizados [15], utilizando uma ANOVA de fator único para determinar a diluição ótima com base na escala hedônica de sete pontos, para encontrar a melhor amostra.

Tratamento de conservação: As amostras foram submetidas a tratamento térmico a 85°Cx15 minutos.

Foi formulado utilizando a metodologia proposta por [5], para a qual foram

trabalhadas três amostras com extrato de Tumbo, Arracacha e água tratada nas seguintes proporções 25:45:30;20:48:32 e 15:50:35 respectivamente em Às amostras foi adicionado Stevia em pó a 0,07% como adoçante, tomando [13] como referência. Foi realizado o envase manual a frio, a bebida foi pasteurizada a 85°C por 15 minutos, as garrafas de vidro transparente de 250ml foram seladas manualmente, deixadas esfriar (T:72°C) e armazenadas em temperatura (T:4-8°C). C.

3. RESULTADOS

Os dados foram processados, apresentando os resultados através da utilização de tabelas estatísticas, gráficos e fluxos de operação.

TABELA Ei

RESULTADOS DE TESTE DE PERFIL NUTRICIONAL (100G) DE BEBIDA NUTRACÊUTICA
TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) E ARRACACHA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*)

Amostra	Proteína (g)	Carboidratos (g)	Gorduras (g)	Vitamina C (mg)	Cálcio (mg)	Ferro (mg)	Fósforo (mg)	Tiamina (mg)	Calorias (Kcal)
PARA	2.03	28h50	0,7	69,9	32,9	1,41	56,38	0,09	95,8
b	1,88	28.18	0,9	65,7	32,1	1,37	53,7	0,08	89,7
c	1,85	28h15	1.3	65,4	32,9	1,35	51,7	0,07	89,5

Fonte: O autor.

Tabela I: É apresentada a relação dos resultados dos testes de perfil nutricional (100g) da bebida nutracêutica.

Continuando com a caracterização físico-química do Tumbo (*Passiflora mollisima*) e da mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*), obteve-se:

TABELA II
**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) E ARRACACHA
*(ARRACACIA XANTHORRHIZA)***

AMOSTRA	TUMBO	ARRACACHA
picnômetro vazio	14,8574g	
Picnômetro com água	24,8489g	
Picnômetro com amostra	25,4610g	25,5213g
Volume do picnômetro	10ml	
Alíquota de amostra	5ml	
Concentração da solução de NaOH	0,099 milhões	
Volume de NaOH gasto	14,82ml	9,30ml
pH	3.27	4,60
°Brix	12°	12,5°
Densidade relativa	1.0612	1.0673
densidade da água	0,99915g/cm3	
Acidez expressa em AC. cítrico	1,58%	1,50%
Índice de maturidade	7,59	8.33

Fonte: O autor.

Tabela II: São apresentados os resultados dos parâmetros em processamento. De acordo com os resultados obtidos em termos de graus Brix e pH, estão dentro do estipulado na Norma Técnica Peruana (NTP), uma vez que esta norma indica que, para sucos, néctares e bebidas de frutas, Os sucos de frutas devem conter uma quantidade de sólidos solúveis (°Brix) entre 12 e 14%, um pH entre 3,4 e 4,0.

TABELA III
**RESULTADOS DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) (G/100 ML DE AMOSTRA ORIGINAL) DA BEBIDA NUTRACÉUTICA DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) E ARRACACHA
(ARRACACIA XANTHORRHIZA).**

Sólidos solúveis (°Brix) (g/100ml de amostra original)		
Amostra	Média	±DES.
PARA	12,0	±0,06
b	12,3	±0,06
c	13,0	±0,06

Fonte: O autor.

Na tabela III: Observa-se que as amostras A e B (12,0°Brix, 12,3°Brix) são as que apresentam a menor quantidade média de sólidos solúveis, sendo a amostra C (13,0°Brix) a que apresenta a maior quantidade de sólidos solúveis na composição da bebida nutracêutica de Tumbo (*Passiflora mollisima*) e Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*).

TABELA IV

RESULTADOS DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) (G/100 ML DE AMOSTRA ORIGINAL) DA BEBIDA NUTRACÉUTICA DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) E ARRACACHA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*).

pH		
Amostra	Média	±DES.
PARA	3,80	±0,01
b	3,85	±0,01
c	3,92	±0,01

Fonte: O autor.

Na tabela IV.: Observa-se que a amostra C (3,92) É aquele que quantitativamente apresenta o maior valor médio de pH da bebida nutracêutica, com amostras A e B (3,80, 3,85) apresentando menor valor quantitativo de pH em sua composição da bebida nutracêutica Tumbo fortalecido com Arracacha.

TABELA V

RESULTADOS DE CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°BRIX) (G/100 ML DE AMOSTRA ORIGINAL) DA BEBIDA NUTRACÉUTICA DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) E ARRACACHA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*)

Amostras bebidas	Contar total, UFC/ml	Couve-flor-mês NMP/ml	<i>Escherichia coli</i> UFC/ml	Estafilococo áureo UFC/ml	Molde e leveduras UFC/ml	Salmonela 25 ml.
PARA	cinquenta	<1	0	<10	<1	Ausência
b	65	<1	0	<10	<1	Ausência
c	60	<1	0	<10	<1	Ausência
RM 591-2008 MINSA/ DIGESA	100	<3	<3	10	1	Ausência

Fonte: O autor.

Na tabela V.: Observa-se que as três formulações de bebidas nutracêuticas apresentam valores abaixo dos estabelecidos pela norma [14] aprovada com RM 591-2008 MINSA/DIGESA indicando sua segurança e adequação ao consumo.

TABELA VI
RESULTADOS DE DESEMPENHO DA FRUTA DE TUMBO E ARRACACHA NA BEBIDA NUTRACÊUTICA

COMPONENTES/ Frutas e Estado	Pesoduro	Peso Líquido	Diminuir	Desempenho
	(kg)	(kg)	%	%
Tumbo	21,53	13h80	35,9	64,1
Arracacha	47,39	32,18	32,1	67,9
Desempenho Média			66,0	

Fonte: O autor.

Na tabela VI: Observa-se que o rendimento do Tumbo foi de 64,1%, sendo maior o rendimento do extrato de mandioca, no qual atingiu o valor de 67,9%.

TABELA VII
RESULTADOS MÉDIOS DA AVALIAÇÃO SENSORIAL DA BEBIDA NUTRACÊUTICA DE TUMBO (*PASSIFLORA MOLLÍSIMA*) FORTALECIDA COM ARRACACHA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*) POR ESCALA HEDÔNICA

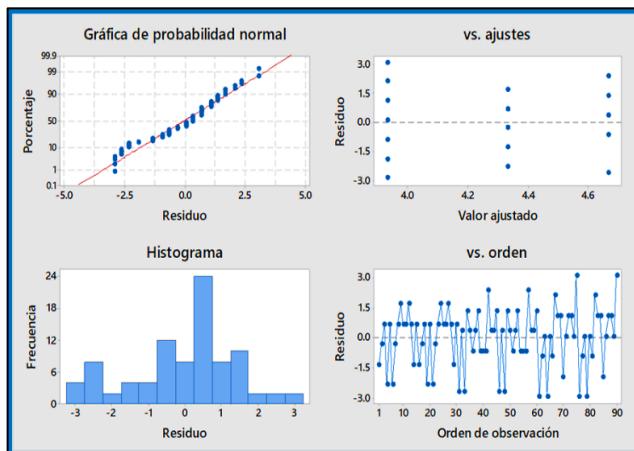
ATRIBUTOS SENSORIAL	TRATAMENTOS		
	PARA	b	c
CHEIRO	4.400 para	4.733 a	4.267 para
TEXTURA	4.467 para	5.067 a	4.933 a
SABOR	4.333 a	4.667 para	3.933 a
MÉDIA	4.400 para	4.820 para	4.378

Fonte: O autor.

Tabela VII: Observa-se o resultado médio da avaliação sensorial da bebida nutracêutica de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortificada com mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) aplicando-se uma escala hedônica de 7 pontos para os diferentes tratamentos; as médias das avaliações para cada um dos tratamentos, sendo para os atributos Odor, a amostra B=4.733 tendo a maior média e a amostra C=4.267 tendo a menor média, Textura, a amostra B= 5.067 tendo a maior média e a amostra A=4.467. amostra B=4,667 a que obteve a maior média e a amostra C=3,933 a que obteve a menor média. Porém, não foram evidenciadas diferenças significativas em nenhum dos atributos sensoriais avaliados, por esse motivo foi selecionada a formulação de menor custo, sendo a formulação A [25:45:30].

A Figura 1 mostra a verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos dados dos julgamentos dos provadores para os atributos de sabor.

Fig. 1 Resíduos para Sabor.



Fonte: O autor.

Análise e interpretação: Na Figura 1 observa-se:

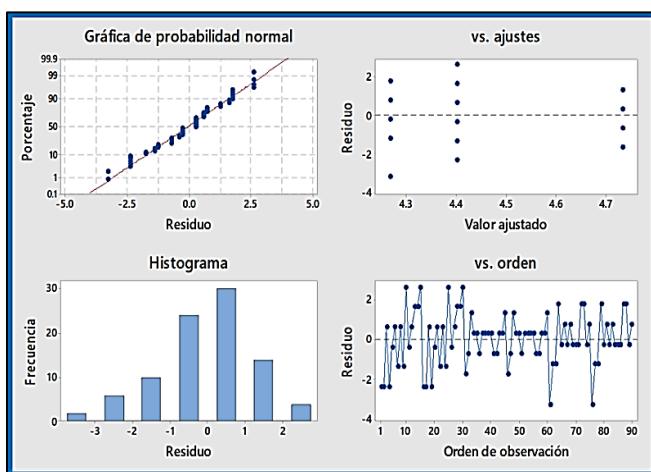
O gráfico de probabilidade normal apresenta os dados relativamente próximos da linha de distribuição normal ajustada. O valor de $p(0,1527)$ é maior que o nível de significância de 0,05. Portanto, a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal não pode ser rejeitada.

O gráfico Independência exibe os resíduos que são independentes e não mostram tendências ou padrões em ordem cronológica. Não há evidências de padrões ou correlação. Os pontos são colocados aleatoriamente ao redor da linha central.

Variância constante, os resíduos distribuídos aleatoriamente são exibidos e a variância nos diferentes tratamentos é aproximadamente igual.

A Figura 2 mostra a verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos dados dos julgamentos dos provadores para os atributos de odor.

Fig. 2 Resíduos de Odor



Fonte: O autor.

Análise e interpretação: A Figura 2 mostra:

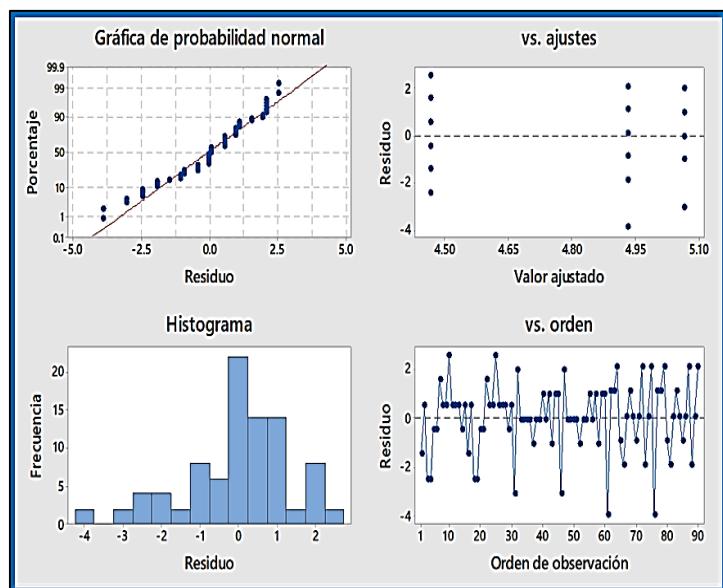
O gráfico de probabilidade normal apresenta os dados relativamente próximos da linha de distribuição normal ajustada. O valor de $p(0,3724)$ é superior ao nível de significância de 0,05. Portanto, a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal não pode ser rejeitada.

O gráfico Independência exibe os resíduos que são independentes e não mostram tendências ou padrões em ordem cronológica. Não há evidências de padrões ou correlação. Os pontos são colocados aleatoriamente ao redor da linha central.

Variância constante, os resíduos distribuídos aleatoriamente são exibidos e a variância nos diferentes tratamentos é aproximadamente igual.

Na Figura 3 fica evidente a verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade dos dados dos julgamentos dos painelistas para os atributos de consistência (textura).

Fig. 3 Resíduos de consistência (textura).



Fonte: O autor.

Análise e interpretação: Na Figura 11. Observa-se:

O gráfico de probabilidade normal apresenta os dados relativamente próximos da linha de distribuição normal ajustada. O valor de $p(0,2259)$ é maior que o nível de significância de 0,05. Portanto, a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal não pode ser rejeitada.

O gráfico Independência exibe os resíduos que são independentes e não mostram tendências ou padrões em ordem cronológica. Não há evidências de padrões ou correlação. Os pontos são colocados aleatoriamente ao redor da linha central.

Variância constante, os resíduos distribuídos aleatoriamente são exibidos e a variância nos diferentes tratamentos é aproximadamente igual.

4. DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos com a bebida nutracêutica em contraste com as hipóteses, fica evidente que existe um elevado aporte nutricional.

TABELA VIII

VALORES NUTRIENTES DA BEBIDA NUTRACÊUTICA (100 ML.) DE TUMBO (PASSIFLORA MOLLÍSIMA) E ARRACACHA (ARRACACIA XANTHORRHIZA)

PARÂMETROS	PARA	b	c
pH	3,80	3,85	3,92
°Brix	12,0	12,3	13,0

Fonte: O autor.

Tabela VIII: A formulação A (25:45) da bebida nutracêutica feita com suco de tubo e extrato de mandioca cobre as necessidades diárias dos nutrientes vitamina C, 100%, proteína 10,2%, cálcio 2,7-6,6%, ferro 9,4-23,5%, fósforo 5-14%, tiamina 7-30%). Consequentemente, confirma-se a hipótese alternativa que indicava que, ao formular uma bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), a contribuição nutricional será aumentou.

TABELA IX

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA BEBIDA NUTRACÊUTICA DE TUMBO (PASSIFLORA MOLLÍSIMA) FORTALECIDA COM ARRACACHA (ARRACACIA XANTHORRHIZA) POR ESCALA HEDÔNICA.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL	VRD(FAO-2001)
Vitamina c (mg)	69,9
Vitamina B (mg)	0,09
Cálcio (mg)	32,9
Ferro (mg)	1,41
Fósforo (mg)	56,38
Proteínas (g)	2,03

Fonte: O autor.

Na tabela IX: observa-se que as três formulações da bebida nutracêutica elaborada com suco de tubo e extrato de mandioca apresentam parâmetros físico-químicos adequados e não apresentam diferenças significativas. Consequentemente, confirmada a hipótese nula, com menor proporção de tubo (*Passiflora mollisima*) e mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) não é possível obter uma bebida nutracêutica com melhores características físico-químicas.

Os resultados obtidos estatisticamente nos levaram a realizar um contraste com as bases teóricas e antecedentes da pesquisa. Da mesma forma, são função dos objetivos e hipóteses propostas.

Os resultados obtidos foram representados de forma sistêmica, destacando a

existência de uma relação moderada entre as variáveis independentes e dependentes determinadas na presente investigação.

Da mesma forma, o resultado da presente investigação foi correlacionado com investigações anteriores nas quais foi determinada a existência de contribuição nutricional das bebidas nutracêuticas; também a existência de relação entre a formulação adequada de uma bebida nutracêutica e a aceitação sensorial de um produto seguro. Concluiu-se que existe uma relação entre um grau significativo de aceitação sensorial a 95%; Portanto, pode-se afirmar que a formulação ideal de uma bebida nutracêutica tem relação significativa com a contribuição nutricional e aceitabilidade sensorial.

Este resultado está de acordo com a pesquisa realizada por [11], que mostra a quantidade determinada de Vitamina C (mg/100ml) como compostos nutracêuticos presentes na formulação de bebidas dos produtos Mashua e Quinoa, Camú camu, Yacón e Tamarindo. quantidades de vitamina C: 68mg.,54,3mg. Este parâmetro define a bebida como um produto com excelente contribuição para a síntese de colágeno.

Da mesma forma, o que foi relatado por [1] em estudos realizados indica o ferro como composto nutracêutico (mg/100ml) na formulação de bebidas nutracêuticas de Mashua e Quinoa, Yacón e Tamarindo. Resultando, a quantidade de Ferro: 1,12mg.,1.07 mg, respectivamente. O que é menos do que o relatado na bebida nutracêutica de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortificada com mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*), que tem valor superior de 1,41 mg de Ferro. Este parâmetro define a bebida nutracêutica como um produto de fornecimento de minerais necessários ao crescimento e desenvolvimento do organismo.

Quanto ao conteúdo, relatado por [10] em estudos realizados indicam o teor de vitamina C: 62,14 mg. na formulação de bebida funcional à base de *Passiflora edulis* (maracujá), *Passiflora ligularis* (maracujá) e *Salvia hispanica* (chia). O que é inferior ao relatado na bebida nutracêutica de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortificada com mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*), que tem valor superior de 69,9mg. de vitamina C. Definindo-a como um produto de contribuição nutricional complementar na dieta alimentar.

Por outro lado, conforme referido por [18], em estudos realizados com uma bebida funcional à base de xarope de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) e suco de pitajaya (*Hylocereus ocamponis*), apresentaram o seguinte teor de pH: 4,18±0,01, sólidos solúveis 13,33±0,24°Bx, que apresentam parâmetros físico-químicos

superiores aos relatados na bebida nutracêutica Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortificada com mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*). Quanto à vitamina C, $0,5890 \pm 0,0229\text{mg}/100\text{mL}$ é um valor inferior comparado ao valor de 69,9mg relatado para a bebida nutracêutica tumbo com mandioca. Este parâmetro define a bebida como um produto com bom teor de vitaminas.

Da mesma forma, ao que [3] se refere, na produção de uma bebida refrescante à base de polpa de noni (*Morinda citrifolia*) e outras frutas. Indicam valores em 100ml do produto, proteína 0,1(g), cálcio 2,54(mg), ferro 0,05(mg), fósforo 2,02(mg), vitamina C 12,93(mg), carboidratos 2,01(g).

O que é menos do que o relatado na bebida nutracêutica de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortificada com mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*), que tem maior valor em proteína 2,03(g), cálcio 32,9(mg), ferro 1,41 (mg), fósforo 56,38 (mg), vitamina C 69,9 (mg), carboidratos 28,50 (g). Definindo-o como um produto de contribuição nutricional complementar na dieta alimentar.

Os resultados obtidos com a bebida nutracêutica Tumbo e Arracacha estão de acordo com os valores de ingestão dietética recomendados por [8] para:

Proteína: Fórmula A aceita pelos provadores, apresentou teor proteico de 2,03 g/100 ml. Com base nas necessidades diárias de proteínas de [8], para crianças de acordo com a Tabela VIII. A bebida nutracêutica fornece 10,2% de proteína, diferença que a criança deve compensar com sua alimentação normal (carne, leite, ovos).

Para homens, mulheres, gestantes e lactantes conforme Tabela VIII. Contribuições dietéticas recomendadas, a fórmula aceita fornece aproximadamente 3% de proteína, a diferença deve ser compensada com uma dieta normal.

Vitamina “C”: Fórmula A aceita pelos provadores, apresentou teor de vitamina “C” de 69,9 g/100 ml. Com base na ingestão diária de vitaminas recomendada por [8], Tabela VIII. O consumo diário desta bebida cobre 100% das necessidades de vitamina “C” de crianças, adultos, grávidas e lactantes.

Cálcio: Para crianças, homens, mulheres, gestantes e lactantes conforme Tabela VIII da RDA. Esta bebida nutracêutica fornece aproximadamente entre 2,7-6,6% de cálcio, a diferença deve ser compensada com alimentos, como: leite, ovos, sementes de gergelim, entre outros.

Ferro: Para crianças, homens, mulheres, mulheres grávidas e lactantes de acordo com as Dotações Dietéticas Recomendadas. Tabela VIII. A bebida nutracêutica fornece aproximadamente entre 9,4-23,5% de ferro, a diferença deve ser

compensada com alimentos, como: fígado, lentilha, verduras, entre outros.

Fósforo: Para crianças, homens, mulheres, grávidas e lactantes de acordo com a ingestão alimentar recomendada. Tabela VIII. A bebida nutracêutica fornece aproximadamente entre 5-14% de fósforo, a diferença deve ser compensada com alimentos, como peixes, e sua alimentação normal.

Tiamina: Para crianças, homens, mulheres, grávidas e lactantes de acordo com as Dotações Dietéticas Recomendadas. Tabela VIII. Esta bebida nutracêutica fornece aproximadamente entre 7-30% de tiamina, a diferença deve ser compensada com a sua alimentação normal.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada permite concluir que: Com a formulação de suco de tumbo 25 e extrato de mandioca 45 é possível preparar uma bebida nutracêutica de alto teor nutricional (Proteínas 2,03 g./100 ml., Carboidratos 28,50g./ 100 ml. Gorduras 1,3 g/100 ml, Vitamina "C" 69,9 mg/100 ml, Cálcio 32,9 mg/100 ml, Ferro 1,41 mg/100 ml, Calorias 95,8 Kcal.), de elevada qualidade físico-química (3,8 pH e 12,0° brix) e boa aceitabilidade (4.4).

Ao formular uma bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*), serão atendidas as necessidades diárias de nutrientes (vitamina c 100%, proteína 10,2%, cálcio 2,7-6,6%, ferro 9,4-23,5%, fósforo 5-14%, tiamina 7-30%). Com menor proporção de tumbo (*Passiflora mollisima*) e mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) não é possível obter uma bebida nutracêutica com melhores características físico-químicas (3,8 pH e 12,0°brix).

A formulação de bebida nutracêutica à base de Tumbo (*Passiflora mollisima*) fortalecida com extrato de mandioca (*Arracacia xanthorrhiza*) não apresentou diferenças em termos de aceitabilidade, sendo esta elevada nas três formulações testadas.

Os resultados obtidos neste estudo abrem portas para futuras pesquisas que permitam otimizar a formulação utilizando a metodologia Taguchi-metodologia de superfície de resposta, avaliar o efeito do tratamento térmico, determinar se afeta as vitaminas ou outros nutrientes presentes, realizar este tipo de pesquisa com as variedades roxa e branca da mandioca, para avaliar seu perfil nutricional, teste com outros RTA'S (Tubérculos de Raízes Andinas) promissores.

REFERÊNCIAS

- Ascuña, Y., Lira, J. e Mourão, P. (2000). Projeto de pré-viabilidade para produção de polpa de camu. Peru.
- Altamirano, S. (2013). Desenvolvimento de bebida funcional à base de extrato de muícula (*Justicia spicigera*). Programa educacional de tese em Engenharia de Alimentos. Universidade de Veracruz. Tese, Xalapa- México.
- Cabrera, D. (2013). “Produção de bebida refrescante à base de polpa de noni (*Morinda citrifolia*) e outras frutas.” Tese Instituto Politécnico Nacional, Unidade Profissional Interdisciplinar de Biotecnologia. México.
- Calvo, B. (2013). “Nutrição, Saúde e Alimentos Funcionais”. Espanha: Arazandi.
- Calçada. (1966). “Métodos estatísticos para pesquisa.” Lima, 1966.
- Coronado Mayta, R., (2019). “Metodología do Extrato de Cenoura Branca”. Universidade Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho-Peru.
- De Florio Ramírez, E., (1995). Produção de geléia, UNJBG. Trabalho de pesquisa não publicado.
- FAO/OMS/ ONU. (Março de 2001), “Guia técnico sobre necessidades energéticas e nutricionais para a população peruana”. Recuperado de <https://web.ins.gob.pe/>
- FAO/OMS. (1985). Recomendações dietéticas diárias de ferro de acordo com faixa etária e sexo.1985.
- Hodetd *et al.*, (2018), Universidade Nacional José Faustino Sánchez Carrión do Peru.
- Howerde, S. (2002). Ácido ascórbico. Química, estrutura e propriedades químicas.
- Naranjo, G. (2008). (Abril de 2021) Bebidas funcionais “Uma necessidade saudável”. Obtido da revista I Food. Obtido em <http://revistaalimentos.com/ediciones/edicion4-2/bebidas/bebidas-funcionales-una-necesidad-saludable.htm>
- NTP 203. 110, (2009). Norma técnica peruana voltada para sucos, néctares e sucos de frutas. Recuperado de <https://www.indecopi.gob.pe/>
- NTSN.º071-Minsa/Digesa-V.01, (2008). Norma sanitária para alimentos para consumo humano. Recuperado de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/>
- Pedrero, D. (1989). “Avaliação sensorial dos alimentos.” Métodos analíticos. Alhambra Mexicana. México.
- Quezada, T. (2014). “Preparação de uma bebida funcional do tipo “Refrescante” à base de linhaça aromatizada com abacaxi: Estudo do prazo de validade e contribuição nutricional da formulação.” Universidade Técnica de Machala-Equador.

Machala-Ecuador.

Sánchez, E. (2018), Programa educacional de tese em Engenharia de Alimentos. Universidade Autônoma de Sinaloa, México.

Torres, *et al.*, (2021). Universidade Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Jiménez, F. (2005) Lima. EDUCAÇÃO FÍSICA. Obtido em
<http://www.faviolajimenez.com/wpcontent/uploads/2012/08/001arracacha.pdf>

CAPÍTULO 03

INTEGRANDO CSP COM LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO (INTEGRATING CSP WITH PROGRAMMING LANGUAGES)

Amintas Victor Ramos Pereira

Bacharel em Ciência da Computação

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

End.: R. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

E-mail: amintas.pereira@ccc.ufcg.edu.br

Adalberto Cajueiro de Farias

Doutor em Ciência da Computação

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

End.: R. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

E-mail: adalberto@computacao.ufcg.edu.br

RESUMO: CSP consiste numa linguagem de especificação que permite uma abordagem baseada em refinamento (tornando um modelo abstrato mais concreto) e o uso de construções abstratas e expressivas para capturar diversos aspectos, representando comportamentos de maneira precisa. Sua popularidade se deve à possibilidade de executar as especificações diretamente, ao invés de se estabelecer um mapeamento para outra linguagem. Apesar de estarem disponíveis ferramentas para CSP, a dificuldade de utilizá-las, seja na escrita ou na apresentação de relações, somada a uma crescente demanda, fez surgir a necessidade de investigar o mapear desta notação para linguagem Go ou framework AKKA, bem como de ser implementada uma ferramenta que não apenas agregue funcionalidades como manipulação e compreensão textual e gráfica da linguagem, mas que também o faça de maneira mais prática e didática.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos Formais; AKKA; Go; CSP; Animador.

ABSTRACT: CSP consists of a specification language that allows an approach based on refinement (making an abstract model more concrete) and the use of abstract and expressive constructions to capture several aspects, accurately representing behaviors. Its popularity is due to the possibility of executing the specifications directly, instead of establishing a mapping to another language. Although tools for CSP are available, the difficulty of using them, whether in writing or in the presentation of relations, together with a growing demand, made it necessary to investigate the mapping of this notation to Go language or AKKA framework, as well as be implemented a tool that not only adds functionalities such as the textual and graphic manipulation and comprehension of the language, but also in a more practical and didactic way.

KEYWORDS: Formal Methods; Akka; Go; Csp; Animator.

1. INTRODUÇÃO

A CSP (Concurrent Sequential Processes) pode ser compreendida como uma notação que, da mesma forma que as demais pertencentes à álgebra de processos, trata da comunicação e da interação entre processos do ponto de vista algébrico; mas também pode ser entendida como uma linguagem de especificação utilizada como meio para apreender sobre sistemas concorrentes, bem como decidir acerca da satisfação de um programa a um determinado conjunto de requisitos.

Após a captura de requisitos, as especificações CSP são refinadas algebricamente a um modelo mais concreto e próximo da implementação, visando o desenvolvimento de sistemas cuja interação entre processos pode ocorrer interna ou externamente. Recentemente, ela vem ganhando espaço principalmente devido à possibilidade de, ao invés de derivar código mapeando sintática e semanticamente para uma linguagem de programação com construções próximas de CSP, poder executar sistemas escritos nesta notação.

Existem hoje ferramentas usuais para CSP: o ProBE, que consiste num animador relativamente simples, o PAT e o FDR, utilizados para fins de verificação formal, sendo este último considerado verificador de modelos padrão. No sentido de animação e execução, houve propostas como o uso de JCSP (uma biblioteca Java), mas havia grande dificuldade em lidar com threads, e o mapeamento para Scala através de CSO (Communicating Sequential Objects), porém ainda demandava de código escrito para adaptações. No entanto, duas alternativas surgiram: o framework AKKA, que simplifica a construção de aplicações concorrentes e distribuídas em Java, e a linguagem Go, que possui conceito de canais similar ao de CSP.

Este projeto busca permitir a execução de processos CSP como atores AKKA ou processos Go, além de desenvolver um animador que permita a manipulação e compreensão de CSP em nível mais alto de abstração, tornando sua compreensão mais objetiva e didática.

2. MATERIAIS E MÉTODOS (OU METODOLOGIA)

Foram utilizadas as seguintes referências como materiais que auxiliaram na realização da pesquisa:

1. Roscoe, A. W. (1997). The Theory and Practice of Concurrency.

Prentice Hall.[1]

2. Hoare, C. A. R. (1985). Communicating Sequential Processes. Prentice Hall.[2]

Foram utilizadas as seguintes ferramentas previamente implementadas:

1. FDR versão 4;
2. ProBE.

Para melhor aproveitamento da pesquisa, foram definidas algumas atividades a serem realizadas, as quais estão enumeradas a seguir:

1. Estudar CSP como linguagem de especificação e compreender seus aspectos semânticos e sintáticos;
2. Compreender o processamento paralelo e concorrente no framework AKKA;
3. Aprofundar conhecimentos sobre a linguagem Go, seu conceito de canais e sua sincronização de processos através deles;
4. Aprender sobre as interações entre processos em um sistema especificado pela linguagem em questão e representá-las através de grafos;
5. Publicar os resultados obtidos com a finalidade de validá-los perante a comunidade científica.

3. DESENVOLVIMENTO

Durante o desenvolvimento do projeto, houve o acompanhamento semanal das atividades realizadas, além de ter sido disposto um computador para aquelas que envolviam implementação. O cronograma referente ao período de julho de 2017 a agosto de 2018 foi desenvolvido da seguinte forma: primeiramente, foram realizadas atividades que visavam a compreensão e o aprofundamento sobre as linguagens e framework abordados, em especial sob a ótica da concorrência e do paralelismo; em seguida, deu-se início a fase de implementação da ferramenta e, por fim, o cronograma foi concluído com a geração de publicações para divulgar os resultados obtidos.

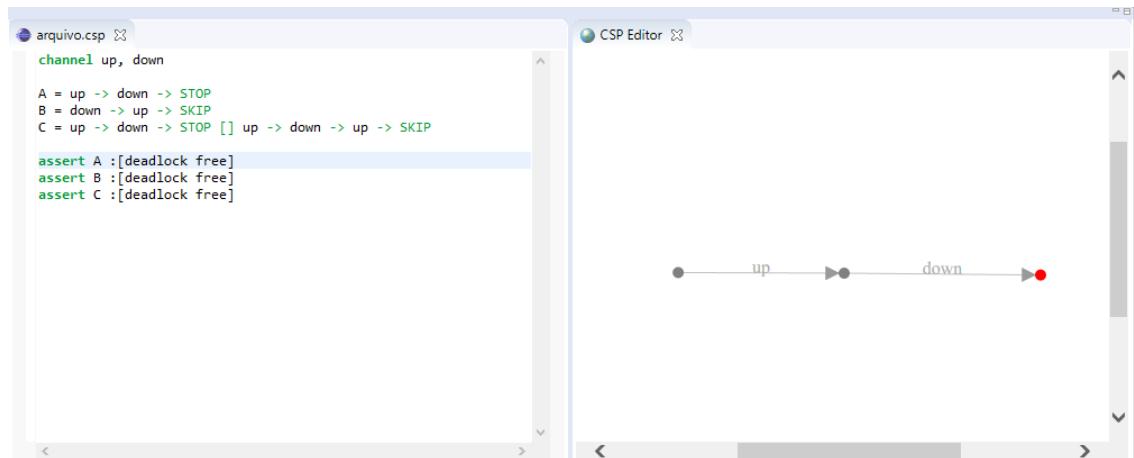
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De início, realizou-se um estudo sobre as especificações CSP, seja do ponto

de vista estrutural como também acerca de como são modeladas as normas que regem um sistema, utilizando fontes bibliográficas e plataformas previamente implementadas como o FDR. Tal estudo proporcionou a compreensão não apenas da linguagem, mas também da capacidade de modelar e representar por meio de grafos as relações estabelecidas entre processos. Com isso, tornou-se possível a implementação do animador CSP Graphviz^[3]: uma ferramenta para modelagem gráfica, utilizando Java 1.8, HTML5 e a biblioteca D3.js, para a visualização destas interações através de um browser.

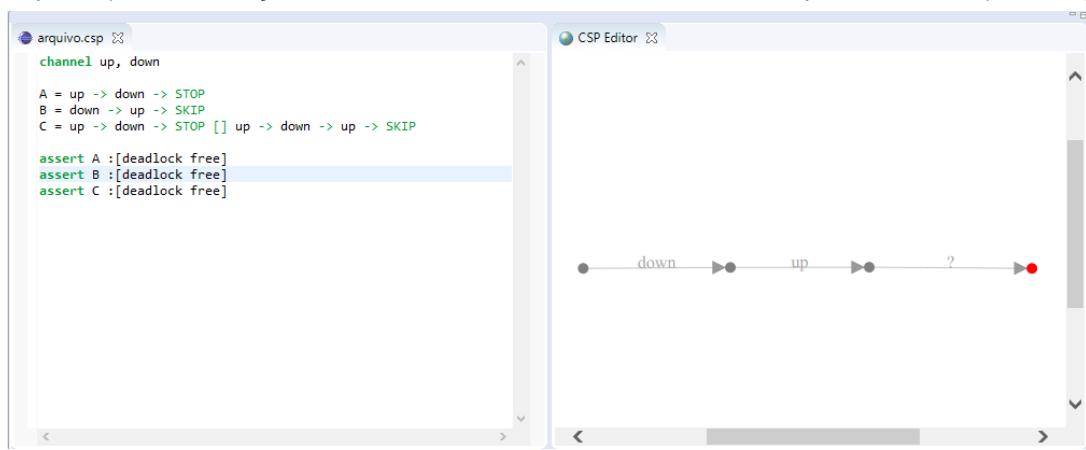
Tal ferramenta foi integrada a um editor de texto com analisador semântico e sintático para CSP, permitindo uma maior manipulação das estruturas abordadas pela linguagem, associada a uma maior compreensão destas últimas em vários níveis de abstração.

Figura 1: Neste exemplo, vemos uma visualização de *deadlock* gerado pelo animador (à direita), a partir da definição de um processo A que leva a um estado terminal de falha (à esquerda).



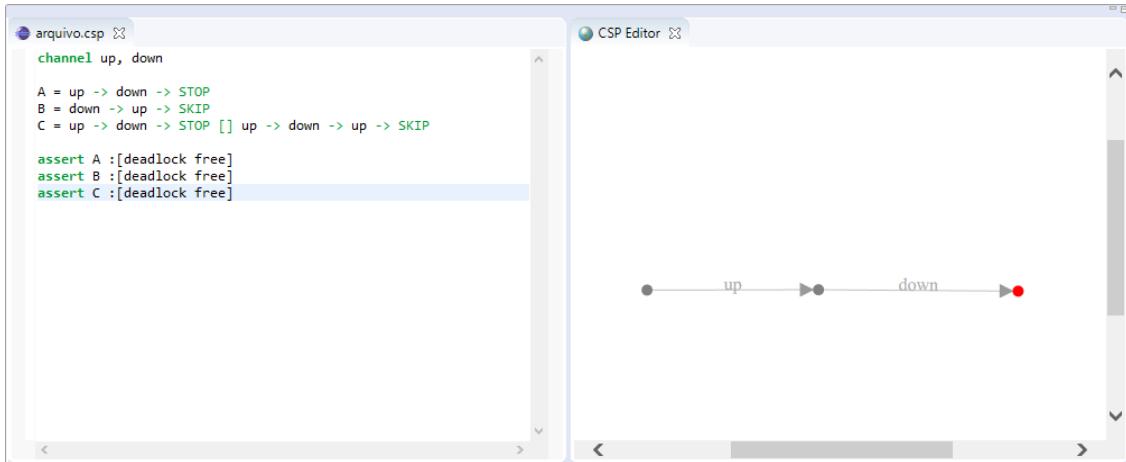
Fonte: <https://github.com/amintasvrp/csp-graphviz/blob/master/docs/process-a.png>

Figura 2: Observamos que, como o processo B indica levar a um estado terminal de sucesso (à esquerda), a visualização de *deadlock* e casos de falha é indefinida pelo animador (à direita).



Fonte: <https://github.com/amintasvrp/csp-graphviz/blob/master/docs/process-b.png>

Figura 3: Nota-se que, mesmo com a definição do processo C apresentando escolha determinística (à esquerda), a visualização de casos de falha é apresentada pelo animador (à direita).



Fonte: <https://github.com/amintasvrp/csp-graphviz/blob/master/docs/process-c.png>

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo das ferramentas existentes para CSP, aliado ao aprofundamento sobre frameworks e linguagens sob a perspectiva concorrente e paralela, foi identificada a necessidade de uma ferramenta que fosse tão robusta e amigável quanto simples e didática ao usuário. Nesse sentido, para tal notação foi implementado um animador, um conversor de modelos gráficos, o qual foi associado a um editor e um analisador, permitindo ainda mais abstração para aqueles que lidarem com especificações CSP.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Amintas Eduardo Pereira Júnior e Hilária Ramos Pereira, por todo apoio ao longo desta jornada; ao meu orientador, Adalberto Cajueiro de Farias, pela disposição a me orientar e me proporcionar aprendizado durante todo o período deste projeto PIBIC/CNPq-UFCG; e finalmente ao próprio CNPq, por apoiar e financiar projetos como este. O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS

- [1]. Roscoe, A. W. (1997). The Theory and Practice of Concurrency. Prentice Hall.
- [2]. Hoare, C. A. R. (1985). Communicating Sequential Processes. Prentice Hall.
- [3]. CSP Graphviz. <https://github.com/amintasvrp/csp-graphviz>.

CAPÍTULO 04

ADIÇÃO COMBINADA DE MICROFIBRAS E MACROFIBRAS DE PET PARA OTIMIZAR AS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DO CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, LIMA, 2023

Karla Gabriela Gamarra Benavente

Bacharela em Engenharia Civil

Instituição: Universidade César Vallejo

Endereço: km 8,2, Carr. Central, Distretto di Ate 15487

E-mail: kgamarrab@ucvvirtual.edu.pe

Andrew Stwars Sánchez Chávez

Bacharel em Engenharia Civil

Instituição: Universidade César Vallejo

Endereço: km 8,2, Carr. Central, Distretto di Ate 15487

E-mail: asanchezcha@ucvvirtual.edu.pe

Luis Alfonso Juan Barrantes Mann

Mestre em Gestão de Projetos de Engenharia

Instituição: Universidade Nacional Federico Villareal (UNFV)

Endereço: Jr. Carlos González 285, Urb. Maranga, San Miguel Lima, Peru

E-mail: abarrantesma@ucvvirtual.edu.pe

Leopoldo Choque Flores

Doutor em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nacional Federico Villarreal (UNFV)

Endereço: Jr. Carlos González 285 Urb. Maranga, San Miguel

E-mail: lchoquef@ucv.edu.pe

RESUMO: O objetivo principal foi otimizar as propriedades físico-mecânicas do concreto estrutural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ através da adição combinada de microfibras e macrofibras de PET nas proporções de 1,5% MiF + 0,5% MaF, 1,5% MiF + 1,5% MaF, 2,5% MiF + 0,5% MaF e 2,5% MiF + 1,5% MaF em substituição ao agregado miúdo. Os resultados obtidos mostraram que a adição de 1,5% MiF + 0,5% MaF conseguiu efetivamente obter uma melhora de 12,09% em sua resistência à compressão e de 15,72% em sua resistência à flexão, enquanto em testes físicos como assentamento e unidade de peso, uma ligeira redução foi denotada.

PALAVRAS-CHAVE: Microfibras; Macrofibras; PET; Propriedades; Otimização.

ABSTRACT: The main objective was to optimize the physical-mechanical properties of structural concrete $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ through the combined addition of PET microfibers and macrofibers in the proportions of 1.5% MiF + 0.5% MaF, 1.5% MiF + 1.5% MaF, 2.5% MiF + 0.5% MaF and 2.5% MiF + 1.5% MaF replacing fine aggregate. The results obtained showed that the addition of 1.5% MiF + 0.5% MaF effectively managed to obtain an improvement of 12.09% in its resistance to compression and of 15.72% in its resistance to flexion, while in physical tests as settlement and unit of weight, a slight reduction was denoted.

KEYWORDS: Microfibers; Macrofibers; PET; Properties; Optimization.

1. INTRODUÇÃO

O concreto, que é o principal componente em construção, envolve a participação da maioria dos especialistas da área em sua preparação, transporte e manutenção. Esses profissionais podem cometer erros significativos que resultam na deterioração do concreto. Deficiências em aspectos como fabricação, instalação ou processo de cura podem afetar diretamente o desempenho e a excelência do concreto (Sandoval *et al.*, 2023, p. 1).

Em nível internacional, temos Liu (2022) que mencionou que em Xangai, na China, a fissuração do concreto era um problema comum na elaboração de elementos estruturais como vigas, esse problema surgiu em idade precoce devido às variações de temperatura e ao estresse criado durante o Endurecimento, somado à cura inadequada e deformações devido a dimensões muito grandes, provocaram uma deflexão excessiva sobcarga imposta, tendo-se gerado também em alguns troços da estrutura. Assim, foram identificadas as causas do aparecimento de fissuras e fissuras, concluindo-se que é fundamental dar soluções eficazes a estas deficiências (p. 2).

Da mesma forma, Maruyama e Lura (2019) comentaram que, na Suíça na hora de fazer o concreto para vigas, na fase de endurecimento, uma descarga de calor causada pela decomposição de certos componentes na hidratação do cimento, levou a a manifestação de deformações por expansão e posterior contração em diferentes partes do elemento estrutural, exercendo forças compressivas e de flexão na parte externa, que causaram a formação de fissuras na superfície, reduzindo significativamente a resistência proposta no projeto inicial (p. 3).

Por outro lado, temos Pise *et al* (2021) que afirmou que o conglomerado artificial também conhecido como concreto, tinha alta capacidade e resistência à compressão, porém, tinha tendência a baixa resistência a esforços mecânicos, o que resultou no colapso das vigas. Por esta razão, na Índia, procurou-se mitigar as falhas do concreto devido a tensões causadas principalmente por fissuras derivadas de um excesso de exsudação nas misturas durante a pega, comprometendo a resistência às tensões durante a secagem e após o endurecimento do elemento, isto fez com que o elemento estrutural não tivesse um desempenho adequado e, consequentemente, fossem necessárias reparações constantes para cumprir o tempo determinado (p. 2).

Tomando como referência o distrito de Inclán, cidade de Tacna, devido ao fato

de que às vezes eram feitas misturas deficientes para vigas, o que consequentemente causava efeitos de exsudação no concreto, o que fazia com que durante o endurecimento dos elementos eles rachassem e gerassem problemas quanto à a resistência e determinado tempo de uso que a estrutura deveria ter, portanto, Saucedo, Atoche e Muñoz (2021) contemplaram a necessidade de torná-la mais dúctil e minimizar a fissuração da mistura endurecida, causada por um desequilíbrio químico na relação água-cimento comprometer a resistência à flexão e à tração de elementos como vigas, buscando alternativas que melhorem as propriedades do concreto (p. 2)

Da mesma forma, Mendoza *et al.* (2023) comentaram que a inovação na produção de um concreto melhorado com materiais reciclados é benéfica para a mistura e para o meio ambiente, alguns desses acréscimos podem se beneficiar de acordo com a proporção em que é colocado (p. 3).

Por outro lado, Almeida *et al.* (2023) que afirmaram que atualmente em Lima o campo da construção requer um bom desenvolvimento de concreto de alta qualidade e comportamento pós-fissuração adequado, por isso apresentaram alguns casos de edifícios elementos que os compõem em mau estado devido à fato de não terem exercido as tensões necessárias para flexão e compressão devido a fissuras no concreto por exsudação de água para a superfície do elemento estrutural na etapa de secagem, ocasionando o aparecimento de fissuras ou trincas (p. 1-2). Com o exposto, é que as propriedades de diferentes tipos de fibras foram investigadas para minimizar a probabilidade de produzir algum tipo de problema como fissura ou trinca em idade precoce.

O objetivo geral é o seguinte: Otimize as propriedades físico-mecânicas do concreto estrutural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ através da adição combinada de microfibras e macrofibras de PET.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.1.1 PET microfibras

Microfibras de PET, determinadas como pequenas fibras com um comprimento de 50 mm. e um denier de 1,5 mm, o que permitiu obter resultados diferentes dependendo do tamanho e proporção em que foi adicionado ao concreto, como a proporção de 1,5% e 0,5%, em que foi denotado que houve uma melhora aceitável as

propriedades mecânicas, porém uma leve redução nas propriedades físicas do concreto.

2.1.2 PET macrofibras

Macrofibras de PET, determinadas como fibras ligeiramente maiores que as macrofibras com tamanho de 80 mm. de comprimento e um denier de 2,5 mm., o que permitiu obter resultados diferentes da amostra de concreto padrão, que se apresentou de acordo com o tamanho e a proporção em que foi adicionado ao concreto, dos quais 0,5% e 1,5% foram adicionados, dos quais foi observada uma melhoria nas propriedades mecânicas, como resistência à flexão e uma ligeira redução no recalque e no peso unitário.

2.1.3 Caracterização de fibras de tereftalato de polietileno em microfibras e macrofibras

Para otimizar ou melhorar as propriedades físico-mecânicas do concreto, já que é um material abundante e sempre presente na sociedade, seria bom dar um segundo uso a este material. Abaixo estão as características do material estudado em laboratório para determinar o quanto conveniente pode ser ao adicioná-lo como agregado miúdo para concreto na tabela 1.

Tabela 1: Caracterização de fibras de tereftalato de polietileno

Teste de caracterização	Unidade	Efluentes para descargas de água
Comprimento da fibra	mm.	50 e 80
Grossura	mm.	1,5 e 2,5
Densidade	kg/cm ³	1350
Força compressiva	MPa	115 - 128
Resistência à tracção	MPa	59 a 72
Temperatura de fusão	°C	244 - 254
Resistência ao impacto	J/mm	0.275

Fonte: Os autores, 2023.

2.2 Ensaios

2.2.1 Novos testes

2.2.1.1 Peso unitário

Peso unitário, também conhecido como peso por m³ de uma determinada mistura de concreto. Pode ser um concreto leve ou um concreto pesado, mas o peso do concreto convencional varia entre 2.200 kg/m³ e 2.400 kg/m³.

2.2.1.2 Povoado

O recalque, ou também conhecido como Slump, foi originalmente um método importante para testar a trabalhabilidade do concreto fresco, além disso, deve-se levar em consideração a NTP 339.035, na qual indica que o recalque realizado deve estar na faixa de 38 a 70 mm. ou seja, entre 1,5 a 2,76 pol., este teste é realizado com o cone Abrams.

2.2.2 Testes em estado endurecido

2.2.2.1 Teste de compressão

Resistência à compressão, que é conceituada como a qualidade das cargas de suporte antes que o elemento falhe devido à ruptura. Da mesma forma, este teste permite dar uma ideia geral de como um elemento estrutural se comportará. Este teste é regido pelo padrão ASTM C 39-07.

2.2.2.2 Teste de flexão

A Resistência à Flexão é o parâmetro mecânico do material, esta é definida como a qualidade do material em resistir à deformação sob carga que gera flexão ou curvatura, sendo essencial para garantir a estabilidade e integridade estrutural em elementos sujeitos a cargas de flexão, da qual é regido de acordo com a norma ASTM C 78.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados de peso unitário do concreto

A Tabela 2 apresenta as informações obtidas do ensaio de massa unitária do concreto tanto para o grupo experimental quanto para o grupo controle, o que permitiu determinar o quanto de variação existe entre as amostras, das quais foi percebida uma leve redução de massa. assim que mais fibras de tereftalato de polietileno são colocadas, das quais foram obtidos os seguintes resultados: a amostra de controle obteve um peso unitário de 2499 kg/m³, em contraste com as amostras experimentais como 1,5% MiF + 0,5% MaF que obtiveram um peso unitário de 2426 kg/m³, da mesma forma adicionando 2,5% MiF + 0,5% MaF obteve um peso unitário de 2404 kg/m³, por outro lado adicionando 1,5% MiF + 1,5% MaF obteve um peso unitário de 2397 kg/ m³ e, finalmente, adicionando 2,5% de MiF e 1,5% de MaF, obteve-se um peso unitário de 2388 kg/m³.

Tabela 2: Peso unitário do concreto padrão e experimental

Ensaio N°	Padrão	Teste de peso unitário			
		G1 (1.5% MiF + 0.5% MaF)	G2 (2.5% MiF + 0.5% MaF)	G3 (1.5% MiF + 1.5% MaF)	G4 (2.5% MiF + 1.5% MaF)
1	2501	2419	2396	2398	2388
2	2505	2423	2397	2397	2389
3	2491	2435	2419	2397	2387
Média (kg/m³)	2499	2426	2404	2397	2388

Fonte: Os autores, 2023.

3.2 Resultados de assentamento do concreto

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos com o recalque do concreto realizado na fase fresca do concreto, para o qual se determina a trabalhabilidade do material conforme as diferentes proporções são colocadas.

Tabela 3: Trabalhabilidade do concreto padrão e do concreto experimental

Ensaio N°	Padrão	Teste de assentamento			
		Amostras Experimentais			
		G1 (1.5% MiF + 0.5% MaF)	G2 (2.5% MiF + 0.5% MaF)	G3 (1.5% MiF + 1.5% MaF)	G4 (2.5% MiF + 1.5% MaF)
1	4"	3"	2.5"	2"	1.5"
2	4.25"	3.5"	2"	2"	1.75"
3	4"	3.5"	2.5"	2.25"	1.5"
Média (polegadas)	4"	3.5"	2.5"	2"	1.5"
Média (centímetros)	10.16	8.89	6.35	5.08	3.81

Fonte: Os autores, 2023.

3.3 Ensaio de resistência à compressão a 28 dias

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos no teste de compressão, para o qual foi observado que o primeiro grupo experimental com uma relação de 1,5% MiF e 0,5% MaF obteve um resultado significativamente melhorado de 248,53 kg/cm², mas a partir do terceiro grupo experimental os resultados obtidos já não eram muito favoráveis, ou seja, a resistência diminuiu em relação ao concreto padrão.

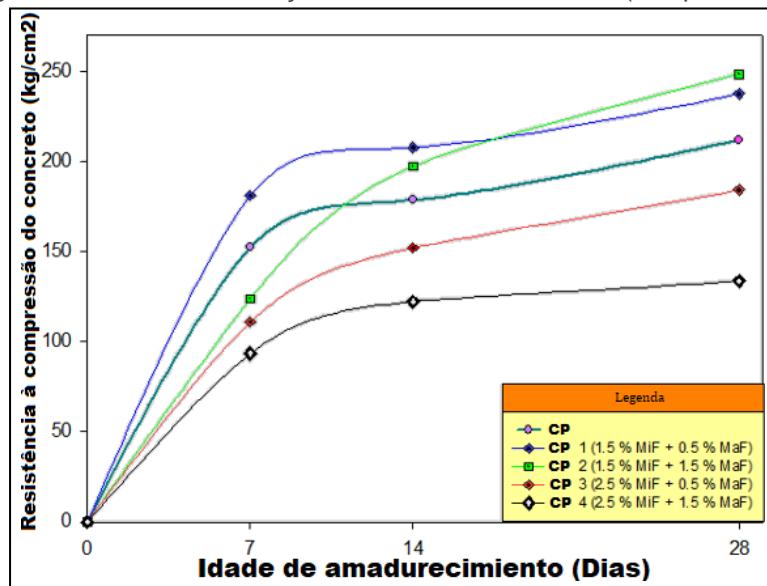
Tabela 4: Resistência à compressão aos 28 dias.

Amostra	Idade (dias)	Data de moldagem	Data da quebra	Carga máxima (kgf)	Área (cm ²)	Resistência(kg/cm ²)	Média
Concreto Padrão	28	17/05/2023	14/06/2023	16864.7	78.5	214.7	212.03
	28	17/05/2023	14/06/2023	16571.9	78.5	211.0	
	28	17/05/2023	14/06/2023	16523.7	78.5	210.4	
1.5% MiF + 0.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	18356.5	78.5	233.7	237.67
	28	17/05/2023	14/06/2023	19019.7	78.5	242.2	
	28	17/05/2023	14/06/2023	15639.2	78.5	237.1	
1.5% MiF + 1.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	16609.1	78.5	248.5	248.53
	28	17/05/2023	14/06/2023	19335.4	78.5	246.2	
	28	17/05/2023	14/06/2023	19706.9	78.5	250.9	
2.5% MiF + 0.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	16228.3	78.5	184.6	184.33
	28	17/05/2023	14/06/2023	12532.7	78.5	179.6	
	28	17/05/2023	14/06/2023	14827.4	78.5	188.8	
2.5% MiF + 1.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	10018.4	78.5	127.6	133.70
	28	17/05/2023	14/06/2023	10890.8	78.5	138.7	
	28	17/05/2023	14/06/2023	10583.5	78.5	134.8	

Fonte: Os autores, 2023.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos com os grupos concreto padrão e experimental, a curva de maturação com os dados adquiridos pode ser vista na figura 1.

Figura 1: Curva de maturação do concreto aos 28 dias (compressão)



Fonte: Os autores, 2023.

3.4 Ensaio de resistência à flexão a 28 dias

A tabela 5 mostra os achados do teste de resistência à flexão de 28 dias, também foi possível observar que o grupo com proporção de 1,5% MiF + 0,5% MaF obteve uma melhora de 15,72% onde foi obtida uma resistência média de 52,50 kg/cm², da mesma forma o grupo controle obteve uma média de 45,37 kg/cm².

Tabela 5: Resistência à flexão do concreto aos 28 dias

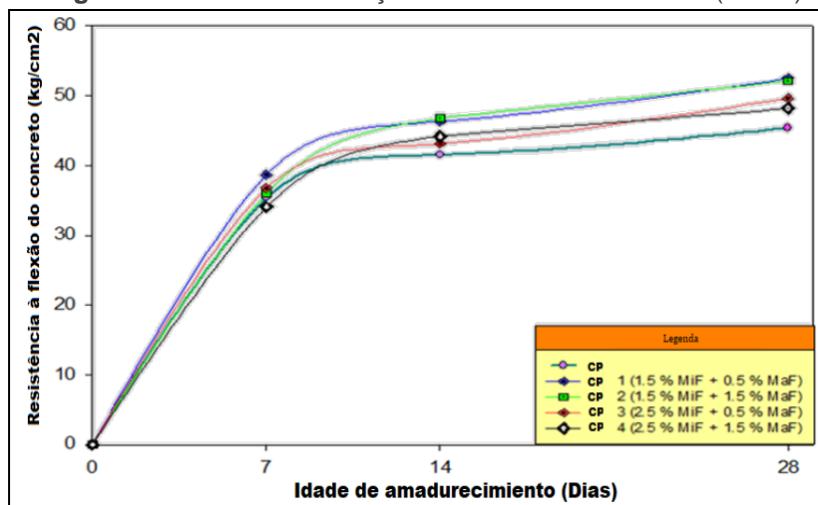
Amostra	Idade (dias)	Data de moldagem	Data da quebra	Luz livre (cm)	Resistência (kg/cm ²)	Média
Concreto Padrão	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	46.1	45.37
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	43.7	
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	46.3	
1.5% MiF + 0.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	51.7	52.50
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	59.6	
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	46.2	
1.5% MiF + 1.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	52.6	52.17
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	49.9	
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	54.0	
2.5% MiF + 0.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	44.7	49.63
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	56.8	
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	47.4	
2.5% MiF + 1.5% MaF	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	41.7	48.23
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	51.6	
	28	17/05/2023	14/06/2023	45.0	51.4	

Fonte: Os autores, 2022.

Da mesma forma, para um melhor entendimento sobre o comportamento da

resistência à flexão do concreto padrão e grupos experimentais, será visualizado na figura 2.

Figura 2 - Curva de maturação do concreto aos 28 dias (flexão).



Fonte: Os autores, 2023.

4. CONCLUSÕES

1. O peso unitário do concreto tem obtido valores diversos, sendo que a amostra padrão é obtida em 2499 kg/m³, enquanto o primeiro grupo experimental obtém um peso unitário de 2426 kg/m³ denotando uma variação de 2,92% em decréscimo, no outro lado, o segundo grupo experimental obteve 2404 kg/m³ denotando uma variação de 3,80% na diminuição, por outro lado, o terceiro grupo experimental obteve 2397 kg/m³ denotando uma variação de diminuição de 4,08% e por fim o quarto grupo experimental obteve uma peso unitário de 2388 kg/m³ denotando uma variação de 4,44% na diminuição, concluindo que quanto maior a quantidade de microfibras e macrofibras PET adicionadas ao concreto, o peso unitário diminui gradativamente, o que foi benéfico para os pesquisadores, pois desejava aplicar em feixes.

2. O assentamento do concreto obteve diversos valores, dos quais foi possível obter para a amostra padrão 4" no estado plástico do concreto, enquanto para o grupo experimental CP1 (1,5% MiF e 0,5 MaF) o valor aproximado foi de 3,5 ", apresentando uma variação negativa de 12,5% em relação ao padrão, da mesma forma, para CP2 (15% MiF e 1,5 MaF) variou 37,5% com 2,5" de assentamento, CP3 (2,5% MiF e 0,5 MaF) obteve 2 "com uma diferença de 50%,

posteriormente para o grupo experimental CP4 (2,5% MiF + 1,5% MaF) obteve uma variação negativa de 62,50% com um resultado de 1,6" correspondentemente. Onde se conclui que o grupo experimental mais próximo do padrão é o CP1, que apresentou uma modificação de 12%, porém, afirma-se que aumentando os percentuais de PET na mistura, reduz-se sua plasticidade e sua maneabilidade.

3. Nos ensaios de concreto com adição combinada de microfibras e macrofibras de PET, os valores apresentados nos ensaios de compressão variam tanto positiva quanto negativamente, onde os grupos CP1 e CP2 com adição de 1,5% MiF + 0,5% MaF e 1,5%MiF + 1,5% MaF obteve 237,67 kg/cm² e 248,53 kg/cm², gerando significâncias de 12,09% e 17,21% em relação ao grupo CP padrão com 212,03 kg/cm², porém, para os grupos CP3 e CP4 (2,5% MiF + 0,5% MaF e 2,5% MiF + 1,5% MaF) foram modificados negativamente em 13,06% e 36,94% com resultados de 184,33 kg/cm² e 133,70 kg/cm², respectivamente, em contraste com os testes padrão. Conclui-se que os valores mínimos de microfibras e macrofibras de PET apresentaram melhores resultados nos grupos experimentais com maior dosagem, sendo assim CP1 apresentou maior resistência a esforços de compressão, o que poderá proporcionar uma vantagem em futuras estruturas ou pesquisas.

4. Por fim, modificou-se a resistência à flexão do concreto com a adição combinada de MiF + MaF PET, obtendo-se os seguintes resultados, 45,37 kg/cm² em resposta ao concreto padrão aos 28 dias de maturação do concreto, desta forma, os concretos experimentais CP1, CP2, CP3 e CP4 apresentaram resultados positivos em sua totalidade, entre eles foram 52,50 kg/cm², 52,17 kg/cm², 49,63kg/cm² e 48,23 kg/cm² respectivamente, onde foi observada uma modificação positiva de 15,72 .%, 14,99%, 9,39% e 6,30% em relação aos resultados da amostra de controle, para os quais pode-se expressar que o uso de microfibras e macrofibras nas proporções de 1,5% MiF + 0,5% MaF gerou o maior valor de faixa durante os testes de flexão , isso pode significar que CP1 seria benéfico para elementos estruturais de vigas.

REFERÊNCIAS

ACI Concreto em dia. Revista Digital da ACI Peru, 2015, 2 (4). Disponível em: <https://bit.ly/3negUMk>

ADIÇÃO de resíduos de café e cana-de-açúcar na resistência à compressão e à tração do concreto estrutural por Castro [et al]. Brazilian Journal of Technology [online]. 2023, 6(1), 14–24 [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em: doi:10.38152/bjtv6n1-002 ISSN: 2595-5748

COMPARAÇÃO da fibra acrílica e da fibra de borracha nas propriedades físicas e mecânicas do concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ por Sandoval [et al]. Brazilian Journal of Technology [online]. 2023, 6(1), 2–13 [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em: doi:10.38152/bjtv6n1-001 ISSN: 2595-5748

INFLUÊNCIA das fibras sintéticas nas propriedades à flexão do concreto: predição da tenacidade em função do volume, razão de esbelteza e módulo de elasticidade das fibras por Almeida A. [et al]. Polímeros [online]. Vol. 15 nº4: 909, 2023 [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível: <https://doi.org/10.3390/polym15040909> ISSN: 2076- 3417

LIU, Qing-feng. Progresso e desafios de pesquisa em durabilidade do concreto: transporte iônico, reabilitação eletroquímica e previsão de vida útil. Cartas Técnicas RILEM [online]. Vol. 7 nº1, 1-14, 2022. [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.21809/rilemtechlett.2022.158> ISSN: 2518-0231

MARUYAMA, Ippei, y LURA, Prieto. Propriedades do concreto jovem relevantes para a fissuração em concreto maciço. Ciência direta [online]. Vol. 133 nº1: 1-12, 2019. [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.05.015> ISSN: 0008-8846

SAUCEDO, Jhon, ATOCHE, Jorge y MUÑOZ, Sócrates. Utilização de agregados de PET na preparação de concreto: revisão da literatura. Avanços: Pesquisa em Engenharia [online]. Vol. 18 nº2: 1-12, julho de 2021. [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942> ISSN: 1794-4953

UM breve estudo sobre as causas de fissuras, prevenção e padrão de fissuras no concreto por Nidhi, Pise [et al]. Revista Internacional de Pesquisa Científica em Ciência, Engenharia e Tecnologia [online]. Vol. 8 nº3: 1-5, 2021. [Data da consulta: 24 de março de 2023]. Disponível em: doi:10.32628/ijsrset2183194 ISSN: 2394-4099

CAPÍTULO 05

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS LICORES ARTESANAIS A BASE DE JENIPAPO E DE TAMARINDO

Leandra Brito de Oliveira

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Recôncovo da Bahia (UFRB)

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras – BA

E-mail: lboliveira@uneb.br

Lucas Barbosa Ribeiro de Carvalho

Mestrando em Ciências Ambientais e Saúde e Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras – BA

E-mail: lubarica@gmail.com

Leticia Zorilda Sousa Ribeiro de Carvalho

Graduanda em Engenharia Agronômica

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras – BA

E-mail: leticiaagile@gmail.com

Adilson Alves Costa

Doutor em Ciência do solo, Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras – BA

E-mail: adalves@uneb.br

RESUMO: Os licores se destacam entre as bebidas alcoólicas obtidas por misturas, formulação de matérias-primas variadas com sabores adocicados. É produzido no Brasil de forma artesanal sendo uma bebida tipicamente brasileira. É importante destacar que a bebida agrega valor à produção agrícola. Neste contexto o presente trabalho teve como objetivo determinar a produção e avaliar os parâmetros sensoriais dos licores de jenipapo e tamarindo utilizando o álcool de cereais e licores contendo a cachaça. As duas formulações preparadas foram denominadas J1 = jenipapo (álcool de cereais), T1 = tamarinho (álcool de cereais), J2 = jenipapo (cachaça) e T2 = tamarinho (cachaça). Os resultados foram realizados, utilizando o Programa SigmaPlot (2007), versão 10. As avaliações sensoriais dos produtos foram bem aceitos pelos provadores. Quanto a análise de intenção de compra conclui-se que os provadores certamente comprariam os licores, no entanto o licor de T2 = tamarinho (cachaça) foi obtido maiores notas e intenção de compra. O que permite concluir que o licor de Tamarindo com cachaça é uma alternativa viável, que além de colaborar na região e ser fonte de renda para agricultura familiar e aproveitamentos dos frutos, reduzindo perdas.

PALAVRAS-CHAVE: Bebida Alcoólica; Álcool de Cereais; Cachaça.

ABSTRACT: Liqueurs stand out among alcoholic beverages obtained by mixtures, formulation of varied raw materials with sweet flavors. It is produced in Brazil in an artisanal way and is a typically Brazilian drink. It is important to stand out that the drink adds value to agricultural production. In this context, this work aimed to determine the production and evaluate the sensory parameters of jenipapo and tamarind liqueurs using grain alcohol and liqueurs containing cachaça. The two prepared formulations were named J1 = jenipapo (grain alcohol), T1 = tamarinho (grain alcohol), J2 = jenipapo (cachaça) and T2 = tamarinho (cachaça). The results were conducted using the SigmaPlot Program (2007), version 10. The sensory evaluations of the products were well accepted by the tasters. As for the analysis of purchase intention, it was concluded that the tasters would certainly buy the liqueurs, however the liqueur T2 = tamarinho (cachaça) obtained higher grades and major purchase intention. This allows us to conclude that tamarindo liqueur with cachaça is a viable alternative, which in addition to contributing in the region and being a source of income for family farming and a use of the fruits, it reduce production loss.

KEYWORDS: Alcoholic Beverage; Grain Alcohol; Cachaça.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira propõe leis e decretos sobre as bebidas e as dividem dois segmentos: Os vinhos e derivados da uva e do vinho são regidos pela Lei nº 7.678, de 08 de novembro de 1988 regulamentada pelo Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. As demais bebidas são regidas pela Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, regulamentadas pelo Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 (MAPA, 2019).

Sendo classificadas, segundo a Legislação Brasileira, em bebidas fermentadas, destiladas, destilo - retificadas ou por misturas (MAPA, 2019). As bebidas alcoólicas sempre estiveram presentes nos locais das mais diversas civilizações (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

Com a descoberta do álcool por destilação, as civilizações utilizaram as misturas dos álcoois nos vegetais tendo com o objetivo de curar pequenos males (VENTURINI FILHO, 2010). Logo depois decidiram adicionar açúcar nas bebidas, resultando em bebidas alcoólicas adoçadas, tornando um sabor mais suave (BRAGANÇA, 2013).

O açúcar mais receitado é o refinado seco, claro e sem odor para dissolver com mais rapidez e não alterar a cor ou gosto do produto (BRAGANÇA, 2013). Mas apenas com utilização das técnicas de maceração fizeram se tornar uma bebida conhecida como licor (PENHA, 2006).

Nesse contexto contempla-se que os licores são a base de frutas regionais e também há o uso de álcool para sua confecção. Considerando que ao preparar um licor a base de frutas deve preservar os principais atrativos das frutas que são: cor, aroma, sabor, vitaminas e minerais, e assim o consumidor irá imediatamente associar a fruta em que foi preparado (PENHA, 2006).

O jenipapo e o tamarindo são frutas e alimentos importantes para a nossa saúde, além de serem muito saborosas. São frutas ácidas ricas em ácido cítrico, que é o responsável pelo sabor meio amargo e picante dessas frutas. Segundo (PACHECO *et al.*, 2014) o jenipapo tem uma polpa com um cheiro forte sendo comestível e usadas no preparo de compotas, doces, sorvetes, xaropes e bebidas como sucos concentrados, vinhos e licores. Apresentam diferentes propriedades medicinais como emagrecimento e redução de colesterol.

Já de acordo Sulieman *et al.* (2015), o tamarindo, tem uma polpa com um sabor agridoce é usado no preparo de bolos, sorvetes, também em doces, xaropes, e

bebidas como sucos concentrados, licores e refrescos. Tem algumas propriedades medicinais populares a este fruto, como agente laxativo e edulcorante, indicado principalmente no uso de algumas enfermidades, como: prisão de ventre habitual e doenças inflamatórias efebris.

Sendo assim, a fabricação de licor artesanal deve ser preparada de forma criteriosa seguindo os parâmetros sensoriais como aparência, cor, aroma, sabor e textura (BRAGANÇA, 2013). Considerando que as frutas são os principais componentes atrativos para os consumidores (PENHA, 2006). É importante destacar que licor de artesanal de frutas possibilita aumento da renda familiar no setor agrícola, mesmo em pequena escala e proporciona a preservação da tradição cultural por produzir alimentos típicos da região (MORAES; SCHWAB, 2019).

O processo dessas bebidas alcoólicas tem participação de pequenos agricultores que aproveitam as frutas regionais das suas propriedades para gerar emprego e aumento da renda, pois é um processamento simples e de longa vida na prateleira à temperatura ambiente (BRAGANÇA, 2013).

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo determinar a produção dos licores de jenipapo e tamarindo utilizando o álcool de cereais e licores contendo a cachaça, avaliando os parâmetros sensoriais dos produtos, destacando a aceitabilidade e intenção de compra dos consumidores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A formulação e produção dos licores de jenipapo e tamarindo foi realizado de forma caseira na cidade de Barreiras, Oeste da Bahia. Portanto, trata-se de um Licor Caseiro.

Os frutos de jenipapo foram obtidos entre os meses de novembro e dezembro de 2021. Os frutos de tamarindo foram adquiridos nos meses de agosto e setembro de 2021.

2.1 Matérias-primas utilizadas

Para a elaboração das bebidas foi adquirido álcool de cereais e cachaça. A matéria prima do jenipapo e da tamarindo foram comprados na feira da cidade de Barreiras com quantidade suficiente para a produção dos licores. O jenipapo e

tamarindo *in natura*, o açúcar cristal foram adquiridos também no comércio local. Utilizou-se a água filtrada no preparo dos licores que constituíram como materiais fundamentais para a elaboração do produto.

2.2 Obtenção e preparação dos frutos

2.2.1 Extração da polpa de jenipapo e preparo utilizando o álcool de cereais

Foi realizado a lavagem dos frutos com a finalidade de limpar e higienizar a matéria prima. Os frutos de jenipapos foram descascados cortados em pedaços, reservando as polpas em baldes fechando com tampa, deixando em repouso por 6 meses. Depois desse período de maceração dos frutos, foi utilizado a prensa para espremer os frutos, extraíndo o suco jenipapos para serem coados em peneiras finas, esse processo é chamado de filtração para retirar os resíduos das frutas, deixando apenas o suco. Em seguida em uma panela foi adicionado a água filtrada e o açúcar cristal e levado ao fogo por 30 minutos ficando a calda com uma coloração perolada. Após o resfriamento da calda por 30 minutos, ela foi adicionada no suco dos jenipapos e acrescentou o álcool de cereais.

Para finalizar o processo, com o auxílio de um funil em garrafas de vidros já esterilizadas foi adicionado o licor pronto, mantendo reservados em caixas fechadas no escuro, onde não há exposição de luz. Quanto a quantidade de frutos foram 8 jenipapos maduros de tamanhos médios. Tendo como rendimento do licor para cada 1 L de suco de jenipapo será 1 L de calda perolada e 0,5 L de álcool de cereais, obtendo 3 L no total.

2.2.2 Extração da polpa de tamarindo e preparo utilizando o álcool de cereais

Foi realizado a remoção de resíduos que consiste na limpeza grosseira dos resíduos em contato com a superfície. Os tamarindos foram descascados, lavados e imersos em água filtrada por 24 horas para facilitar o despolpamento. Os tamarindos ficaram em maceração para extraír polpa, deixando por 6 meses em repouso na geladeira. Em seguida em uma panela foi adicionado a água filtrada e o açúcar cristal e levado ao fogo por 30 minutos ficando a calda com uma coloração perolada. Após o resfriamento da calda por 30 minutos ela foi adicionada na polpa e foi coada em peneiras finas para obter os sucos de tamarindos, em seguida acrescentou o álcool

de cereais.

Para finalizar o processo, com o auxílio de um funil em garrafas de vidros já esterilizadas foi adicionado o licor pronto, mantendo reservados em caixas fechadas no escuro, onde não há exposição de luz. Quanto a quantidade de frutas de Tamarindo foram 500 g de frutos. Tendo como rendimento do licor para 1L de polpa será 2 L de calda perolada e 1 L de álcool de cereais, pois como o sabor é cítrico é necessário a adição de mais álcool de cereais, totalizando 5 L de licor de tamarindo.

2.2.3 Extração da polpa de jenipapo e preparo utilizando a cachaça

Foi realizado a lavagem dos frutos com a finalidade de limpar e higienizar a matéria prima. Os frutos de jenipapos foram descascados cortados em pedaços, reservando as polpas em baldes fechando com tampa, deixando em repouso por 6 meses. Depois desse período de maceração dos frutos, foi utilizado a prensa para espremer os frutos, extraíndo o suco jenipapos para serem coados em peneiras finas, esse processo é chamado de filtração para retirar os resíduos das frutas, deixando apenas o suco.

Em seguida em uma panela foi adicionado a água filtrada e o açúcar cristal e levado ao fogo por 30 minutos ficando a calda com uma coloração perolada. Após o resfriamento da calda por 30 minutos, ela foi adicionada no suco dos jenipapos e acrescentou a cachaça.

Para finalizar o processo, com o auxílio de um funil em garrafas de vidros já esterilizadas foi adicionado o licor pronto, mantendo reservados em caixas fechadas no escuro, onde não há exposição de luz.

Quanto a quantidade de frutos foram 8 jenipapos maduros de tamanhos médios. Tendo como rendimento do licor para cada 1 L de suco de jenipapo será 1 L de calda perolada e 1 L de cachaça, obtendo 3 L no total.

2.2.4 Extração da polpa de tamarindo e preparo utilizando a cachaça

Foi realizado a remoção de resíduos que consiste na limpeza grosseira dos resíduos em contato com a superfície. Os tamarindos foram descascados, lavados e imersos em água filtrada por 24 horas para facilitar o despolpamento. Os tamarindos ficaram em maceração para extraír polpa, deixando por 6 meses em

repouso na geladeira.

Em seguida em uma panela foi adicionado a água filtrada e o açúcar cristal e levado ao fogo por 30 minutos ficando a calda com uma coloração perolada. Após o resfriamento da calda por 30 minutos ela foi adicionada na polpa e foi coada em peneiras finas para obter os sucos de tamarindos, em seguida acrescentou a cachaça.

Para finalizar o processo, com o auxílio de um funil em garrafas de vidros já esterilizadas foi adicionado o licor pronto, mantendo reservados em caixas fechadas no escuro, onde não há exposição de luz.

Quanto a quantidade de frutas de Tamarindo foram 500 g de frutos. Tendo como rendimento do licor para 1L de polpa será 2 L de calda perolada e 2 L de cachaça, pois como o sabor é cítrico é necessário a adição de mais cachaça, totalizando 5 L de licor de tamarindo.

Foram elaboradas duas formulações denominadas J1 = jenipapo (álcool de cereais), T1 = tamarinho (álcool de cereais), J2 = jenipapo (cachaça) e T2 = tamarinho (cachaça).

2.2.5 Análise sensorial

A análise sensorial dos licores foi realizada na Universidade do Estado da Bahia UNEB – Campus IX, por 70 provadores não treinados, com faixa etária entre 20 a 40 anos, de ambos os sexos, tendo como função de serem potenciais consumidores dos produtos. Participaram da equipe sensorial estudantes, funcionários e professores, sendo todos maiores de idade.

Foram feitos licores de Jenipapo e Tamarindo com álcool de cereais e licores contendo a cachaça sendo os mesmos sabores. As amostras dos licores foram servidas com 15 ml de cada sabor, em copos descartáveis e acompanhados de água mineral para lavar o palato e biscoitos de água e sal para não ter resíduos entre uma amostra e a outra, também receberam fichas compostas por uma escala hedônica de nove pontos, variando de extremidades “gostei extremamente” (9) “Nem gostei, nem desgostei” (5) e “desgostei extremamente” (1) conforme a metodologia descrita por Dutcosky (2013). Em relação a atitude, ou seja, a intenção de compra do licor foi avaliada utilizando a escala de cinco pontos, segundo Dutcosky (2013), “Certamente compraria” (5) e “Certamente não compraria” (1).

Os produtos foram analisados sensorialmente com estes atributos: a

aparência, cor, aroma, sabor, textura, e intenção de compra segundo Dutcosky (2013).

É importante salientar que pela necessidade das análises sensoriais dos licores desenvolvidos nesta pesquisa, antes de cada teste, os 70 participantes foram orientados a assinar o Termo de Consentimento livre e esclarecido (Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP).

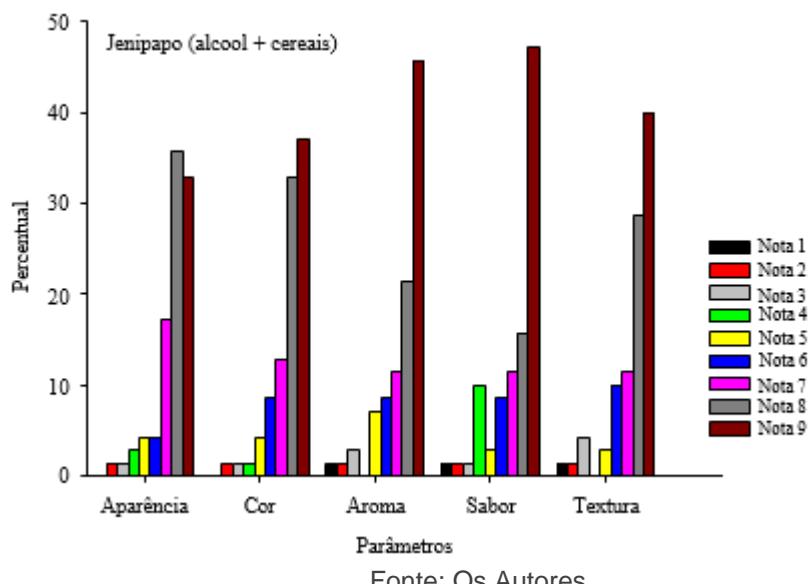
2.2.6 Análise dos dados

Os produtos foram analisados sensorialmente pelos provadores com estes atributos: a aparência, cor, aroma, sabor, textura, e intenção de compra. Após esses dados sensoriais serem coletados, foi feito uma tabulação dos resultados com o software Excel, para facilitar a montagem dos resultados e discussão. Em seguida, utilizou-se o Programa SigmaPlot (2007), versão 10, conforme as Figuras 1,2,3,4 e 5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1, que a formulação J1 = jenipapo (álcool de cereais) obteve – se notas de 8 e 9. Observa-se que no parâmetro de aparência obteve-se nota 8 que representa “Gostei muito” com 35,7 %, em cor nota 9 com 37,1 %. As maiores médias, os que mais se destacaram foram os parâmetros como aroma nota 9 com 45,7% e sabor nota 9 com 47,1%, quanto a textura a nota foi 9 com 40%. Constatou-se que com 70 provadores deram notas de 8 e 9 afirmaram que “Gostaram muito” e “Gostaram extremamente”.

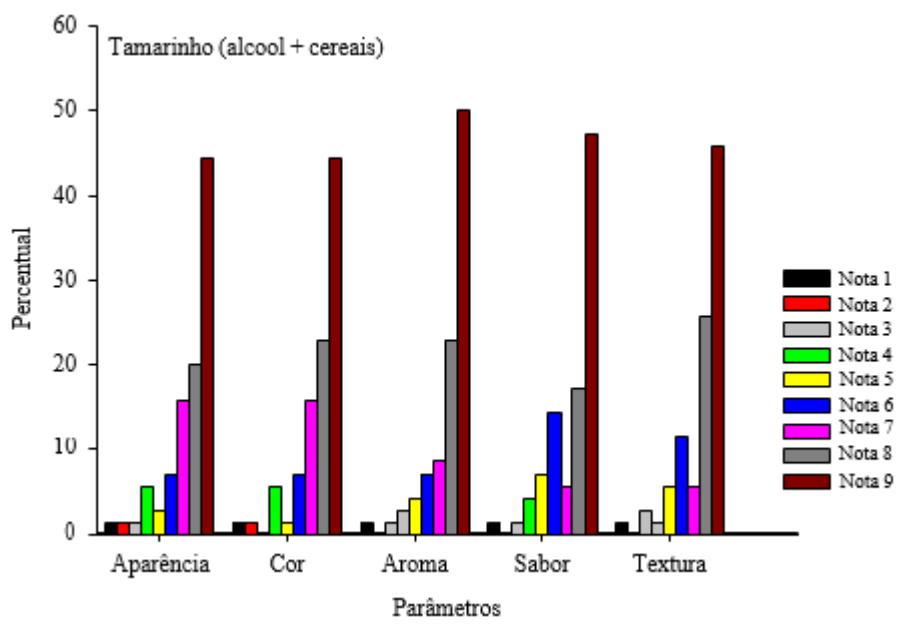
Figura 1. Percentual e notas dos parâmetros avaliados dos licores de jenipapo (álcool de cereais).



Fonte: Os Autores.

Para o parâmetro de aparência e cor as notas foram 9 que representa “Gostei extremamente” com 44,22%. No parâmetro aroma a que mais se destacou com a nota foi 9 que representa “Gostei extremamente”, com 50%, sendo a maior nota atribuída. No parâmetro sabor foi 9, com 47,1% e no parâmetro textura a nota foi 9 com 45,1%, como é descrito na Figura 2.

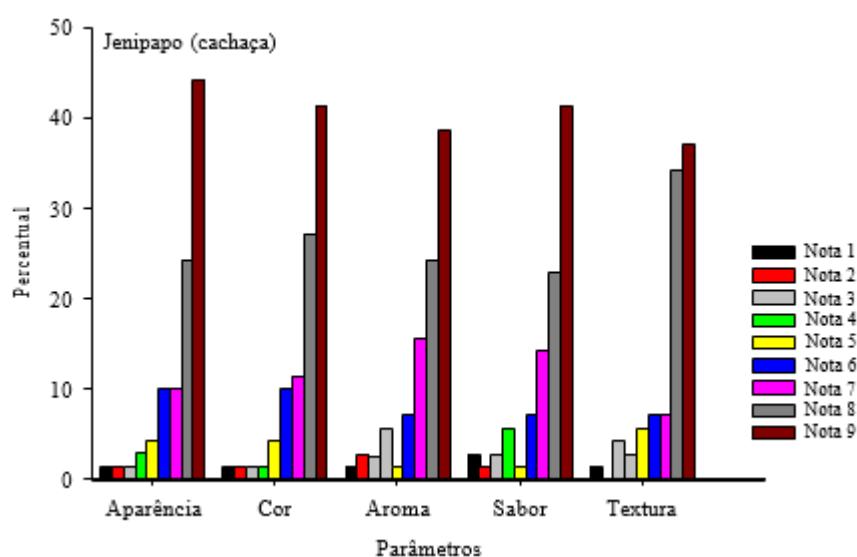
Figura 2. Percentual e notas dos parâmetros avaliados dos licores de tamarinho (álcool de cereais).



Fonte: Os Autores.

Pode-se observar que o produto J2 = jenipapo (cachaça), apresentou aceitação em todos os parâmetros sensoriais (Figura 3). Os provadores em suas percepções sensoriais avaliaram aparência, cor, aroma, sabor e textura com notas 9 representando “Gostei extremamente”. Destacando o atributo de aparência que obteve 44,2%. Na cor teve 41,4%, aroma 38,5%, sabor 41,4% e textura 37,1%.

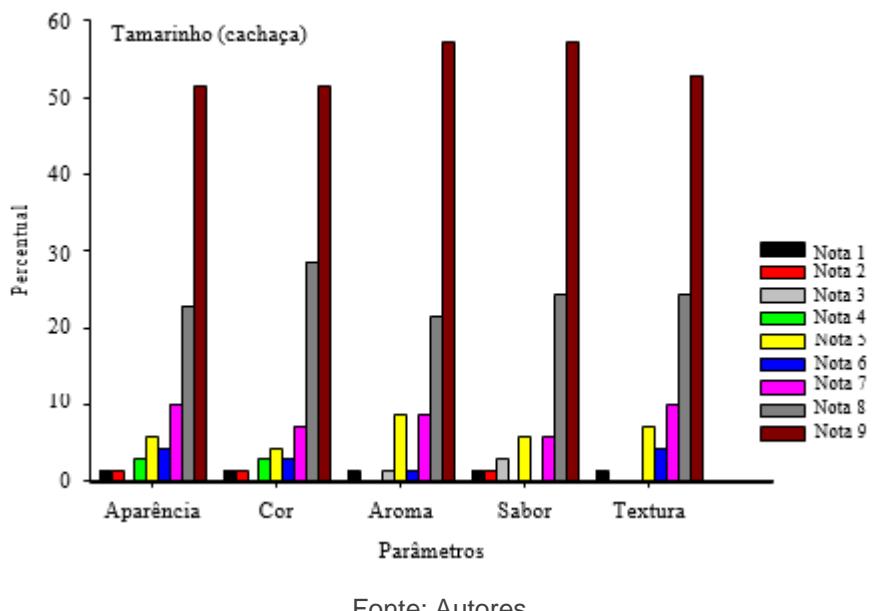
Figura 3. Percentual e notas dos parâmetros avaliados dos licores de Jenipapo (cachaça).



Fonte: Os Autores.

Verificou- se que os valores das médias parâmetros sensoriais foram elevados demonstrando a satisfação dos provadores (Figura 4) o T2 = tamarinho (cachaça) obteve-se altos índices de aceitabilidade. Em relação aos parâmetros sensoriais os provadores avaliaram com notas 9 representando “Gostei extremamente”. Na aparência e cor 51,4%, aroma e sabor obtiveram os maiores índices de 57,1 %, textura 52,8%.

Figura 4. Percentual e notas dos parâmetros avaliados dos licores de tamarinho (cachaça).

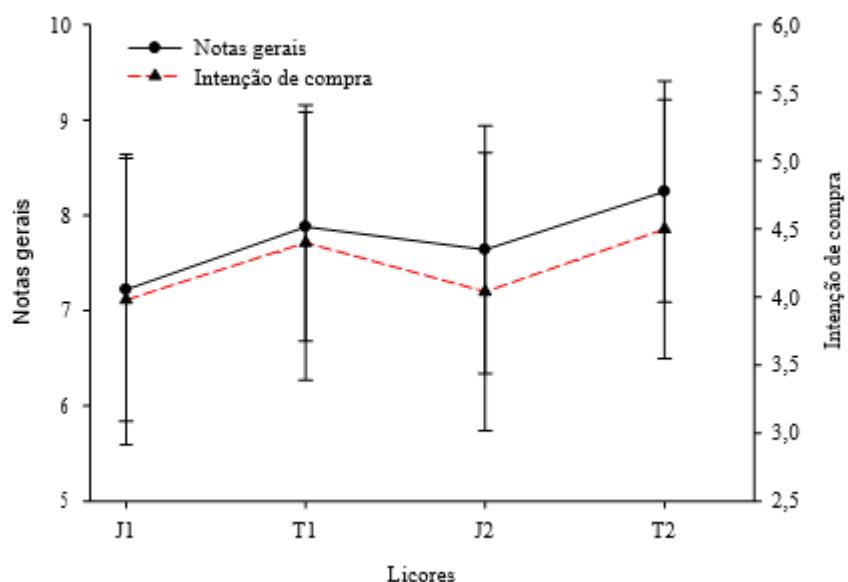


Fonte: Autores

Na (Figura 5), verifica-se que as médias das notas de forma geral para todos os licores produzidos e intenção de compra. Os valores elevados demonstram a satisfação com a qualidade conforme os parâmetros sensoriais indicados. No J1 = jenipapo (álcool de cereais), apresentou notas gerais de preferência com 7,2 e intenção de compra 3,9. Para T1 = tamarinho (álcool de cereais) apresentou notas de 7,8 e intenção de compra com 4,4. Para J2 = jenipapo (cachaça) apresentou nota de 7,6 e intenção de compra 4. E para T2 = tamarinho (cachaça) foi o produto que se destacou apresentando nota de 8,2 e a intenção de compra obteve- se a nota 4,5.

Segundo Mesquita (2012), notas superiores a 7,0 utilizando a escala hedônica tem aceitabilidade do produto. Por meio da avaliação qualitativa notou-se que os produtos produzidos tiveram boa aceitação.

Figura 5. Notas gerais e intenção de compra dos licores. J1 = jenipapo (álcool de cereais), T1 = tamarinho (álcool de cereais), J2 = jenipapo (cachaça) e T2 = tamarinho (cachaça). Barras = erro padrão da média.



Fonte: Os Autores.

4. CONCLUSÃO

A utilização dos frutos de Jenipapo e Tamarindo *in natura* como matéria prima, com o uso do álcool de cereais e cachaça para a elaboração dos licores mostram-se bem aceitos tanto nos parâmetros sensoriais quanto a intenção de compra pelos provadores, sendo de qualidade.

Na análise dos parâmetros sensoriais foi observado que as duas bebidas elaboradas, ficaram com as notas entre gostei muito e gostei extremamente. Para a preferência e intenção de compra destacou-se o licor T2 = tamarinho (cachaça), que obteve as maiores notas de todos os parâmetros sensoriais, assim podemos concluir que a aparência, cor, aroma, sabor, textura, influenciam diretamente na intenção de comprado consumidor.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Elisangela Lima. **Obtenção de corante azul em pó de Jenipapo: Análise experimental dos processos de oxidação induzida e leito de jorro.** Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Pará, 2016.
- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.** Zaragoza: Acribia SA, 1994.
- BARROS, J. C.; SANTOS, P. A.; ISEPON, J. S.; SILVA, J. W.; SILVA, M. A. P. Obtenção e avaliação de licor de leite a partir de diferentes fontes alcoólicas. **Global Science and Technology**, v. 01, n. 04, dez/mar. 2008. Disponível em: <https://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/19>. Acesso em: 06 de nov.de 2022.
- BARBOZA, Liane Maria Vargas; FREITAS, Renato João Sossela; WAZCZYNSKYJ, Nina. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil alimentos**, São Paulo, n 18 jan./ fev.2003. Acesso em 11 de nov de 2022. VENTURINI FILHO, W.G (Coord.). **Bebidas alcoólicas, ciência e tecnologia**. Volume 1. São Paulo: Blucher, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº6.871, de 4 de junho de 2009. **Regulamenta a Lei no 8918, de 14 de julho de 1994**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado: **Projeto Terra Class Cerrado 2013/ MMA/ SBF**. Brasília: MMA, 2015.
- BRAGANÇA, M. D. L. **Licor: processamento artesanal. Belo Horizonte:** EMATER-MG, 2013.
- CAR. Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. **Agricultura familiar leva sabores diferenciados de licores até a casa dos consumidores**. 2020. Disponível em: <http://www.car.ba.gov.br/noticias/agricultura-familiar-leva-sabores-diferenciados- delicores-ate-casa-dos-consumidores>. Acesso em 06 de nov. de 2022.
- CHAVES, J. B. P. **Métodos de diferença em avaliação sensorial de alimentos e bebidas.** Viçosa: Editora UFV, 2001.
- CULTURA alcoólica. [Locução de]: Ailin Aleixo; Néli Pereira. [S. I.]: Spotify, 01 abril 2020. Podcast. Disponível em: <https://open.spotify.com/episode/3jfUoGcXnYZi5TS773tXk3>. Acesso em: 06 de set. de 2022.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** Curitiba:Champagnat,2013. Acesso em: 07 de set. de 2022.

FERREIRA, A. F. A.; **Propagação vegetativa de Tamarindus indica L.** 96 f. 2014.Tese (Mestre em Agronomia), UNEP, Ilha Solteira, São Paulo, 2014.

GALINDO-TOVAR, M. E. et al. Bebidas alcohólicas artesanales elaboradas con uva Vitis tiliifolia en México. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, [s. l.], v. 25, n. 3, 2019.

GÓES, G.B et al. Utilização de húmus de minhoca como substrato na produção de mudas de tamarindeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6,n. 4, 2011.

GURJÃO, 2006, apud RIBEIRO, Joycellane Alline do Nascimento Campos. **Ação Sacietogênica de um inibidor de tripsina da semente de tamarindo (Tamarindus indica L.)**, 2013.

GUTIERREZ, L; ZAPATA, A; COOL, L; AND DIEZ, C. Anatlytical study of the mineral and sugar fractions of peach liqueurs. **Food Chemistry**,1995.

KUASNEI, M.; LEONARSKI, E.; PINTO, V. Z.; RODRIGUES, M, X. **Pesquisa de mercado: uma abordagem visando o desenvolvimento de licores de frutas**. 1º FRUSUL Simpósio de Fruticultura da Região Sul, Laranjeiras do Sul, PR, 2017.

LEONE, D. **15 empresas de delivery que garantem os comes e bebes do São João**. 2020. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/15-empresas-de-delivery-que-garantem-os-comes-e-bebes-do-sao-joao/>. Acesso em: 08 de set. de 2022.

LYRIO, A.; PACHECO, C.; BORGES, T. **Os porquês do São João: Tudo o que você queria saber, mas bebia licor demais para se preocupar**. 2015. Jornal Correio. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/os-porques-do-sao- joaotudo-o-que-voce-queria-saber-mas-bebia-licor-demais-para-se- preocupar/>. Acesso em: 10 de set. de 2022.

MESQUITA, R.D.S et.al. Elaboração, análise físico-química e aceitação do iogurte com adição de tamarindo “doce”. (*Tamarindus indica L.*) **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, 2012.

MIOR, L. C. **Agricultores familiares, agroindústrias e redes de desenvolvimento rural**. Chapecó: SC, Editora Argos,2015.

MORAES, J. L. A.; SCHWAB, P. I. **O papel do cooperativismo no fortalecimento da agricultura familiar**. Estudos do Cepe, 2019. APESC - Associação Pro-Esino em SantaCruz do Sul. <http://dx.doi.org/10.17058/cepe.v0i49.13679>.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1988.

PACHECO, P.; PAZ, J. G.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. **Composição centesimal, compostos bioativos e parâmetros físico-químicos do jenipapo (*Genipa americana L.*) in natura**. Demetra, 2014.

PENHA, E. M. **Licor de frutas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006.

PINHEIRO, S.H.M; **Avaliação sensorial das bebidas aguardente de cana industrial e cachaça alambique**. Tese (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Viçosa – MG, 2010.

ROCHE, M. L. **Bols e a história dos licores**. 2017. Disponível em:
<http://mixologynews.com.br/06/2017/mixologia/historiadoslicores/#:~:text=J%C3%A1%20em%201250%C2%20o%20alquimista,o%20conhecemos%C2%20foi%20ent%C3%A3o%20criado>. Acesso em: 06 de nov. de 2022.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R. D.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. **Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation**. Food Chemistry, Amsterdã, v. 245, 2018.

SILVA, C. J. D. et al. PYROLIGNEOUS LIQUOR EFFECT ON /N AND EX VITRO PRODUCTION OF *Oeceoclades maculata* (Lindl). Lindl.1. **Revista Caatinga**, [s. l.], v.30, 2017.

SILVA, F. B. **Viva a economia junina!** 2020. Disponível em:
<https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/viva-a-economia-junina/>. Acesso em: 10 de set. de 2022.

SIGMAPLOT software. Version 10. **Chicago: SPSS**, 2007.

SULIEMAN, A. M. E., ALAWAD, S. M., OSMAN, M. A., ABDELMAGEED, E. A. **Características físico-química de variedades de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**, 2015.

SLIWINSKA, M.; WISNIEWSKA, P.; DYMERSKI, T.; WARDENCKI, W.; NAMIESNIK, J. J. The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: a review. **Flavour And Fragrance Journal**, v. 30, n. 3, p. 197-207. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1002/ffj.3237>. Acesso em: 06 de nov. de 2022.

TEIXEIRA, L. J. Q. et al. **Testes de aceitabilidade de licores de banana**. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 13 n. 2, p. 205-209, 2007.

TEIXEIRA, Lilian Viana. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic. “Candido Tostes”**. [S. l.], v.64, n.366. Jan / fev. 2009.

TEIXEIRA, Luciano José Quintão; SIMÕES, Lívia de Souza; ROCHA, Carolina Tatagiba; SARAIVA, Sérgio Henriques; JUNQUEIRA, Mateus da Silva. **Tecnologia, composição e processamento de licores**. Encyclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, 2011.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987.

TORREZAN, R.; CASCELLI, S. M. F.; DINIZ, J. D. A. S. **Agroindústria familiar: aspectos a serem considerados na sua implantação.** Brasília, Df: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1069584>. Acesso em: 06 de maio de 2022.

VENTANAS,S.etal.Innovation in sensory assessment of meat and meat product. In: BISWAS, A.K.; MANDAL, P.K(ed). Meat quality analysis: advanced evaluation methods, techniques, and technologies. Cambridge: **Academic Press**,2020.

CAPÍTULO 06

AVALIAÇÃO DO MANEJO QUÍMICO VIA APLICAÇÃO DE HERBICIDA 2,4 DICLOROFENOXIACÉTICO (2,4D) EM SOQUEIRA DE *Gossypium hirsutum*

Leandra Brito de Oliveira

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Recôncovo da Bahia – UFRB

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: Universidade do Estado da Bahia – UNEB, BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras, BA, Brasil

E-mail: lboliveira@uneb.br

Marcus Aurélio de Medeiros

Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: Universidade do Estado da Bahia – UNEB, BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras, BA, Brasil

Lucas Barbosa Ribeiro de Carvalho

Mestrando em Ciências Ambientais e Saúde e Engenheiro Agrônomo

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: Universidade do Estado da Bahia – UNEB, BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras, BA, Brasil

E-mail: lubarica@gmail.com

Leticia Zorilda Sousa Ribeiro de Carvalho

Graduanda em Engenharia Agronômica

Instituição: Universidade do Estado da Bahia

Endereço: Universidade do Estado da Bahia – UNEB, BR 242, Km 04, Loteamento Flamengo, Campus IX, Barreiras, BA, Brasil

E-mail: leticiaagile@gmail.com

RESUMO: A destruição dos restos culturais de *Gossypium spp.*, é uma das técnicas conhecidas mais antigas e importantes de combate a pragas como o bicudo e a lagarta-rosada, além de determinadas doenças. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do herbicida 2,4-D, em doses crescentes, aplicado isoladamente em horários distintos, para entender a influência deste sob o controle da planta *Gossypium hirsutum*. Para isso o experimento foi conduzido em área experimental da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Campus IX, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Comparou-se o efeito do herbicida 2,4-Diclorofenoxiacético em duas doses (670 e 1340 g ha^{-1}) em quatro horários distintos de aplicação (00, 06, 12 e 18 horas). Avaliando a eficácia dos tratamentos pela porcentagem de controle, avaliada em três épocas, em relação à testemunha. O 2,4-D proporcionou controle excelente ($>95\%$) aos 15 DAA (dias após tratamento) para as duas doses, no entanto os horários aos quais foram aplicados interferiram, sendo o horário de 06:00 horas o melhor período de aplicação deste herbicida. Escolhendo assim a menor dose para o controle das plantas de rebrota, visto que esta acarreta em menor ônus ao produtor e é a que menos agride o ecossistema.

PALAVRAS CHAVES: Algodão; Bicudo; Herbicida; Horário de Aplicação.

ABSTRACT: The destruction of *Gossypium* spp., is one of the oldest and most important pest control brands such as the boll weevil and the pink caterpillar, in addition to its diseases. The dose of growth of herbicide 2,4-D, of increasing doses, applied separately in distinct needles, for the meaning of a purpose on the control of the plant *Gossypium hirsutum*. The experiment was carried out in an experimental area of the Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Campus IX, without a completely randomized design with four replications. The effect of the 2,4 Dichlorophenoxyacetic herbicide at two doses (670 and 1340 g ha⁻¹) was compared at four different application times (06, 12, 18 and 24 hours). Adjusting the treatment the percentage of controlling, evaluated in three seasons, in relation at witness. The 2,4-D provided excellent control (> 95%) at 15 DAA(days after treatment) for both doses, however, the inspection in which they were cleaned during infusion, with 6:00 hours being the best period of application of this herbicide. Thus choosing the lowest dose for the control of regrowth plants, as this brings less burden to the producer and is less than one that harms the ecosystem.

KEYWORDS: Cotton; Weevil; Herbicide; Application Time.

1. INTRODUÇÃO

A destruição dos restos culturais de *Gossypium spp.*, é uma das técnicas conhecidas mais antigas e importantes de combate a pragas como o bicudo e a lagarta-rosada, além de determinadas doenças. Esta é uma prática obrigatória e amparada por lei, sendo os produtores de algodão obrigados a eliminar as soqueiras de suas áreas de cultivo tão logo a colheita seja concluída.

Para a realização dessa prática agronômica, conta-se com alguns métodos bastante utilizados, como: método cultural, método mecânico e o método químico.

Para efeitos deste trabalho foi analisado o Método químico, em especial o princípio ativo 2,4 Diclorofenoxyacético (2,4D), que é bastante comum na destruição das soqueiras, principalmente em áreas que se cultivam com práticas conservacionistas, onde se almeja a manutenção de cobertura vegetal, a exemplo do próprio plantio direto, ao qual não se faz necessário a entrada de implementos incisivos na movimentação do solo. Os princípios ativos mais utilizados vêm sendo o 2,4D e o Glifosato, sendo esses utilizados isolados ou em mistura, em aplicação única ou sequencial.

Tradicionalmente, a destruição da soqueira é feita pelo método mecânico, por meio de grades ou arados que destroem a parte aérea e o sistema radicular das plantas, evitando assim, o seu rebrote. Porém o elevado revolvimento dos solos favorece a erosão, sobretudo nas áreas de cerrado, onde chuvas de grande intensidade podem ocorrem em curtos intervalos de tempo, além do aspecto erosivo, o revolvimento do solo compromete a adoção de sistemas conservacionistas, onde se almeja a manutenção de cobertura vegetal, o incremento/estabilização dos teores de matéria orgânica, a manutenção da umidade, a redução das amplitudes térmicas e a implantação de sistemas mais complexos de manejo como, por exemplo, plantio direto ou cultivo mínimo (CHRISTOFFOLETI, 2006).

Com isso acredita-se que uma opção seja a destruição química, pois oferece a possibilidade de extinguir a cultura da aérea sem o revolvimento do solo e com melhor utilização do maquinário.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de duas concentrações de herbicida à base do princípio ativo 2,4 Diclorofenoxyacético, em função de quatro horários de aplicação, para a dessecção da rebrota das plantas de *Gossypium hirsutum*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização Da Área

O experimento foi conduzido em área experimental da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, Campus IX ($12^{\circ}08'38.5''S$ $44^{\circ}57'52.1''W$), sediado no município de Barreiras, no estado da Bahia. O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW, ou seja, tropical sub úmido. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO AMARELO (EMBRAPA, 1999) e franco-argiloso (LEMOS & SANTOS, 1984).

No local do experimento foram coletadas 3 amostras compostas de 0-15 e 15-30, para análise química e física, que foram encaminhadas para o laboratório de solos da universidade para análise de granulometria e macronutrientes, ao qual obteve-se os seguintes resultados: pH 7,0 em água de 5,4pH e valores de 3,84; 1,29; 0,0 e 1,29 cmolc dm⁻³ de Ca, Mg, Al e H+Al, respectivamente; 208,57 mg dm⁻³ de K; 7,06 mg dm⁻³ de P(Mel); CTC: 6,95 cmolc dm⁻³; MO 2,32 dag/kg, argila 25,33%, silte 22,31% e areia 52,36%.

2.2 Montagem Do Experimento

A implantação do experimento iniciou no dia 20/12/2018 com a coleta do solo, após o resultado da análise do solo foi feita as devidas correções para que o solo estivesse propício, sofrendo uma adubação fosfatada na linha de plantio na dosagem de 400 kg por hectare em linha de plantio, demais macronutrientes não houve necessidade de correção, atingindo as recomendações em literatura para o cultivo do algodão de variedade FM985, com resistência a glifosato.

O algodão foi plantado no dia 17/01/2019, utilizando o espaçamento de 0,5 metros entre linhas e 4 plantas por metro linear. Os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a região (EMBRAPA-CPAO, 1995).

O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial de 3x4 (sendo 3 dosagens de herbicida 2,4-D (0 g ha⁻¹; 670 g ha⁻¹ e 1.340 g ha⁻¹ de princípio ativo em 4 horários de aplicação diferentes durante o dia com diferença de 6 em 6 horas iniciando às 00:00h do dia 01/03/2019). A aplicação do produto ocorreu quando as plantas atingiram o estágio fenológico V3, ou seja, com três trifólios. O defensivo foi aplicado com um pulverizador costal munido

com um bico tipo leque indicado na bula do produto. Segundo a bula do defensivo foi utilizado uma calda de 150 L/ha.

As condições climáticas no momento da aplicação apresentaram temperaturas de 19,78°C, 20,31°C, 32,69°C e 25,47°C para as 00:00h, 06:00h, 12:00h e 18:00h respectivamente. Bem como umidade relativa do ar, para às 00:00h, 06:00h, 12:00h e 18:00h em, respectivamente, 83%, 76%, 68% e 70% e velocidade do ar em 3,5; 6,5; 5,8 e 4,3 km/h para, respectivamente, às 00:00h, 06:00h, 12:00h e 18:00h, com zero dias de estresse hídrico (DEH) conforme dados retirados da plataforma de gerenciamento da estação meteorológica de marca Davis e modelo VANTAGE PRO2 GROWETHER instalado na área para a experimentação.

As avaliações se iniciaram no dia seguinte e se repetiu a cada 7 dias até completar 15 dias após a aplicação nos tratamentos, utilizando-se escala percentual de 0 (zero) a 100%, em que 0 (zero), representa ausência de plantas mortas, e 100%, a morte de todas as plantas.

2.3 Análise Estatística

O esquema fatorial foi em blocos ao acaso com 4 repetições, sendo os horários de aplicação: 00:00h; 06:00h; 12:00h e 18:00h, e 2 variáveis, sendo as doses 670 e 1340 gramas de ingrediente ativo por hectare, esquema fatorial 4x2: horários de aplicação e dosagem do ingrediente ativo do herbicida 2,4 Diclorofenoxiacético. Os dados foram submetidos a análise da variância para determinação do efeito dos fatores e a ocorrência de interação entre eles.

Posteriormente, empregou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para estudo do efeito dos herbicidas em cada horário de aplicação avaliado utilizando o software SISVAR v5.6.

3. RESULTADOS E DICUSSÕES

No primeiro período de avaliação após a aplicação do herbicida, compreendido como 1 dia após a aplicação (DAA) ficou comprovado (Tabela 01) que não houve diferenças estatísticas significativas para todos os fatores estudados.

Tabela 1: Análise de variância, com os quadrados médios, para dosagem, horário de aplicação e a interação dose e horário de aplicação para o controle de rebrota com 1 DAA no algodoeiro.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dosagens (D)	2	0,118	0,05	0,378	0,6894 ns
Horários (H)	3	0,08	0,02	0,178	0,9105 ns
Interação D X H	6	0,35	0,05	0,378	0,8859 ns
Erro DMS	24	3,75	0,15	-	0,4937

* Médias seguidas por NS não diferem entre si, pelo teste de probabilidade a 0,5%

Já no segundo período de avaliação, observa-se que aos 8 DAA os maiores valores de fitointoxicação da planta de algodão pelo teste Tukey se deu com a dose 1340 g ha⁻¹ do produto consorciado ao horário de aplicação que ocorreu às 00:00h do dia. Porém nenhum dos tratamentos proporcionou 100% de controle do *Gossypium hirsutum* (Tabela 2).

Tabela 2: Avaliação do controle da rebrota do algodoeiro com 8 DAA, proporcionado pelo 2,4 Diclorofenoxyacético nas doses de 670 e 1340 g ha⁻¹ mais testemunhas, em horários de aplicação distintos, sendo às 06, 12, 18 e 24 horas.

Dosagens (g ha ⁻¹)	Horários de aplicação (h)			
	00:00	06:00	12:00	18:00
0	1,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
670	1,00 b	0,50 b	1,75 b	1,25 b
1340	12,5 a	4,00 b	5,75 b	5,00 b

* Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste TUKEY 5%.

Em estudo com o herbicida de princípio ativo 2,4 diclorofenoxyacético CAMPOS et al., (2013), relataram que o uso do produto isolado em dose de 1440 g ha⁻¹, já demonstra resultados significativos, porém o controle das plantas não é de 100%. Quanto ao horário de aplicação, SANTOS & JANDREY (2017), trazem em seus resultados, que a tecnologia de aplicação do herbicida é altamente suscetível a temperaturas superiores à 30 °C, umidade relativa do ar abaixo dos 55% e ventos com velocidades superiores à 8 km/h , sendo que seguindo essa linha de raciocínio o período de 00:00h da aplicação foi o período que melhor se enquadrou dentro das recomendações da aplicação.

No terceiro período de avaliação, após a aplicação do herbicida, compreendido como 15 DAA, evidenciou-se diferença, em toda a variável dose de 1340 g ha⁻¹ quando em interação com os quatro horários de aplicação às 00:00; 06:00; 12:00 e 18:00 horas e também notou-se diferença estatística para a dose 670 g ha⁻¹ quando em interação com os horários de 06:00 e 12:00 horas, sendo que o horário de 18:00 horas,

para esta mesma dose, não apresenta diferença estatística significativa entre todos os outros fatores estudados (Tabela 3).

Tabela 3: Avaliação do controle da rebrota do algodoeiro com 15 DAA, proporcionado pelo 2,4 Diclorofenoxyacético nas doses de 670 e 1340 g ha⁻¹ mais testemunhas, em horários de aplicação, sendo às 06, 12,18 e 24.

Dosagens (g ha ⁻¹)	Horários de aplicação (h)			
	00:00	06:00	12:00	18:00
0	1,00 b	1,00 b	0,00 b	0,00 b
670	5,25 b	20,25 a	19,00 a	06,0 ab
1340	21,0 a	20,75 a	21,0 a	16,25 a

* Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo Teste TUKEY 5%.

Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos com a avaliação de dose de 2,4 Diclorofenoxyacético, onde DAN *et al.*, (2011), concluíram que os tratamentos realizados com os herbicidas à base do princípio ativo 2,4-D, são os mais eficientes no controle de soja voluntária, mesmo que essas sejam resistentes ao glifosato, quando em dose de 1340 g ha⁻¹.

Porém, apesar de as dose de 1340 g ha⁻¹, repercutir de forma geral entre todas as avaliações o melhor resultado, segundo RODRIGUES & ALMEIDA (1998), doses acima de 670 g ha⁻¹ devem ser evitadas, pois os produtos à base de 2,4-D podem ser lixiviados ao longo do perfil do solo e ser absorvidos pelas raízes, de culturas ao qual não é de interesse, causando-lhes fitointoxicação, principalmente em solos arenosos e de baixa concentração de matéria orgânica, que por sua vez é uma característica de solos do cerrado.

4. CONCLUSÃO

Para 1 DAA não houve eficiência no controle de algodão em nenhuma das doses aplicadas.

Para 8 DAA houve resultados de controle quando a dose foi 1340 g ha⁻¹, quando aplicado às 00:00h, entretanto não houve 100% de controle das plantas de algodão.

Para 15 DAA houve eficiência de controle da planta de algodão FM985 em sua totalidade, para as doses de 670 g ha⁻¹, quando aplicado às 06:00h, e para a dose 1340 g ha⁻¹, quando aplicado nos horários 00:00h; 06:00h e 12:00h.

REFERÊNCIAS

ABAPA – ASSOCIAÇÃO BAIANA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Algodão e Bahia: afinidade histórica.** 2014. Disponível em: < <http://abapa.com.br/historia/> > Acesso em 22 de out. de 2018.

ABRAPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO. **Algodão no Brasil.** 2018. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>> Acesso em 22 de out. de 2018.

ADAB – AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DA BAHIA. **Portaria nº 229 de 01 de junho de 2016.** Dispõe medidas fitossanitárias para o controle do bichudo do algodoeiro no Estado da Bahia. 2016. Disponível em: <http://www.adab.ba.gov.br/arquivos/File/ASCOM2017/Formulario/Portaria_N_229_de_01_de_junho_de_2016.pdf> Acesso em 24 de out. de 2018.

AMARANTE JÚNIOR, Ozelito Possidônio de; SANTOS, Teresa Cristina Rodrigues; BRITO, Natilene Mesquita; RIBEIRO, Maria Lúcia. **Revisão das propriedades, uso e legislação do ácido 2,4 – Diclorofenoxiacético (2,4-D).** Caderno de Pesquisa – Universidade Federal de Maranhão, v. 13, nº 1, p. 60-70. São Luís – MA, 2002.

BRASIL. Instrução Normativa nº 44 de 29 de julho de 2008. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**, 30 de junho de 2008. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-prevencao/IN44_2008ProgramaBicudodoAlgodoeiro.pdf> Acesso em 24 de out. de 2018.

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo. Breve história do algodão no Nordeste do Brasil. **Embrapa algodão.** Documentos, 117. Campina Grande, 2003. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109334/1/doc117.pdf>> Acesso em 22 de out. de 2018.

CAMPOS C.F.; RODRIGUES-COSTA, A.C.P.; CARDOSO L.A.; PEREIRA, M.R.R.; SOUZA G.S.F. de; MARTINS, D. **Eficácia Do Glyphosate E 2,4-D no Controle de Commelina Villosa.** Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.80, n.1, p.83-89, jan./mar., 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aib/v80n1/a12v80n1.pdf>> Acesso em 15 de ago. de 2019.

COSTA, Sérgio Rodrigues; BUENO, Miguel Garcia. **A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação na OMC.** Rio de Janeiro: Insight Engenharia, 2004. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/BibliotecaInstitucional/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/A%20Saga%20do%20Algodo.pdf>> Acesso em 22 de out. de 2018.

COÊLHO, Jackson Dantas. **Produção de algodão.** Caderno setorial ETENE, ano 3, nº26, 2018. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/3063080/26_algodo_03-2018.pdf/3d6ca56b-51e5-8f44-556b-e020feed049a> Acesso em 22 de out. de 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** V. 1, n. 1. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em 14 de ago. de 2019.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. **Herbicidas alternativos para o controle de biótipos de buva (*C. bonariensis* e *C. canadensis*) supostamente resistentes ao herbicida glyphosate.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília. Resumos. Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-8358201000100020&script=sci_abstract&tlang=pt> Acesso em 14 de ago. de 2019.

DAN, Hugo A.; PROCÓPIO Sergio O.; BARROSO, Alberto L. de L.; DAN, Lilian G. de M.; OLIVEIRA NETO, Antonio M.; GUERRA, Naiara. **Controle de plantas voluntárias de soja com herbicidas utilizados em milho.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 6, núm. 2, pp. 253-257 Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

FAGUNDES, Ricardo Marques **HORMESIS DE 2,4-D SAL COLINA EM ALGODEIRO CULTIVADO NO CERRADO.** Dissertação de Mestrado. - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí, Programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Jataí, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/9475/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Ricardo%20Fagundes%20Marques%20-%202019.pdf>> Acesso em 14 de ago. de 2019.

FURLANI JÚNIOR, Enes; ROSA, Carlos Eduardo; FERRARI, Samuel; LUQUES; Ana Paula Portugal Gouvêa; FERRARI, João Vitor; SANTOS; Danilo Marcelo Aires dos; VIEIRA, Halisson Sodré da Silva. **EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D SOBRE COMPONENTES DA PRODUÇÃO DO ALGODEIRO.** Anais do VIII Congresso Brasileiro de Algodão e I Cotton Expo, Expo Center Norte, São Paulo – SP, 19 a 22 de setembro de 2011. Organizado por Odilon Reny R. F. da Silva, Renato Wagner da C. da Rocha – Dados eletrônicos – Campina Grande – PB, Embrapa algodão, 2011, p. 599 – 604 Disponível em <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf> Acesso em 24 de out. de 2018.

IKEDA, Fernanda Satie. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 34, n. 276, p. 0-00, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96307/1/cpamt-ikeda-0100-3364-2013.pdf>> Acesso em 15 de ago. de 2019.

IMAMT - INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO. **O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros:** biologia e medidas de controle. Editor técnico: Jean Louis Belot - Cuiabá (MT), 2015.

IZZEPI, Tiago Sabongi; GRIGOLLI, José Fernando Jurca; SOUZA, Leando Aparecido de, FRAGA, Diego Felisbino; SILVA, Elias Almeida; BUSOLI, Antônio Carlos.

REBROTA DE CULTIVARES DE ALGODEIRO APÓS ROÇAGEM E INFESTAÇÃO DE *APHIS GOSSYPII* (GLOVER, 1877). Anais do VIII Congresso Brasileiro de Algodão e I Cotton Expo, Expo Center Norte, São Paulo – SP, 19 a 22 de setembro de 2011. Organizado por Odilon Reny R. F. da Silva, Renato Wagner da C. da Rocha – Dados eletrônicos – Campina Grande – PB, Embrapa algodão, 2011, p. 249-255. Disponível em:
[<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf>](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf)
Acesso em 24 de out. de 2018.

LAMA, Fernando Mendes; FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcelos. Capítulo 21 - **Reguladores de Crescimento, Desfolhantes e Maturadores.** Embrapa, 2007.

OLIVEIRA, Ivônio Rubens; CARVALHO, Hélio Wilson Lemos de. MOREIRA, Marcos Antônio Barbosa, RIBEIRO, Sandra Santos. **Manejo de restos culturais (soqueira) do algodoeiro como ferramenta de combate as pragas.** Aracaju – SE: EMBRAPA, 2006.

OLIVEIRA, Luis Gustavo Pereira Coelho. **AÇÃO DE CONTATO E INGESTÃO DE INSETICIDAS SINTÉTICOS E BOTÂNICO SOBRE LARVAS E ADULTOS DO BICUDO-DO-ALGODEIRO.** Monografia de Graduação. Brasília – DF, 2018.
Disponível no site;
[<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/21219/1/2018_LuisGustavoPereiraCoelhoDeOliveira_tcc.pdf>](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/21219/1/2018_LuisGustavoPereiraCoelhoDeOliveira_tcc.pdf) Acesso em 14 de ago. de 2019.

ROSA, Carlos Eduardo; FURLANI JÚNIOR, Enes; FERRARI, Samuel; LUQUES; Ana Paula Portugal Gouvêa; FERRARI, João Vitor; SANTOS; Danilo Marcelo Aires dos; QUEIROZ, Anna Caroline Pelais de; MELLO, Tayene Franco. **APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE 2,4-D E CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS E PRODUTIVAS DO ALGODEIRO.** Anais do VIII Congresso Brasileiro de Algodão e I Cotton Expo, Expo Center Norte, São Paulo – SP, 19 a 22 de setembro de 2011. Organizado por Odilon Reny R. F. da Silva, Renato Wagner da C. da Rocha – Dados eletrônicos – Campina Grande – PB, Embrapa algodão, 2011, p. 618-624. Disponível em:
[<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf>](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf)
Acesso em 24 de out. de 2018.

ROSA, Carlos Eduardo; FURLANI JÚNIOR, Enes; FERRARI, Samuel; LUQUES; Ana Paula Portugal Gouvêa; FERRARI, João Vitor; SANTOS; Danilo Marcelo Aires dos; ROSSETTO, João Édino; SILVA; Igor Cabreira. **TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, ÍNDICES SPAD E PRODUTIVIDADE DO ALGODEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSE DE 2,4 – D.** Anais do VIII Congresso Brasileiro de Algodão e I Cotton Expo, Expo Center Norte, São Paulo – SP, 19 a 22 de setembro de 2011. Organizado por Odilon Reny R. F. da Silva, Renato Wagner da C. da Rocha – Dados eletrônicos – Campina Grande – PB, Embrapa algodão, 2011, p. 1228 – 1234. Disponível em:
[<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf>](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/anais_cba8.pdf)
Acesso em 24 de out. de 2018.

SANTOS, Adilson Policena dos; JANDREY, Douglas Batista. **Aplicações Noturnas De Defensivos: É Uma Boa Escolha?** Agronegócio em Foco. 2017. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/165/aplicacoes-noturnas-de->>

defensivos- e-uma-boa-escolha > Acesso em 15 de ago. de 2019.

SANTOS, I. C. et al. Eficiência do 2, 4-D aplicado isoladamente e em mistura com glyphosate no controle da trapoeraba. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 299-309, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582002000200017> Acesso em 15 de ago. de 2019.

SANTOS I.C.; FERREIRA F.A.; SILVA A.A.; MIRANDA G.V.; SANTOS L.D.T. **Eficiência do 2,4-D aplicado isoladamente e em mistura com glyphosate no controle da trapoeraba.** Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; Centro Tecnológico da Zona da Mata; Viçosa; MG; Universidade Federal de Viçosa; Dep. de Fitotecnia; Viçosa; MG. Disponível em <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=SCBR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=018381>> Acesso em 15 de ago. de 2019.

ZONTA, João H.; BRANDÃO, Ziany N.; MEDEIROS, José C.; SANA, Ronei S.; SOFIATTI, Valdinei. **Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - ISSN 1807-1929 v.18, n.6, p.595–602. Campina Grande, PB, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n6/v18n6a05.pdf>> acesso em 22 de out. de 2018.

VIEIRA, Eny Maria; PRADO, Alexandre Gustavo Soares do; LANDGRAF, Maria Diva; REZENDE, Maria Olímpia de Oliveira. **Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4 diclorofenoxyacético (2,4D) em solo na ausência e presença da matéria orgânica.** São Carlos – SP, 1998. Disponível em:
<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:JMdgSYUF3CQJ:www.scielo.br/pdf/%250D/qn/v22n3/1077.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em 23de out. de 2018.

CAPÍTULO 07

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO DE AMÊndoAS DE BUTIÁ (*BUTIA YATAY*)

Bruna Czapla

Graduanda em Engenharia Química

Instituição: Faculdade Horizontina (FAHOR) - Campus Arnoldo Schneider

Endereço: Av. dos Ipês, 565, Horizontina, - RS, Brasil, CEP: 98920-000

E-mail: bc003689@fahor.com.br

Ana Paula Cecatto

Doutora em Agronomia

Instituição: Faculdade Horizontina (FAHOR) - Campus Arnoldo Schneider

Endereço: Av. dos Ipês, 565, Horizontina - RS, Brasil, CEP: 98920-000

E-mail: cecattoanap@fahor.com.br

RESUMO: O *Butia yatay* é uma palmeira nativa da América do Sul, amplamente distribuída no Brasil, Uruguai e Argentina. Suas amêndoas são conhecidas por serem uma fonte potencial de óleo com propriedades nutricionais e medicinais. Este estudo tem como objetivo realizar a extração do óleo da amêndoas do *Butia yatay* por prensagem para posterior realização de avaliações químicas. O estudo é uma abordagem quali-quantitativa de natureza descritivo-exploratória. Foram utilizados procedimentos de pesquisa bibliográfica, pesquisa experimental e laboratorial. As amostras foram coletadas no primeiro semestre de 2023, no auge da maturação dos frutos. A polpa foi extraída manualmente, e os caroços foram secos ao sol para facilitar a remoção da amêndoas. As amêndoas foram Trituradas e submetidas à prensagem a frio em uma prensa hidráulica. O óleo resultante foi armazenado em condições refrigeradas. Foram realizadas análises para verificar a quantidade, identidade e qualidade do óleo, incluindo a quantificação de carotenoides. Os dados coletados foram analisados por estatística descritiva. A extração de óleo foi eficiente, atingindo 25,54% de óleo extraído. Os parâmetros de qualidade do óleo, como acidez, índice de peróxidos e índice de saponificação, apresentaram-se dentro dos limites legais e indicam que o óleo apresentou-se em bom estado de conservação, sem ácidos graxos livres e com estabilidade em relação aos processos oxidativos. O estudo demonstra que a extração de óleo de amêndoas de *Butia yatay* por prensagem a frio é eficiente, atendendo aos padrões de qualidade, apresentando baixa acidez, ausência de peróxidos e teor significativo de carotenoides, contribuindo para o conhecimento da qualidade desse óleo.

PALAVRAS-CHAVE: Butiá; Extração De Óleo; Carotenoides; Prensagem A Frio.

ABSTRACT: *Butia yatay* is a palm tree native to South America, widely distributed in Brazil, Uruguay and Argentina. Its almonds are known to be a potential source of oil with nutritional and medicinal properties. This study aims to extract *Butia yatay* almond oil by pressing for subsequent chemical evaluations. The study is a qualitative-quantitative approach of a descriptive-exploratory nature. Bibliographical research procedures, experimental and laboratory research were used. The samples were collected in the first half of 2023, at the height of fruit maturation. The pulp was extracted

manually, and the seeds were dried in the sun to facilitate removal of the almond. The almonds were crushed and subjected to cold pressing in a hydraulic press. The resulting oil was stored under refrigerated conditions. Analyses were carried out to verify the quantity, identity and quality of the oil, including the quantification of carotenoids. The collected data were analyzed using descriptive statistics. Oil extraction was efficient, reaching 25.54% of oil extracted. The oil quality parameters, such as acidity, peroxide index and saponification index, were within legal limits and indicate that the oil was in a good state of conservation, without free fatty acids and with stability in relation to processes oxidative. The study demonstrates that the extraction of *Butia yatay* almond oil by cold pressing is efficient, meeting quality standards, presenting low acidity, absence of peroxides and significant carotenoid content, contributing to the knowledge of the quality of this oil.

KEYWORDS: Butiá; Oil Extraction; Carotenoids; Cold Pressing.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de óleos vegetais é uma prática que remonta a tempos ancestrais, sendo empregada tanto para fins medicinais quanto cosméticos (BASER e BUCHBAUER, 2010; GONÇALVES e GUAZZELLI, 2014). Contudo, atualmente, o interesse por óleos vegetais naturais tem se expandido devido à crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade e da busca por alternativas naturais e saudáveis em diversos setores industriais, como alimentos, cosméticos e farmacêuticos.

Nesse contexto, o butiá uma palmeira nativa de grande ocorrência na região sul do Brasil e em outros países da América do Sul, tem sido objeto de estudo (SGANZERLA *et al.*, 2006; SGANZERLA, 2010; SANTOS *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2021; SEVERO *et al.*, 2020). Especificamente no Rio Grande do Sul, há oito espécies nativas de butiá, representando mais de um terço da diversidade total do gênero (SOARES, 2013). Na fronteira Noroeste do estado, na região das Missões, predomina o *Butia yatay* que produz cachos com frutos globulosos, com coloração que varia do amarelo ao arroxeados e comprimento entre 1,8 a 4,2 cm (LORENZI *et al.*, 2004). Segundo Dantas (1997), a cada 100g de frutos de butiá, 56,58g correspondem à polpa, 22,94g ao caroço e 20,48g à casca e parênquima úmido. Logo, em função da composição, onde mais de 20% do fruto corresponde a caroço e amêndoas, o estudo das amêndoas torna-se importante.

No entanto, de acordo com Sganzerla (2010), pouco se conhece sobre a composição química da amêndoa de espécies do gênero butiá. O óleo de amêndoas de butiá se destaca, segundo Rivas e Barbieri (2014) como tendo alta qualidade nutricional. Além disso, as sementes são ricas em lipídeos (53,6%) e fibras e os lipídeos, particularmente, são divididos em: 24% de ácidos graxos insaturados (ácido oléico e linoléico) e 76% de ácidos graxos saturados (ácido caprílico, cáprico, laurílico, mistírico, palmítico e esteárico) (PERALTA, 2013).

Há alguns estudos que caracterizaram quimicamente o óleo de espécies de butiá, como por exemplo, estudo com *Butia capitata* (BARBOSA *et al.*, 2021; SGANZERLA *et al.*, 2006), *Butia eriosphata* (SGANZERLA, 2010) e *Butia odorata* (SANTOS *et al.*, 2015). Contudo, estudos específicos sobre extração e caracterização química de óleo da amêndoa do *Butia yatay* são escassos. Costa (2016) e Benvegnú *et al.* (2020) realizaram estudos com *Butia yatay*, porém detiveram-se ao estudo da

polpa, não avaliando a amêndoas.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo realizar a extração do óleo da amêndoas do *Butia yatay* por prensagem para posterior realização de avaliações químicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo terá abordagem quali-quantitativa e quanto aos objetivos será classificado como sendo descritivo-exploratório. Quanto aos procedimentos adotados, pode-se citar a pesquisa bibliográfica, pesquisa experimental e laboratorial. Pesquisas de cunho experimental e laboratorial permitem ao pesquisador reiterar, provocar e produzir fenômenos em condições controladas (RUIZ, 2008).

2.1 Amostras

As amostras foram coletadas no primeiro semestre de 2023, em estádio ótimo de maturação dos frutos. Após a colheita, os frutos passaram pelo processo de extração da polpa que sucedeu-se de maneira manual, utilizando uma faca (Figura 1A), e os caroços foram dispostos ao sol para secagem (Figura 1B), facilitando o processo da quebra do caroço para posterior retirada da amêndoas.

Figura 1 - Separação da polpa do butiá.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Os caroços (endocarpos) obtidos foram quebrados com o auxílio de um pedaço

de madeira por ação de força de impacto e em seguida as amêndoas foram separadas manualmente e armazenadas em caixas de papelão em local fresco e ao abrigo da luz, até o momento da extração do óleo.

2.2 Extração do óleo

As amostras de amêndoas inteiras foram trituradas com o auxílio de um liquidificador e em seguida foram submetidas à prensagem a frio em uma prensa hidráulica de 15 toneladas (Figura 2).

Figura 2 – Prensa hidráulica utilizada no experimento.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

O óleo foi acondicionado em vidro âmbar coberto com papel alumínio e armazenado sob refrigeração, a fim de evitar qualquer tipo de deterioração no mesmo até o momento das análises.

2.3 Avaliações

Além da avaliação da quantidade de óleo extraído, foram realizadas análises para verificação da identidade e qualidade do óleo obtido. As avaliações químicas foram realizadas conforme metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz (2008) e todas as análises foram realizadas em triplicata.

Também realizou-se a quantificação do teor de carotenoides presentes no

óleo obtido.

2.3.1 Quantidade de Óleo

A quantidade de óleo bruto extraído foi calculada relacionando o teor de óleo extraído com a massa inicial de amêndoas submetidas à prensagem, conforme Equação 1 (BITTENCOURT; PEREIRA, 2014).

$$Quantidade\ de\ óleo\ (%) = \frac{m_{óleo}}{m_{amostra}} \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo:

m óleo – massa do óleo obtido em gramas

m amostra – massa total da amostra submetida a extração

2.3.2 Análise de Acidez

O método utilizado para a determinação de ácidos graxos livres baseou-se na titulação da amostra (diluída em uma solução de éter-álcool etílico) com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando como indicador a fenolftaleína, segundo metodologia o Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em percentual de ácido oleico, obtidos através das Equação 2 e 3.

$$Acidez\ em\ ácido\ oléico\ (%) = \frac{v \cdot M \cdot 28,2}{m} \quad (2)$$

$$Acidez\ (mg\ KOH \cdot g^{-1}) = \frac{v \cdot 5,61}{m} \quad (3)$$

Sendo:

v = volume em mL de solução de hidróxido de sódio 0,1

M gasto na titulação m = massa em g de amostra

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

2.3.3 Índice de Saponificação

Para a determinação do índice de saponificação o óleo foi saponificado por meio de uma solução alcoólica de hidróxido de potássio 0,5 M. O excesso de álcali não utilizado para a saponificação foi titulado por meio de uma solução de ácido clorídrico 0,5 M. A diferença entre a prova em branco e a amostra da a quantidade de hidróxido de potássio utilizado na saponificação do alimento lipídico de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). O índice de saponificação foi determinado pela Equação 4.

$$\text{índice de saponificação} = \frac{26,06 \cdot f(v_B - v_A)}{m} \quad (4)$$

Sendo:

vA = volume gasto na titulação da amostra

vB = volume gasto na titulação do branco

f = fator da solução de HCl 0,5 M

m = peso em g de amostra

2.3.4 Índice de Peróxidos

O índice de peróxido foi determinado segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde por esse método determina-se todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio.

Os resultados para este índice foram obtidos através da Equação 5.

$$\text{índice de peróxido} = \frac{v \cdot N \cdot 1000}{m} \quad (5)$$

Sendo:

v = volume em mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 (ou 0,01 N) gasto na titulação da amostra

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio

m = massa em g da amostra

2.3.5 Teor de Carotenoides

A determinação do teor de carotenoides da amostra foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis – marca Quimis modelo Q898DRM5. Para determinação do betacaroteno, a absorbância lida foi de 450 nm. Desse modo, os carotenoides foram determinados de acordo com a Equação 6 (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004).

$$\text{Teor de carotenoides (mg 100 g}^{-1}) = \frac{A \times V \times 1.000.000}{A_{1cm}^{1\%} \times M \times 100} \quad (6)$$

Sendo:

A = absorbância da solução no comprimento de onda de 450 nm para o betacaroteno;

V = volume final da solução;

A_{1cm}1% = coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento (2592 para o betacaroteno);

M = massa da amostra tomada para a análise.

2.4 Análise de dados

Os dados coletados foram analisados por meio de estatística descritiva, usando Microsoft Excel, 2013(R).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da utilização da equação 1 foi possível calcular a quantidade de óleo extraído a partir das amêndoas, que atingiu 25,54%. Considera-se a extração eficiente, pois de acordo com Bittencourt e Pereira (2014) a amêndoa possui 45,5% de óleo na sua totalidade e quando submetida as melhores condições de extração por prensagem a frio as quantidades podem chegar a 36,1% de óleo extraído. O valor encontrado também se equivale ao determinado por Sganzela (2010) após submeter as amêndoas de *Butia capitata* e *Butia eriosphata* a extração do óleo pelo método de

soxhlet, a qual conseguiu 28,74% de óleo para o *B. capitata* e 26,31% para o *B. eriosphata*. Ainda segundo a autora supracitada, o melhor método para extração do óleo de amêndoas de butiá é combinando o método de Bligh e Dyer com ultrassom. Vilhena *et al.* (2020) destacam que a secagem das amêndoas é de extrema relevância no processo de extração do óleo, tendo em vista a obtenção de um produto de maior pureza. Desta forma, esta é uma etapa a ser incluída em um próximo trabalho com a amêndoas do butiá.

Cabe ressaltar que o método de prensagem é um método que não utiliza nem solventes nem gases, e por isso o produto obtido acaba tendo suas propriedades naturais mais preservadas. No entanto, sua eficiência e rendimento é inferior quando comparado aos métodos de extração com solvente (SGANZERLA, 2010; BITTENCOURT; PEREIRA, 2014).

Após a extração do óleo por prensagem a frio do *B. yatay* este foi caracterizado e os resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de identidade e qualidade do óleo de amêndoas de *Butia yatay*.

Parâmetros	<i>B. yatay</i>
Acidez (% ácido oleico)	0,3 ± 0,08
Acidez (mg KOHg ⁻¹)	0,64 ± 0,16
Índice de Saponificação (mg KOHg ⁻¹)	166,78 ± 0,60
Índice de Peróxidos (meq Kg ⁻¹)	Ausente
Carotenoides (mg de β-caroteno 100g ⁻¹)	10,64 ± 0,19

Fonte: Elaboração própria, 2013.

São poucos os trabalhos publicados que avaliaram a identidade e qualidade do óleo da amêndoas de butiá (SGANZERLA *et al.*, 2006; SGANZERLA, 2010; BITTENCOURT; PEREIRA, 2014), a maior parte dos estudos concentram-se somente na polpa, parte nobre do fruto.

Sabe-se que acidez dos óleos e o índice de peróxidos são parâmetros importantes para a determinação da qualidade dos óleos e gorduras (FAO, 1981), por indicarem a presença de ácidos graxos livres oriundos de processos hidrolíticos e oxidativos (YUYAMA *et al.*, 1998; SGANZERLA *et al.*, 2006). A legislação brasileira determina que o limite de acidez para óleos brutos seja entre 0,6 e 4 mg KOHg⁻¹ e para óleos prensados a frio e não refinados o valor máximo permitido é de 4 mg KOHg⁻¹ (ANVISA, 2005). Logo, o valor determinado no presente estudo para o óleo das amêndoas de *B. yatay* (0,64 mg KOHg⁻¹) encontra-se dentro do limite da legislação.

Além disso, indica que o óleo obtido no estudo não apresenta ácidos graxos livres, além de ter grande estabilidade em relação aos processos oxidativos. Isto se deve, provavelmente, à forma de armazenamento realizada, que assim como no estudo de Bittencourt e Pereira (2014) a temperatura de refrigeração e as condições de armazenamento nas quais as amostras se encontravam não afetaram os ácidos graxos constituintes.

Quando determinada acidez em porcentagem de ácido oleico, o resultado obtido no estudo foi abaixo ao determinado por Sganzerla (2010). A autora quantificou 0,59% de ácido oleico em *B. odorata* e 0,60% em *B. eriosphata*. Da mesma forma, o valor foi inferior ao quantificado por Bittencourt e Pereira (2014), que obtiveram 0,67% de ácido oleico para o óleo de amêndoas de *B. quaraimana*. Os valores de ácido oleico determinados no presente estudo foram próximos ao valor encontrado por Sganzerla *et al.* (2006) em *B. capitata* (0,11%).

A ausência do índice de peróxido obtido no presente estudo também foi observada nos estudos de Sganzerla *et al.* (2006) e Bittencourt e Pereira (2014). Segundo as autoras citadas, esta ausência indica o bom estado de conservação do óleo, indicando que o óleo em análise não passou por processos de oxidação, o que foi evidenciado também pelos baixos índices de acidez, assim como o observado no presente estudo. A legislação brasileira estabelece um valor máximo de 15 meq Kg⁻¹, portanto a amostra analisada encontra-se dentro deste limite.

O índice de saponificação é inversamente proporcional ao tamanho da cadeia de ácidos graxos, ou seja, quanto maior for este índice menor será o tamanho da cadeia. No presente estudo, quantificou-se um índice de saponificação para o óleo da amêndoa de *Butia yatay* de 166,78 mg KOHg⁻¹ sendo próximo ao determinado por Bittencourt e Pereira (2014) para o *Butia quaraimana* (136,59 mg KOHg⁻¹). Sganzerla (2010) quantificou valores bem superiores ao encontrado no presente estudo. A autora relatou 243,42 mg KOH g⁻¹ para o *Butia odorata* e 245,83 mg KOH g⁻¹ para o *Butia eriosphata*. O que percebe-se é que este índice está muito relacionado à espécie estudada.

Teoricamente, sabe-se que os frutos das palmeiras são fontes de carotenoides, porém estão concentrados principalmente nas polpas dos frutos. Os carotenoides têm ação protetora à oxidação, além de conferirem coloração amarelada aos óleos (RODRIGUEZ- AMAYA; KIMURA, 2004). No estudo em questão, obteve-se uma quantidade de $10,64 \pm 0,19$ mg de β -caroteno 100g⁻¹, quantidade está superior à

encontrada por Sganzerla (2010) em *B. capitata* ($9,21 \mu\text{g.g}^{-1}$) e em *B. eriosphata* ($7,62 \mu\text{g.g}^{-1}$) e por SANTOS *et al.* (2015) em *B. odorata* ($3,10 \text{ mg de } \beta\text{-caroteno } 100\text{g}^{-1}$). No estudo de Vergara *et al.* (2020), a polpa do butiá apresentou $28 \text{ mg de } \beta\text{-caroteno } 100\text{g}^{-1}$. Se adicionarmos, por exemplo a quantidade de carotenoides presentes na polpa com a quantidade da amêndoia, a fruta torna-se uma opção bastante atrativa no que se refere a quantidade deste biocompostos. Segundo Schiozer e Barata (2007) as ligações conjugadas da cadeia dos carotenoides, além de conferir a cor característica, eles também tornam a molécula altamente suscetível à isomerização e oxidação. Dessa forma, segundo os autores, é de suma importância proteger as amostras da luz, calor, oxigênio, ácidos e, em alguns casos, ao álcali, durante as análises. Entende-se que no presente estudo, devido ao fato da extração do óleo ter sido realizada a frio e por prensagem, sem uso de solventes, os teores de β -caroteno foram superiores aos relatados até o momento pela literatura. Os resultados relatados pelos autores citados, são oriundos de óleos de amêndoas extraídos por ação de solventes a quente.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo revelam que a obtenção do óleo de amêndoas de *Butia yatay* por prensagem a frio é um método eficiente, preservando as propriedades naturais do óleo.

A análise dos parâmetros de identidade e qualidade do óleo também demonstrou que o óleo de amêndoas de *Butiá yatay* atende aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. A baixa acidez, a ausência de índice de peróxidos e o teor de carotenoides encontrados indicam a estabilidade e a pureza do óleo, além de seu valor potencial nutricional e funcional devido à presença de β -caroteno.

Além disso, destaca-se a escassez de pesquisas que abordam a identidade e qualidade do óleo de amêndoas de diferentes espécies de butiá, com a maioria dos estudos concentrando-se na polpa. Assim, esta pesquisa contribuiu para o conhecimento da qualidade do óleo de amêndoas de *Butia yatay* e pode servir como base para futuros estudos nessa área.

REFERÊNCIAS

ANVISA. **Resolução RDC nº 270**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

BARBOSA, M. C. de A et al. Composition proximate, bioactive compounds and antioxidant capacity of *Butia capitata*. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 763-764, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.26720>

BASER, K.H.C.; BUCHBAUER, G. (Eds.). **Handbook of essential oils: science, technology, and applications**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010.

BENVEGNU, I. A. et al. Caracterização do Extrato de *Butiá yatay* como aditivo para embalagens biodegradáveis, 2020, Bagé. **Anais** [...] Bagé: Urcamp. 2020. p. 1-6.

BITTENCOURT, C. R.; PEREIRA, M. M. Prensagem das amêndoas de butiás (butia quaraímana) e caracterização dos produtos resultantes. 2014. 83 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharel em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2014.

COSTA, J. de O. Determinação do teor de vitamina C em polpas de frutas congeladas por Iodimetria: Uma opção para o controle de qualidade. 2016. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharel em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, curso de nutrição, Vitória de Santo Antão, 2016.

DANTAS, A. C. M. *Butia sp. Monografia* (Curso de pós-graduação em Agronomia na área de concentração fruticultura de clima temperado). UFPEL, Pelotas, 1997.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Amino acid content foods**. Roma. (Nutritional Studiesno 24). 287 p., 1981.

GONÇALVES, A; GUAZZELLI, M. J. **Agroflorestas e óleos essenciais**. 2014. Disponível em: http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Cartilha_Oleos.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos-físicos para análises de alimentos**. São Paulo. 4º. ed. São Paulo Instituto Adolfo Lutz, 1020 p., 2008.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. 3º edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2004. 375 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Handbook for carotenoid analysis**. Washington: HarvestPlus, 2004. 58 p.

SANTOS, P. S. dos.; DALLMANN, C. M.; HOFFMANN, F.; CHAVES, F.C.; CHAVES, A. L. S. Compostos bioativos no óleo da amêndoa de *Butia odorata*. **Anais** do XXIV Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Pelotas. Pelotas: UFPEL, 2015.

SEVERO, Joseana; AMARAL, Volmir Ribeiro do; MICHELOTTI, Adriana Aparecida Hansel. **Butiá**: aliando desenvolvimento, saúde e sustentabilidade. 1. ed. Santa Rosa - RS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha Campus Santa Rosa, 2020. 66 p. v. 1. ISBN 9786599276309.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S.. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**, [S.I.], v. 3, n. 02, p. 6-24, 2013.

SGANZERLA, M. et al. Caracterização química da amêndoa e avaliação do óleo extraído de frutos de butiá (*Butia capitata*). **Anais** do XV Congresso de iniciação científica (CIC), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. p. 2-3, 2006.

SGANZERLA, M. Physico-chemical characterization and antioxidant capacity of pindo palm.. 2010. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

SOARES, K.P. O gênero Butia (Becc.) Becc. (ARECACEAE) no Rio Grande do Sul com ênfase nos aspectos ecológicos e silviculturais de *Butia yatay* (Mart.) Becc. E *Butia witeckii* K. Soares & S. Longhi. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, 2013.

VERGARA, L. P.; OLIVEIRA, R. M.; FRANZON, R. C.; CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C. Efeito da retenção de compostos bioativos e perfil sensorial em balas mastigáveis formuladas com polpa Blend/ Effect of the bioactive compounds retention and sensory profile in chewy candies made with Blend Pulp. **Brazilian Journal of Development**, [S. I.], v. 6, n. 11, p. 90148–90159, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-431. Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/20187>. Acesso em: 8 nov. 2023.

VILHENA, A. E. G. de; SEHWARTZ, R. L. da C.; BEZERRA, P. T. da S.; BRASIL, D. do S. B. Caracterização físico-química do óleo de castanha do Pará extraído por prensagem hidráulica / Physical and chemical characterization of Pará chestnut oil extracted by hydraulic pressing. **Brazilian Applied Science Review**, [S. I.], v. 4, n. 3, p. 859–865, 2020. DOI: 10.34115/basrv4n3-009. Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/9680>. Acesso em: 8 nov. 2023.

YUYAMA, L. K. O. et al. Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1998.

CAPÍTULO 08

UMA ANÁLISE DA ADEQUAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DA ASSISTÊNCIA FARMACÊUTICA NA ATENÇÃO BÁSICA NO ESTADO DO PARÁ

Marcos Valério Santos da Silva

Doutor em Ciências Farmacêuticas

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº01, Guamá, Belém - PA, CEP: 66075-110

E-mail: marcossilva@ufpa.br

André Vilhena da Silva

Mestre em Saúde Coletiva

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, nº01, Guamá, Belém - PA, CEP: 66075-110

E-mail: andrevilhena82@gmail.com

Luana Miranda de Souza

Especialista em Farmácia Clínica e Cuidados Farmacêuticos

Instituição: Associação dos Farmacêuticos do Estado do Pará (AFEPA)

Endereço: Rua dos Pariquis, 301, Cremação, Belém - PA, CEP: 66040-045

E-mail: luanasouzaspn@hotmail.com

Jaiane Silva de Souza

Especialista em Farmacologia Clínica Aplicada

Instituição: Universidade da Amazônia

Endereço: Avenida Alcindo Cacela, 287, Umarizal, Belém – PA

E-mail: jaisouza1808@gmail.com

Jeisiane Silva de Souza

Graduanda em Farmácia

Instituição: Faculdade de Educação e Tecnologia da Amazônia (FAM)

Endereço: Rodovia Dr. João Miranda, Bosque, Abaetetuba - PA

E-mail: souzajeise2000@gmail.com

RESUMO: Investigar a adequação da Política Nacional da Assistência Farmacêutica (PNAF) no Estado Pará. Pesquisa transversal, avaliativa, com uma abordagem quantitativa do tipo normativa, tendo como base de informações o banco de dados nacional do terceiro ciclo do PMAQ-AB. O estudo é formado pelas novecentos e setenta UBS pertencentes ao Estado do Pará e que foram avaliadas, pelo terceiro ciclo PMAQ-AB. Somente 19 farmacêuticos estavam inseridos nas 970 Unidades analisadas. Dados coletados acerca da estrutura das Unidades Básicas de Saúde do estado do Pará revelam que: 33,09 % não possuíam área destinada para dispensação de medicamentos; apenas 17,32% detinham de ambiente destinado ao fracionamento de medicamentos; somente 8,04% contavam com sala destinada ao seguimento farmacoterapêutico; 63,61% apresentavam área apropriada destinada à estocagem de medicamentos; 65,36% dispunham de boas condições de armazenamento; apenas 210 computadores estavam disponíveis para a assistência farmacêutica. Os resultados demonstraram um grande descompasso entre o que é preconizado pela

PNAF e realidade, suscitando, assim, a necessidade de investimento em estrutura e recursos humanos.

PALAVRAS-CHAVE: Assistência Farmacêutica; Atenção Básica; PMAQ-AB.

ABSTRACT: Research the adequation of the National Politics of Assistance Pharmaceutical (NPAP) in the State of Pará. The research, is tranverse, evaluative, with a normative quantitative approach. Based on the informations of national databases of third of PMAQ-AB. Only 19 pharmacists are included in 970 units analysed. Data collected about the structure of the Basic Health Units in the State of Pará reveal that: 33,09% It didn't have area for dispensation the medications; only 17,32% had a local for the fractionation of medications, only 8,04% it included room for pharmacotherapeutic follow-up; 63,61% it presented good coonditions to stock medications. 65, 36% it had good stotage conditions;only 210 computers were available for pharmaceutical care. The results demonstrate a big mismatch between what is recommended by NPAP and the reality, raising the need to invest in structure and human resources.

KEYWORDS: Pharmaceutical Care; Basic Care; PMAQ-AB

1. INTRODUÇÃO

A saúde pública em nosso país, como a conhecemos hoje, um sistema público, integral, universal e equânime, é fruto de um processo histórico que foi sendo desenhado ao longo de várias décadas (PAIM JSP e ALMEIDA NF, 2014). A Lei nº 8080 de 1990, estabelece que a saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício (BRASIL, 1990). Para tanto, o Sistema Único de Saúde (SUS) se organiza em níveis de atenção, dentre os quais se destaca a Atenção Básica (AB).

A Atenção Primária é a responsável pelo primeiro contato do cidadão com o sistema de saúde em nosso país, e referenciada como porta de entrada do mesmo. Ela é organizada para estar presente nas imediações do local onde reside o paciente, daí a criação das Unidades Básicas de Saúde (UBS) que, posteriormente, foram reorganizadas na Estratégia Saúde da Família (ESF) para garantir esse acesso inicial (COSTA LB, *et al.*, 2019). Entre os cuidados ofertados pelo SUS aos cidadãos no âmbito dos programas de saúde, a Assistência Farmacêutica (AF) está presente.

Em 1998, com a portaria GM/MS nº 3916, é lançada a Política Nacional de Medicamentos (PNM), sendo responsável pela reorientação da AF, uma vez que, ao transformar a saúde em dever do Estado, o medicamento passa a ser considerado um elemento indispensável e de acesso universal. A partir desta portaria, a AF passa a ser compreendida como um conjunto de atividades, tendo o medicamento como insumo, envolvendo todas as etapas, desde sua aquisição até a chegada ao usuário, visando também a qualificação dos personagens envolvidos neste processo (BRASIL, 2002).

Apesar de todo o arcabouço jurídico existente para a consolidação da AF, várias pesquisas vêm apontando dificuldades para sua plena implementação (COSTA KS, *et al.*, 2017). Tendo em vista essa situação, o Governo Federal criou o Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ-AB).

O PMAQ-AB é um projeto que tem, entre outras finalidades, investigar, incrementar e manter a qualidade dos serviços em saúde, na atenção básica, prestados à população no Brasil e apontar caminhos para solucionar possíveis problemas detectados, permitindo, assim, alcançar um padrão nacional de qualidade em saúde. O programa é uma iniciativa do governo federal, sendo parte de um projeto mais amplo: o “Saúde mais perto de você – Acesso e Qualidade”, criado em 2011,

mediante a Portaria MS/GM nº 1.654 de 19 de julho (BRASIL, 2015). Nesta perspectiva, o objetivo do trabalho foi analisar a adequação da Política Nacional da Assistência Farmacêutica no estado do Pará, utilizando como referência o banco de dados do PMAQ-AB.

2. MÉTODOS

2.1 Campo de estudo

O campo de estudo é formado pelas 970 (novecentos e setenta) UBS pertencentes aos municípios que compõem o Estado do Pará e que foram avaliadas, pelo terceiro ciclo PMAQ-AB.

O estado do Pará é composto por um total de 144 (cento e quarenta e quatro) municípios, que foram agrupados pelo Ministério da Saúde em 13 regiões de saúde, seguindo critérios como proximidade territorial e semelhanças socioeconômicas.

Os dados referentes às UBS analisados nesta pesquisa foram agrupados nas regiões de saúde que compõem o estado do Pará.

2.2 Tipo de estudo

A pesquisa pode ser enquadrada como transversal, avaliativa, com intuito foi analisar a adequação da Política Nacional Assistência Farmacêutica nos municípios do estado do Pará que aderiram ao terceiro ciclo do PMAQ-AB.

2.3 Coleta de dados

A avaliação externa do terceiro ciclo do PMAQ-AB ocorreu em 2018. Nessa etapa, são investigados a qualidade e o acesso dos indicadores contratualizados nos municípios que aderiram ao programa. Ela é constituída da aplicação de quatro módulos de questionários, para esse estudo, utilizaremos as perguntas referentes ao módulo I (BRASIL, 2013).

2.4 Adequação do cálculo dos padrões de qualidade

A proposta para atribuir a pontuação calculada pelo PMAQ-AB está contida na

Nota Metodológica da Certificação, para os indicadores referentes a estrutura e ambiência das UBS no módulo I. (BRASIL, 2013).

2.5 Critérios estudados

Sobre a infraestrutura dos serviços de farmácia, foram avaliados os seguintes parâmetros: existência de farmacêutico, área de dispensação de medicamentos, área de fracionamento de medicamentos, área de estocagem, armazenamento de medicamentos de forma correta e existência de computador na farmácia.

2.6 Análise dos dados

Os dados aqui apresentados foram adaptados do banco de dados do PMAQ-AB, pertencentes à avaliação externa do terceiro ciclo do programa. As informações foram transcritas de linguagem binária original e tabuladas pelo Microsoft Excel 2010. As análises descritivas foram apresentadas em forma de porcentagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As UBS estudadas nesta pesquisa foram agrupadas nas regiões de saúde que dividem o estado do Pará. Segundo Brasil, 2011:

Considera-se Região de Saúde o espaço geográfico contínuo constituído por agrupamento de Municípios limítrofes, delimitado a partir de identidades culturais, econômicas e sociais e de redes de comunicação e infraestrutura de transportes compartilhados, com a finalidade de integrar a organização, o planejamento e a execução de ações e serviços de saúde.

Chama a atenção o fato de a região metropolitana I, constituída por apenas cinco municípios, possuir, juntamente com a região metropolitana III, composta por vinte e dois municípios, o maior número de UBS do estado, 280 (28,8%) diante de um total de 970. Viana ALD, *et al.* (2010) argumentam que o fato de a região metropolitana I possuir a maior parcela da população estadual faz com que a mesma receba maiores investimentos e também a maior distribuição das ofertas de serviços em saúde no território.

Em relação à presença do farmacêutico na Atenção Básica, apenas 19 desses profissionais estavam inseridos nas UBS analisadas. A região metropolitana I possui

os dados mais expressivos para este indicador. Nela, encontravam-se 39,84% dos farmacêuticos identificados pelo PMAQ-AB. Bermudez JAZ, *et al.* (2018) vão além ao mostrar a distribuição desigual dos recursos humanos do SUS. Segundo os autores, há uma concentração de farmacêuticos nas capitais do país.

Peixoto RT, *et al.* (2022) relatam que no segundo ciclo do PMAQ-AB a média nacional de UBS que possuíam o farmacêutico em seu quadro funcional foi de 14,4% para 14,7% no terceiro, apresentando assim um baixo crescimento entre os anos de 2014 e 2018, respectivamente.

A ausência do farmacêutico também configura uma grande fragilidade da AF no tocante ao cuidado integral na AB, haja vista o papel central deste no tocante às atividades técnico-gerenciais, ou aquelas voltadas ao cuidado. A atenção farmacêutica proporciona o aumento da resolutividade no uso de medicamentos, seja voltado ao seu uso racional, ou aos problemas ocasionados por eles, ocasionando assim a ampliação dos indicadores a serem levados em consideração pelos gestores e outros profissionais de saúde (BRASIL 2014).

O dado sobre a existência de área destinada para dispensação de fármacos revelou que, na época da pesquisa do PMAQ-AB, 321 (33,09 %) UBS do estado do Pará não possuíam tal ambiente. Esta informação vai de encontro ao que é preconizado pela Resolução de Diretoria Colegiada nº 44 de 17 de janeiro de 2009. Esta resolução dispõe sobre as boas práticas farmacêuticas e esclarece em seu Art. 5º que:

As farmácias e drogarias devem ser localizadas, projetadas, dimensionadas, construídas ou adaptadas com infraestrutura compatível com as atividades a serem desenvolvidas, possuindo, no mínimo, ambientes para atividades administrativas, recebimento e armazenamento dos produtos, dispensação de medicamentos, depósito de material de limpeza e sanitário (BRASIL, 2009, não paginado).

Para Brasil (2009), a sala de dispensação é o ambiente onde o paciente recebe o medicamento, espaço destinado a dirimir dúvidas quanto à terapia medicamentosa, local que tem, portanto, influência direta na adesão ao tratamento, por isso este espaço deve ser pensado tanto em sua estrutura e também como em logística, como um facilitador da comunicação entre o profissional farmacêutico e o paciente.

Salientamos que tão importante quanto ter a área destinada à dispensação é também a presença do farmacêutico neste ambiente, haja vista que é durante essa atividade que são esclarecidas dúvidas quanto ao uso, frequência e horários da

utilização da medicação, bem como a checagem da legalidade do receituário. Esse é o profissional mais indicado para tal tarefa.

Em uma revisão sistemática realizado por Alberici ASR *et al.* (2023), foram analisados os principais fatores relacionados ao uso incorreto de dispositivos inalatórios associados ao tratamento da asma e concluiu-se que cerca de 75% dos erros estavam associados a falta de orientação adequada. Em outro estudo realizado por Trevizani MS *et al.* (2023), foram analisados os conhecimentos dos idosos de uma UBS do estado de Roraima acerca das interações entre plantas medicinais e medicamentos alopáticos que eram usados por eles de forma frequente e concomitante, foi identificado um expressivo número de pessoas que desconhecem possíveis interações, contabilizando 80,0%. Em ambos os casos, esses problemas poderiam ser atenuados com a presença e orientação do farmacêutico no ato da dispensação desses medicamentos nas Unidades de Saúde.

No tocante ao ambiente destinado ao fracionamento de medicamentos, os dados revelaram um número baixíssimo de UBS nas quais essa área existe, apenas 168 (17,32%). Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada nº 80, de 11 de maio de 2006, o fracionamento de medicamentos é parte da dispensação e consiste em liberar medicamentos em quantidades específicas descritas na prescrição, devendo ser realizado em área fechada ou compartilhada com a área de dispensação. Fernandes MR (2020) salientam a importância do fracionamento do medicamento como um aliado no combate ao desperdício, uma vez que o paciente recebe a quantidade exata para o tratamento.

Cabe ressaltar que a atividade de fracionamento deve ser acompanhada por farmacêutico. Considerando o reduzido número deste profissional nos achados da pesquisa, é possível presumir que este fator esteja influenciando nos resultados referentes ao número de UBS que possuem ambiente destinado a esta finalidade, gerando custos evitáveis ao erário público.

Em relação à sala destinada ao seguimento farmacoterapêutico, os achados das pesquisas foram reveladores, pois apenas 78 (8,04%) unidades possuíam este espaço. A Resolução de Diretoria Colegiada nº 44 de 17 de janeiro de 2009 dispõe que os espaços destinados aos serviços farmacêuticos devem ser diversos da área utilizada para dispensação. O seguimento farmacoterapêutico corresponde ao trabalho deste profissional, em colaboração com a equipe multidisciplinar, junto ao paciente, com o intuito de promover a adesão ao tratamento, acompanhamento

farmacológico, revisão da terapia, uso racional de medicamentos, entre outras atividades (DESTRO DR, *et al.*, 2021).

A ausência deste espaço representa uma grande lacuna no tocante à atenção farmacêutica e no processo de cuidado integral. Segundo Barros DSL, *et al.* (2020), o seguimento farmacoterapêutico na AB não é o serviço clínico mais praticado pelo profissional e deve estar relacionado à falta de segurança que o farmacêutico tem em praticá-lo.

Os dados referentes à existência da área destinada à estocagem de medicamentos apresentaram resultados semelhantes aos da existência para área destinada à dispensação (63,61%) e juntos representaram, ainda que seja necessário melhorar, os resultados mais positivos da pesquisa sobre infraestrutura. A existência deste ambiente está preconizada na Resolução de Diretoria Colegiada nº 44 de 17 de janeiro de 2009, como parte integrante de qualquer estabelecimento farmacêutico.

O acondicionamento correto de medicamentos permite a manutenção de suas características físicas e de seu efeito bioquímico, evitando assim a ocorrência de reações adversas e intoxicações que podem levar inclusive a óbito.

Os dados referentes à qualidade do armazenamento de medicamentos mostraram-se satisfatórios, em sua maioria, visto que 65.36% das farmácias possuíam boas condições de armazenamento, com destaque para a região de saúde metropolitana I, onde esse dado atingiu 80,6%. A região com a maior proporção de não conformidades com as condições para armazenagem foi a do Baixo Amazonas (24%); entretanto, quando comparados a números nacionais, revela-se a necessidade de melhorar.

Costa CMFN, *et al.* (2017) pesquisaram dados de 2015 da Pesquisa Nacional sobre Acesso, Utilização e Promoção do Uso Racional de Medicamentos e detectaram que Norte e Nordeste eram as regiões do país com os piores índices nas condições de armazenamento. Entre os fatores elencados, citam a falta de cuidado com a monitorização da temperatura das farmácias pertencentes à atenção básica.

A presença do computador na farmácia das UBS mostrou-se uma grande fragilidade a uma implantação plena da AF no Pará, apenas 210 estavam disponíveis entre as 970 UBS analisadas. Das regiões de saúde, as que apresentaram melhores e piores desempenhos respectivamente foram as regiões metropolitanas I (25,3%) e a do Baixo Amazonas (0%). A presença das tecnologias da informação representa um grande auxílio no gerenciamento do estabelecimento farmacêutico, propiciando um

maior controle do estoque, saída e recebimento de medicamentos e insumos.

Torres ASF, *et al.* (2021), em uma pesquisa sobre o nível de institucionalização da AF em Ananindeua, Pará, relatou que, em 2019, este município foi judicializado pelo Ministério Público do Estado Pará pela não adesão ao Sistema Nacional de Gestão da Assistência Farmacêutica (Sistema Hórus), sistema esse que depende da presença do computador. Soler O, *et al.* (2018) pesquisaram a AF no município de Belém do Pará e detectaram problemas referentes à utilização das tecnologias da informação, envolvendo instabilidade de internet, acarretando assim a utilização do referido sistema.

A implementação do cuidado farmacêutico ainda está em construção no Brasil, enfrentando alguns obstáculos. A principal lacuna observada no processo de avaliação da AF na atenção básica está relacionada ao processo de cuidado desenvolvido pelos farmacêuticos por meio da prestação dos serviços clínicos. Sendo necessária a avaliação da estrutura, do processo e, em especial, os resultados obtidos por meio dessas ações (SOARES LSS, *et al.*, 2020).

4. CONCLUSÃO

Dados referentes a estrutura física das farmácias das Unidades Básicas de Saúde avaliados Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica no estado do Pará revelam extensas fragilidades no que tange à Assistência Farmacêutica do estado, tanto no tocante ao ambiente das farmácias, quanto no que se refere a presençado farmacêutico nesses ambientes, pois somente 19 desses profissionais estavam inseridos nas 970 Unidades analisadas.

Os dados referentes à existência da área destinada à estocagem de medicamentos apresentaram resultados semelhantes aos da existência da área destinada à dispensação e juntos representaram, ainda que seja necessário melhorar, os resultados mais positivos da pesquisa sobre infraestrutura. As informações coletadas revelam necessidade de investimento nas condições estruturais das farmácias e aumento do efetivo de farmacêuticos.

REFERÊNCIAS

1. ALBERICI ASR, *et al.* Erros no uso de dispositivos inalatórios associados ao tratamento da asma: uma revisão sistemática. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.9, n.10, p. 27585-27601, out. 2023. DOI:10.34117/bjdv9n10-008.
2. BARROS DSL, *et al.* Serviços farmacêuticos clínicos na atenção primária à saúde do Brasil. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 18, n. 1, 2020. ISSN 1981-7746.
3. BERMUDEZ JAZ, *et al.* Assistência farmacêutica nos 30 anos do SUS na perspectiva da integralidade. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 6, jun. 2018.
4. BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Brasília, DF, 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm. Acessado em: 25 de Setembro de 2023.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Política nacional de medicamentos. Brasília, DF: Secretaria de Políticas de Saúde, Departamento de atenção básica, 2002. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_medicamentos.pdf. Acessado em 16de Setembro de 2023.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 44, de 17 de agosto de 2009. Brasília, DF, 2009. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2009/rdc0044_17_08_2009.pdf. Acessado em: 16 de Setembro de 2023
7. BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Comissão Intergestores Tripartite. Resolução nº 1 de 29 de setembro de 2011. Estabelece diretrizes gerais para a instituição de Regiões de Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), nos termos do Decreto Nº 7.508, de 28 de junho de 2011. Brasília, DF, 2011. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cit/2011/res0001_29_09_2011.html. Acessado em: 12 de Setembro de 2023.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ): instrumento de avaliação externa para as equipes de atenção básica (Saúde da Família e equipe parametrizada). Brasília, DF, 2013. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acesso_qualidade_programa_melhoria_pmaq.pdf. Acessado em: 12 de Setembro de 2023.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Nota Metodológica da Certificação das Equipes de Atenção Básica Participantes do Programa de Melhoria do Acesso e da Qualidade na Atenção Básica. Brasília, DF, 2013. Disponível em:

http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/documentos/nota_metodologica_pmaq.pdf. Acessado em 12 de Setembro de 2023.

10. BRASIL. Ministério da Saúde. Caderno 1: Serviços farmacêuticos na Atenção Básica à Saúde. Cuidado farmacêutico na atenção básica. Brasília, DF, 2014. 108 p. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/servicos_farmaceuticos_atencao_basica_sau_de.pdf. Acessado em: 12 de Setembro de 2023.
11. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Manual Instrutivo do PMAQ para as equipes de atenção básica (Saúde da Família, Saúde Bucal e Equipes Parametrizadas). 2. ed. Brasília, DF, 2015. 64 p. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_instrutivo_pmaq_atencao_basica.pdf. Acessado em: 15 de Setembro de 2023.
12. COSTA KS, et al. Avanços e desafios da assistência farmacêutica na atenção primária no Sistema Único de Saúde. Rev Saúde Pública, v. 51, 2017. Suplemento.
13. COSTA CMFN, et al. Utilização de medicamento pelos usuários da atenção primária do Sistema Único de Saúde. Rev Saúde Pública, v. 51. 2017. Suplemento.
14. COSTA LB, et al. Avaliação da qualidade da atenção primária à saúde em Fortaleza, Brasil, na perspectiva dos usuários adultos no ano de 2019. Ciência & Saúde Coletiva, v. 26, n. 6, p. 2083-2096, 2021. ISSN 1678-4561.
15. DESTRO DR, et al. Desafios para o cuidado farmacêutico na Atenção Primária à Saúde. Physis: Revista de Saúde Coletiva, v. 31, n. 3, 2021.
16. FERNANDES MR, et al. Prevalência e fatores associados à presença de medicamentos vencidos em estoques caseiros. Cadernos Saúde Coletiva, v. 28, n. 3, p. 390-399, 18 set. 2020. ISSN 2358-291X.
17. PAIM JSP e ALMEIDA NF. Saúde coletiva: teoria e prática. Rio de Janeiro: Medbook; 2014. p. 720.
18. PEIXOTO RT, et al. O farmacêutico na atenção primária à saúde no Brasil: análise comparativa 2014-2017. Saúde em Debate, [S. l.], v. 46, n. 133, apr./jun, p. 358–375, 2022.
19. SOARES LSS, et al. Percepções de atores sociais sobre assistência farmacêutica na atenção primária: a lacuna do cuidado farmacêutico. Saúde em Debate, v. 44, n. 125, p. 411-426, abr. 2020. ISSN 2358-2898.
20. SOLER O, et al. Orientação da assistência farmacêutica na secretaria municipal de saúde de Belém (PA): Relato de experiência. Revista Eletrônica de Farmácia, Goiânia, v. 14, n. 4, 2018. DOI: 10.5216/ref.v14i4.45427.

21. TORRES ASF, *et al.* The institutionalization of pharmaceutical care in the municipality of Ananindeua, Pará. Research, Society and Development, [S. I.], v. 10, n. 14, p. e576101422368, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22368.
22. TREVIZANI MS, *et al.* Interações entre plantas medicinais e medicamentos alopaticos utilizados por idosos de uma unidade básica de saúde em um município do cone sul do estado de Rondônia. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.9, n.9, p.26797-26818, set. 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n9-084.
23. VIANA ALD, *et al.* Condicionantes estruturais da regionalização na saúde: tipologia dos Colegiados de Gestão Regional. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.15, n.5, p. 2317 - 2326, ago. 2010.

CAPÍTULO 09

MATHEMATICAL MODEL OF GLUCOSE CONCENTRATION IN BLOOD PLASMA

Milton Milciades Cortez Gutiérrez

Doutor em matemática-IMUFRJ/BRAZIL

Instituição: Universidad Nacional de Trujillo

Endereço: Av. Juan Pablo II s/n, Cidade Universitária. Trujillo. La Libertad-Perú

E-mail: mcortez@unitru.edu.pe

Lauriano Portilla Sandoval

Doutor em matemática-UNT/PERÚ

Instituição: Universidad Nacional Agraria de la Selva

Endereço: Carretera Central Km. 1.21, Tingo María-Huánuco, Perú.

E-mail: lauriano.portilla@unas.edu.pe

RESUMO: Tem-se feito um análise das propriedades da dinâmica da glucosa, glucagão e outros sistemas de concentração de hormônias (insulina) no sangue. Além disso realizou-se uma estimativa de parâmetros por mínimos quadrados não lineares para a glucosa e enquanto a estabilidade do sistema foi realizado pelo método de valores próprios. A resposta do sistema foi obtida usando funções de transferência com entradas de passo unitario. Como resultado da estimativa de parâmetros e a simulação permitiu observar que esta estratégia de control, obtiveram-se resultados semelhantes.

ABSTRACT: An analysis is made of the dynamic properties of the glucose, glucagon and other hormones (insulin) concentration system in the blood; The estimation of parameters was done by non-linear least squares for glucose and for the stability of the system the method of eigenvalues, the response of the system was also obtained using transfer functions with unit step input. As a result of the estimation of parameters and simulation of the system, it allowed us to observe that this control strategy by least squares and transfer functions obtained similar results.

KEYWORDS: Model of Glucose Concentration; Blood Plasma.

1. INTRODUCTION

We know the number of high-performance serological markers has increased. Molecular biology tests (HLA DQ 2 and DQ8) have also been used and biopsy remains the gold standard for detecting the disease. Therefore, the clinic associated with the available tests are a great set to diagnose celiac disease, such as we see in Isabella Eduarda de Godoy Oliveira, Rafael Christofoli Cavalcanti, Bruna Arese Camara Silva Neto, Beatriz do Nascimento Bacelar, Igor Caminha Tokarski, Carolina Cotrim Guedes, Giovanna Santos Fruet, Ana Júlia Santa Bárbara Rehem, Méto Ana Flávia Silva Castro, Theo Rezende Camargo (2023). On the other hand in Natalia Garcia Adorno, Carolina Muniz e Silva, Myllena Marques Nunes, Severino Correia do Prado Neto, Aline Macedo La Ruina Doering, Letícia Santos Alves de Oliveira (2023) we appreciate a chronic autoimmune inflammatory disease that affects several organs and systems. In this article we are concerned with the glucose which we know is a sugar that provides energy to the body and therefore its regulation is of great importance. When the concentration of glucose in the blood reaches high levels, the body reacts by storing excess glucose in the liver and muscles in the form of glycogen and when blood glucose levels are too low the liver converts glycogen to glucose so that a relatively constant concentration of glucose is maintained; To achieve balance, the body relies on two hormones, insulin and glucagon, which are produced in the alpha and beta cells of the pancreas, both hormones with opposite effects, respectively. Biological mathematical models provide characteristics of the behavior of some biological processes, such as the regulation of glucose in the blood for the different stages of daily food consumption, in order to maintain the normal concentrations of glucose and insulin in the human body in balance.

The mathematical modeling of glucose concentration in blood plasma is a fruitful area with great projection in research, there is a large amount of research for more than 40 years. Most of which consist of compartmental models. In **Bolie, V.W. (1961)** later **Ackerman, E., Rosevar, J.W. and W.F. McGuckin, (1964)** considered the pioneer in the study of glycoregulatory models by proposing and using an oral glucose tolerance model to detect diabetes. Already in **Bergman, R.N., Y. Ziya Ider, C.R. Bowden, C. Cobelli, (1979)**. Has reported a study of the factors involved in the control of glucose tolerance in humans, mainly in two cases: the pancreatic response and insulin resistance.

In this work, a mathematical model of glucose dynamics in interaction with

insulin and glucagon is developed. The model is a system of embedded differential equations, a linear approximation is obtained using the Taylor formula for optimal values of the state variables and using physiological properties of the blood glucose regulatory system a reduced system is obtained which is stable for certain restrictions of its parameters.

Glucose concentration is obtained by making use of the properties of damped mechanical vibrations and an estimate of its parameters is obtained by non-linear least squares for a set of data, as a result it allowed us to predict when a person is healthy or when they are likely to have diabetes, and for the stability of the system we see in Matthew M. Peet (2020) Routh-Hurwitz criterion was used, the system response was also obtained using transfer functions with unit step input.

2. MATERIALS AND METHODS

The mathematical models that allow describing the dynamics of glucose regulatory systems (1) are examples of this. There is a variety of models from the most detailed to the simplest but the important thing is that it describes the essentials of the process dynamics and at the same time is as simple as possible.

The mathematical model of the concentration of glucose in the blood plasma (CGEH) in iteration with other hormones that allow to control the homeostasis of glucose in the blood (internal dynamic equilibrium) forms what is collectively called a blood glucose regulatory system and it is an extension of the model of **Ackerman, E., Rosevar, J.W.and W.F. McGuckin, (1964)**; Rosado (2009) used it to detect diabetes mellitus using an oral glucose tolerance test (OGTT), the CGHE model includes the hormone glucagon as a state variable and is given by the almost linear system of equations.

$$X'(t) = \Phi(G(t), E(t), H(t)) + b(t)$$

$$X'(t) = \begin{bmatrix} G'(t) \\ E'(t) \\ H'(t) \end{bmatrix}, \quad \Phi = \begin{bmatrix} \Phi_1(G, E, H) \\ \Phi_2(G, E, H) \\ \Phi_3(G, E, H) \end{bmatrix}, \quad b(t) = \begin{bmatrix} J(t) \\ 0 \\ K(t) \end{bmatrix}$$

Where

in turn what is the same the following system

$$\begin{aligned}
 G'(t) &= \Phi_1(G(t), E(t), H(t)) + J(t) \\
 E'(t) &= \Phi_2(G(t), E(t), H(t)) \\
 H'(t) &= \Phi_3(G(t), E(t), H(t)) + K(t)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Where Φ_i ; $i = 1, 2, 3$ are functions of $G(t)$, $E(t)$ and $H(t)$.

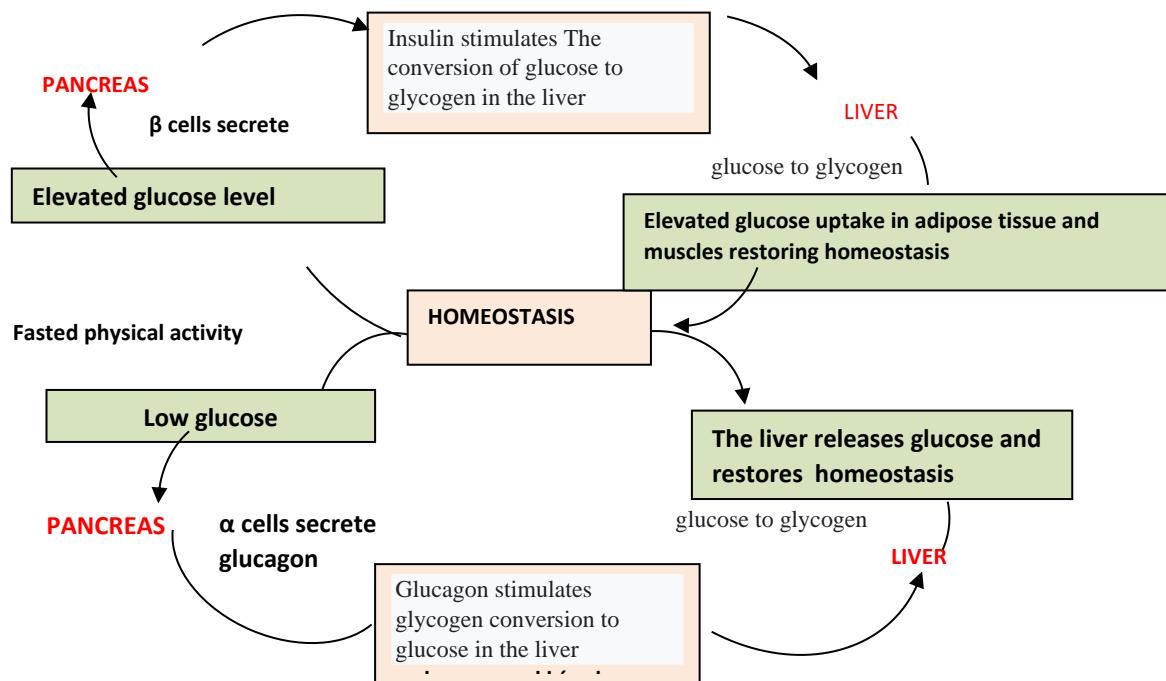
2.1 The Glucose, Insulin and Glucagon Regulatory System

The glucose and insulin regulatory system remains under homeostatic control. Glucose is the main source of energy for human cells and is delivered to the cells through the bloodstream. For the cell to have adequate access to glucose, the glucose level in the bloodstream must be between (70 – 110mg/dl). The main contributor to maintaining plasma glucose homeostasis is the pancreas and the two hormones insulin, glucagon; Digestion and absorption of nutrients from food leads to a rise in blood sugar. This rise will disrupt blood sugar homeostasis and the body will try to oppose this change.

When the blood sugar level is greater than 110 mg/dl the hormone insulin is secreted from the islet of Langerhans beta cells in the pancreas, insulin accelerates the conversion of excess glucose in the bloodstream into glycogen through a series of kinetic chemical reactions, glycogen is stored in the liver and acts together with glucose stored in muscle and adipose tissue as a long-term energy supply, through these means plasma glucose levels are increased are reduced and homeostasis is established.

When the glucose level falls below 70 mg/dl, possibly associated with fasting, physical activity, or stress, the alpha cells of the pancreas respond by secreting the hormone glucagon, which inhibits the conversion of glucose to glycogen and reverses the process. Glycogen stored in the liver is broken down and converted into glucose which in turn is absorbed into the bloodstream raising the glucose level and restoring plasma glucose homeostasis, this regulatory cycle can be seen in Figure 1

Figure 1. Glucose-insulin and glucagon regulatory system



2.2 The CGEH Model

Equation (1) is made up of two groups of hormones that influence blood glucose levels, those that raise blood glucose levels, separated from those that reduce it to establish three different concentrations. Hormone concentration (H) such as insulin, thyroxine lower blood glucose concentrations and are the ones that increase H , while hormones such as glucagon or adrenaline increase blood glucose concentrations and are the ones that decrease H . In the following, H will be referred to as the concentration of insulin in blood plasma.

Since the glucose level changes significantly within the human body from top to bottom based on the amount and type of food consumed, the model is non-linear, on the other hand

$$\Phi_1(G_0, E_0, H_0) = \Phi_2(G_0, E_0, H_0) = \Phi_3(G_0, E_0, H_0) = 0$$

Basal values (fasting) of the state variables are considered and since it is about measuring the deviations we can do

$$g = G - G_0, \quad e = E - E_0, \quad h = H - H_0 \quad (2)$$

Replacing (2) in (1) gives

$$\begin{aligned}
g'(t) &= \Phi_1(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) + J(t) \\
e'(t) &= \Phi_2(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) \\
h'(t) &= \Phi_3(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) + K(t)
\end{aligned} \tag{3}$$

The functions Φ_1, Φ_2 y Φ_3 are expanded by Taylor's formula around (G_0, E_0, H_0) .

$$\begin{aligned}
\Phi_1(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) &= \Phi_1(G_0, E_0, H_0) + \frac{\partial \Phi_1}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_1}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_1}{\partial H} h + J(t) \\
\Phi_2(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) &= \Phi_2(G_0, E_0, H_0) + \frac{\partial \Phi_2}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_2}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_2}{\partial H} h \\
\Phi_3(G_0 + g, E_0 + e, H_0 + h) &= \Phi_3(G_0, E_0, H_0) + \frac{\partial \Phi_3}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_3}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_3}{\partial H} h + K(t)
\end{aligned}$$

Considering that the basal levels are zero, we have

$$\begin{aligned}
g'(t) &= \frac{\partial \Phi_1}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_1}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_1}{\partial H} h + J(t) \\
e'(t) &= \frac{\partial \Phi_2}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_2}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_2}{\partial H} h \\
h'(t) &= \frac{\partial \Phi_3}{\partial G} g + \frac{\partial \Phi_3}{\partial E} e + \frac{\partial \Phi_3}{\partial H} h + K(t)
\end{aligned}$$

A priori it is not possible to determine the exact value of the partial derivatives

$$\frac{\partial \Phi_i}{\partial G}, \frac{\partial \Phi_i}{\partial E} \text{ y } \frac{\partial \Phi_i}{\partial H}, i = 1, 2, 3$$

However, it is possible to determine its signs through the analysis of physiological mechanisms that occur within the system of differential equations (3), considering the scheme of figure 1

SIGN ANALYSIS

Examining the equation (5), if $h = e = 0$, $g'(t)$ is negative due to tissue uptake of glucose and storage of glucose (converted to glycogen) in the liver.

Therefore $\frac{\partial \Phi_1}{\partial G}$ must be negative.

Whereas, if $g = e = 0$, $g'(t)$ must be negative because H is positive, lowers blood glucose by definition. Therefore $\frac{\partial \Phi_1}{\partial H}$ is negative.

If on the contrary $G = h = 0$; $g'(t)$ must be positive, because glucagon is positive, glucose levels are then increased, due to the conversion of glycogen to glucose. Thus $\frac{\partial\Phi_1}{\partial E}$ is positive.

Similarly for the equation (6), if $h = e = 0$, $h'(t)$ is positive, because values of g tend to cause hormone secretion that increases h , thus $\frac{\partial\Phi_3}{\partial G}$ is positive, for $g = e = 0$, h decreases due to hormonal metabolism, therefore $\frac{\partial\Phi_3}{\partial H}$ must be negative; if we have $g = h = 0$, $h'(t)$ must be positive, thus $\frac{\partial\Phi_3}{\partial E}$ is positive. In a similar way for $e'(t)$; we obtain $\frac{\partial\Phi_2}{\partial G} < 0$; $\frac{\partial\Phi_2}{\partial E} < 0$ y $\frac{\partial\Phi_2}{\partial H} > 0$, with these assignments the equations (3) yield

$$\begin{aligned} g'(t) &= -a_1g + b_1e - c_1h + J(t) \\ e'(t) &= -a_2g - b_2e + c_2h \\ h'(t) &= a_3g + b_3e - c_3h + K(t) \end{aligned} \tag{4}$$

For a_i, b_i y c_i such that $i = 1, 2, 3$ are positive constants.

The reduced CGEH model (4) describes disturbances around the equilibrium state (G_0, E_0, H_0) at time t ; Then let's see a condition of the coefficient matrix A of the linear part of the system (4) that guarantees stability around (G_0, E_0, H_0) , that is, all the eigenvalues of the coefficient matrix of the system (4) have their negative real part. this determinant of the matrix A of the system in (4) becomes

$$\begin{aligned} \det(A) &= -a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - b_1(a_2c_3 - a_3c_2) - c_1(a_3b_2 - a_2b_3) \\ &= -(a_1b_2c_3 + b_1a_2c_3 + c_1a_3b_2) + (a_1b_3c_2 + b_1a_3c_2 + c_1a_2b_3) \end{aligned}$$

Note that if the values b_3 and c_2 are small relative to the rest of the coefficients, then the determinant of matrix A is now negative. Thus we can consider the bounded case for $b_3 = c_2 = 0$ and the coefficient matrix is now

$$A = \begin{bmatrix} -a_1 & b_1 & -c_1 \\ -a_2 & -b_2 & 0 \\ a_3 & 0 & -c_3 \end{bmatrix}$$

And the characteristic polynomial of this matrix is

$$\begin{aligned}
P(\lambda) = \det(A - \lambda I) &= \begin{vmatrix} -a_1 - \lambda & b_1 & -c_1 \\ -a_2 & -b_2 - \lambda & 0 \\ a_3 & 0 & -c_3 - \lambda \end{vmatrix} \\
&= (-a_1 - \lambda)[(-b_2 - \lambda)(-c_3 - \lambda)] - b_1[a_2(c_3 + \lambda)] - c_1[a_3(b_2 + \lambda)] \\
&= -\lambda^3 - (a_1 + b_2 + c_3)\lambda^2 - (a_1b_2 + a_1c_3 + b_2c_3 + a_2b_1 + c_1a_3)\lambda - (a_1b_2c_3 + b_1a_2c_3 + c_1a_3b_2)
\end{aligned}$$

Substituting

$$d_1 = a_1 + b_2 + c_3, \quad d_2 = a_1b_2 + a_1c_3 + b_2c_3 + a_2b_1 + c_1a_3, \quad d_3 = a_1b_2c_3 + b_1a_2c_3 + c_1a_3b_2$$

It follows that

$$P(\lambda) = \lambda^3 + d_1\lambda^2 + d_2\lambda + d_3 = 0 \quad (5)$$

Note that d_i for $i = 1, 2, 3$ the are all positive. Using the result of Matthew, M Peet (2020), we obtain:

Table of the coefficients: $a_0 = 1$; $a_1 = d_1$; $a_2 = d_2$; $a_3 = d_3$

$$\lambda^3 : 1 \quad d_1$$

$$\lambda^2 : d_1 \quad d_3$$

$$\lambda^1 : b_1$$

$$\lambda^0 : \mathbf{c}_1$$

$$\text{Where: } b_1 = \frac{a_1a_2 - a_0a_3}{a_1} = \frac{d_1d_2 - d_3}{d_1}; \quad c_1 = \frac{b_1d_3 - d_1(0)}{b_1} = d_3$$

Then the table yields:

$$\lambda^3 : 1 \quad d_1$$

$$\lambda^2 : d_1 \quad d_3$$

$$\lambda^1 : \frac{d_1d_2 - d_3}{d_1}$$

$$\lambda^0 : d_3$$

The condition for the roots of the characteristic polynomial (5) to be complex with a negative real part, that is, the system does not have positive poles, is that there are no sign changes in the first column, so it must be fulfilled that all the coefficients of that column are positive.

Thus, all roots of $p(\lambda) = 0$ have a negative real part if and only if

$$\frac{d_1d_2 - d_3}{d_1} > 0. \text{ Or also } d_1d_2 > d_3.$$

2.3 Glucose Concentration

From the reduced system (4) where there are concentration deviations: g (glucose), e (glucagon) and h (insulin), with positive constants a_i, b_i and $c_i, i = 1,2,3$

$J(t)$ is the external rate at which glucose rises, $K(t)$ is the rate of insulin entry (administered by injection or orally)

Differentiating the first equation in (4)

$$\frac{d^2g}{dt^2} = -a_1 \frac{dg}{dt} + b_1 \frac{de}{dt} - c_1 \frac{dh}{dt} + J'(t) \quad (6)$$

Substituting in (6) the second and third equations of (4) we have

$$\frac{d^2g}{dt^2} = -a_1 \frac{dg}{dt} + b_1(-a_2g - b_2e + c_1h) - c_1(a_3g + b_3e - c_3h + K(t)) + J'(t)$$

So that

$$\frac{d^2g}{dt^2} + a_1 \frac{dg}{dt} + (a_2b_1 + a_3c_1)g + (b_1b_2 + b_3c_1)e - (b_1c_1 + c_1c_3)h = J'(t) - c_1K(t) \quad (7)$$

On the other hand, in the first equation (4) we obtain

$$e = \frac{1}{b_1}(\frac{dg}{dt} + a_1g + c_1h - J(t)) \quad (8)$$

For the time being letting $h = 0$, in the relation (7), we have

$$\frac{d^2g}{dt^2} + (a_1 + b_2 + \frac{b_3c_1}{b_1})\frac{dg}{dt} + (a_2b_1 + a_3c_1 + a_1b_2 + \frac{b_3c_1a_1}{b_1})g = (b_2 + \frac{b_3c_1}{b_1})J(t) + J'(t) - c_1K(t)$$

Considering insignificant the external entry fees, that is, $J = K = 0$ and the substitutions

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{2}(a_1 + b_2 + \frac{b_3c_1}{b_1}) \\ w_0^2 &= a_2b_1 + a_3c_1 + a_1b_2 + \frac{b_3c_1a_1}{b_1} \end{aligned}$$

Substituting in the last equation we have the second order homogeneous differential equation

$$\frac{d^2g}{dt^2} + 2\alpha \frac{dg}{dt} + w_0^2 g = 0 \quad (9)$$

Where the value w_0 is the natural frequency of the system (4), being the basic descriptor of the response to an oral glucose tolerance test (OGTT)

The solution of (9) depends on the sign of $\alpha^2 - w_0^2$ this generates types of solution.

If we assume that $\alpha^2 - w_0^2 < 0$. Then the characteristic values of the associated equation of (9) have complex roots with negative real part. If $\alpha^2 - w_0^2 > 0$ then $g(t)$ falls rapidly from high values to negative values well below equilibrium values. The body interprets this as an emergency, so glucagon transforms glycogen into glucose in the liver, which will be secreted.

Considering the case $\alpha^2 - w_0^2 < 0$, the characteristic equation associated with (9) has roots

$$m = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - w_0^2}$$

letting $\beta^2 = \alpha^2 - w_0^2$, then $m = -\alpha \pm i\beta$ are the roots of the solution (9) and we have the real solution

$$g(t) = e^{-\alpha t} (C \cos \beta t + D \sin \beta t)$$

We can rewrite the above relation:

$$g(t) = K e^{-\alpha t} \cos(\beta t - \delta) \quad (10)$$

Where $K = \sqrt{C^2 + D^2}$ and $\delta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{C} \right)$

Since it is required to measure the glucose concentration level $G(t)$ in the blood, using the deviation $g(t) = G(t) -$, equation (10) becomes

$$G_0 G(t) = G_0 + K e^{-\alpha t} \cos(\beta t - \delta) \quad (11)$$

Where G_0 represents the equilibrium level of glucose in the blood, α measures the response of the system's ability to return to its equilibrium state after being disturbed, and β is the frequency response to disturbances.

Equation (11) contains five parameters to determine, the way forward is to minimize the squared error of the function

$$\begin{aligned}
E(G_0; K; \alpha; \beta; \delta) &= \sum_{i=1}^n [G_i - G(t_i)]^2 \\
&= \sum_{i=1}^n [G_i - G_0 - Ke^{-\alpha t_i} \cos(\beta t_i - \delta)]^2
\end{aligned}$$

For a date set: (t_i, G_i) for $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Note that the condition $\alpha > 0$ in equation (11) implies that $\mathbf{G}(t) \rightarrow \mathbf{G}_0$ as $t \rightarrow \infty$, Therefore, glucose concentrations $G(t)$ tend to eventually reach their optimal value G_0 at some point.

3. MAIN RESULT

As a result of the work, a mathematical model of the concentration of glucose in the blood plasma (CGEH), the reduced system (4) is simulated, checking its stability for a set of data from the scientific literature and also using transfer functions; For the glucose concentration $G(t)$ of (11) the parameters are estimated by non-linear least squares for a set of data from the scientific literature and it is also simulated using a transfer function with unit step input.

3.1 Simulation of Glucose Concentration, Glucagon and other Hormones (CGEH)

As mentioned in (11), the glucose function contains five parameters, which are estimated using nonlinear least squares, where the objective is to minimize the squared error of the function

$$E(x, t) = \sum_{k=1}^n [G_{\text{Ajust}}(t_k) - G_{t(Dato)}]^2 = \sum_{k=1}^n [G_0 + Ke^{-\alpha t_k} \cos(\beta t_k - \delta) - G_{t(Dato)}]^2$$

Where $x = [G_0, K, \alpha, \beta, \delta]^t$

For a data set (measurements) of blood glucose concentrations obtained from the scientific literature during a POTG, Table 1 shows the measurements for two people (subjects) A and B, in a period of 6 hours taken at variable intervals.

Figure 2 shows the graph of blood glucose concentration with the data for subject A and Figure 3 shows the graph of blood glucose concentration with the data for subject B. Table 2 shows the estimated values of the parameters for both cases.

Table 1: Glucose concentration levels, for two subjects taken over a 6 hour period

Source taken from the Tingo Maria Hospital

t(hrs)	0	0.5	0.75	1	1.5	2	2.5	3	4	6
Sujeto A	70	150	165	145	90	75	65	75	80	75
Sujeto B	100	185	210	220	195	175	105	100	85	90

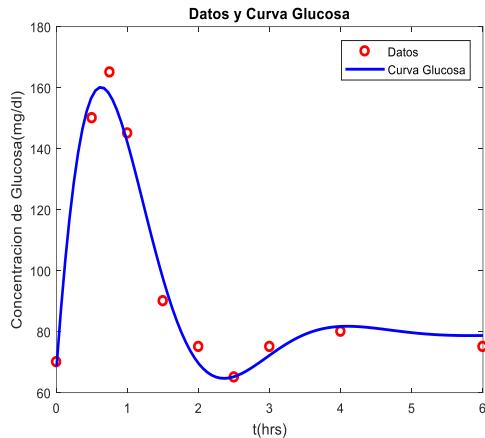


Figura 2. Concentration of $G(t)$ for A.

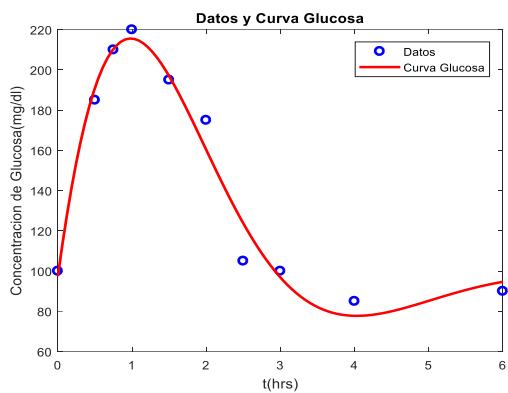


Figura 3. Concentration of $G(t)$ for B. **Graphs made with matlab**

Table 2: Estimated values of the parameters, obtained for two types of patients.

Source taken from the Tingo Maria Hospital

Parameters	Subject A	Subject B
G_0	79.1814	95.2119
K	171.5539	263.1633
α	0.9928	0.6335
β	1.8127	1.0304
δ	1.6325	1.5621
resnorm	225.6757	718.6180

Since ω_0 is the natural frequency of the glucose regulatory system, and by **Ackerman, E., Rosevar, J.W.and W.F. McGuckin, (1964)** considered the best descriptor of a response during a glucose tolerance test, after

$$\omega_0^2 = \beta^2 + \alpha^2 , \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

With T_0 the natural period of the system which turns out to be a predictor of diabetes according to studies by **Ackerman, E., Rosevar, J.W.and W.F. McGuckin, (1964)** in which they found

- a) If $T_0 < 4$, so a person is usually normal
 - b) If $T_0 > 4$, then the person is likely to have diabetes
- According to items a) and b)

i) For the person A:

$$\omega_0 = \sqrt{\beta^2 + \alpha^2} = \sqrt{(1.8124)^2 + (0.9928)^2} = 2.0665 , \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{2.0665} = 3.0405$$

Since $T_0 = 3.0405 < 4$, The person A is probably a normal person

ii) For the person B:

$$\omega_0 = \sqrt{\beta^2 + \alpha^2} = \sqrt{(1.0304)^2 + (0.6335)^2} = 1.2096 \quad y \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{1.2096} = 5.1944$$

Since $T_0 = 5.1944 > 4$, subject B is likely to have diabetes

3.2 Simulation by Transfer Functions

From the second order differential equation, given by

$$\frac{d^2g}{dt^2} + 2\alpha \frac{dg}{dt} + w_0^2 g = 0$$

Where $g(t) = G(t) - G_0$, according to the table 2, we have the estimated values of the parameters of the equation

$$G(t) = G_0 + K e^{-\alpha t} \cos(\beta t - \delta)$$

On the other hand, as "g" measures the deviations from $G - G_0$, that is, $g(t) = G(t) - G_0$ is a small quantity such that $g(0) = 0$, this implies that $G(0) = G_0$ (glucose in equilibrium) we also have that $g'(0) = 320.89$ mg/dl (subject A), $g'(0) = 269.70$ mg/dl (subject B). Thus we have the second order differential equation is a Cauchy problem given by

$$g'' + 2\alpha g' + w_0^2 g = 0; \quad g(0) = 0; \quad g'(0) = g_1 \quad (12)$$

Find the transfer function for (12)

Applying the Laplace transform in equation (12) we have

$$\begin{aligned} s^2 g(s) - sg(0) - g'(0) + 2\alpha(sg(s) - g(0)) + w_0^2 g(s) &= 0 \\ (s^2 + 2\alpha s + w_0^2) g(s) &= sg(0) + g'(0) + 2\alpha g(0) \end{aligned}$$

$$g(s) = \frac{sg(0) + g'(0) + 2\alpha g(0)}{s^2 + 2\alpha s + w_0^2}$$

where

$$g(s) = \frac{g_1}{s^2 + 2\alpha s + w_0^2}; \quad \text{con} \quad g(0) = 0; \quad g'(0) = g_1$$

In general the transfer function is given by

$$F(S) = \frac{\text{exit}}{\text{input}} = \frac{E(s)}{R(s)} = \frac{g_1}{s^2 + 2\alpha s + w_0^2}$$

Considering as input the unit step function, that is $R(s) = \frac{1}{s}$, we have

$$E(s) = \frac{g_1 s}{s^2 + 2\alpha s + w_0^2} \frac{1}{s}$$

Therefore, the glucose concentration $g(s)$ is obtained as the unit step response of the following system.

$$g(s) = \frac{g_1 s}{s^2 + 2\alpha s + w_0^2}$$

a) For the person A: $g'(0) = g_1 = 320.89$; $\alpha = 0.9928$; $w_0 = 2.0665$

$$g(s) = \frac{320.89 s}{s^2 + 1.9844 s + 4.2704}$$

b) For the person B: $g'(0) = g_1 = 269.70$; $\alpha = 0.6335$; $w_0 = 1.2096$

$$g(s) = \frac{269.70 s}{s^2 + 1.2670 s + 1.4631}$$

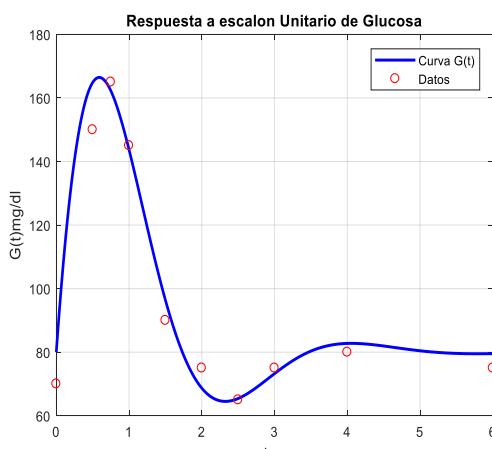


Fig.4. Concentración de $G(t)$ para el sujeto A

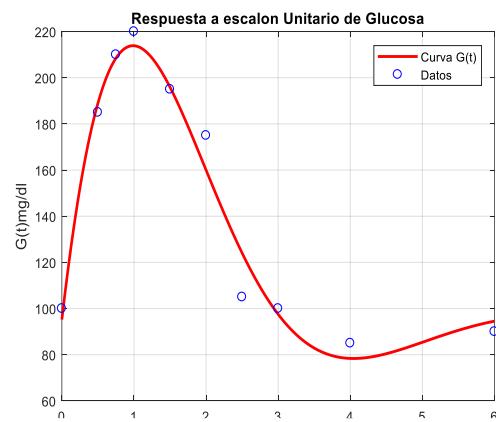


Fig.5. Concentration of $G(t)$ for the person B

Graphs made with matlab

3.3 Stability of the Concentration System of Glucose, Glucagon and other Hormones (CGEH)

For the system of differential equations (4) with K = J= 0, we have

$$\begin{aligned} g'(t) &= -2.94g + 1.24e - 4.34h \\ e'(t) &= -2.94g - 0.53e + 0.98h \\ h'(t) &= 0.208g + 0.14e - 0.78h \end{aligned} \quad (13)$$

Where the constants are given by the values

$a_1 = 2.94, b_1 = 1.24, c_1 = 4.34; a_2 = 2.94, b_2 = 0.53, c_2 = 0.98; a_3 = 0.208, b_3 = 0.14, c_3 = 0.78$ respectively obtained of scientific literature according to Paolo V, Avagaro A, Spilker M E, Gallo A, Cobelli C, (2002), et al. Where the matrix A associated to the system is given by

$$A = \begin{bmatrix} -2.92 & 1.24 & -4.34 \\ -2.94 & -0.53 & 0.98 \\ 0.208 & 0.14 & -0.78 \end{bmatrix}$$

And it has eigenvalues (eigenvalues)

$\lambda_1 = -1.9767 + 1.9102i; \lambda_2 = -1.9767 - 1.9102i; \lambda_3 = -0.2765$. Since the eigenvalues of matrix A are complex numbers with a negative real part, the system (13) is asymptotically stable.

Using transfer functions for system of differential equations, we have system (13) including initial conditions

$$\begin{bmatrix} g' \\ e' \\ h' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2.92 & 1.24 & -4.34 \\ -2.94 & -0.53 & 0.98 \\ 0.208 & 0.14 & -0.78 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g \\ e \\ h \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} g(0) \\ e(0) \\ h(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 90 \\ 5 \\ 8 \end{bmatrix}$$

The initial conditions for a period of 5 hours are considered

$$g(0) = 90 \text{ mg/dl}; \quad e(0) = 5 \mu\text{U/ml}; \quad h(0) = 8 \mu\text{U/ml}$$

In simplified form the system of equations is

$$X' = AX; \quad X(0) = X_0$$

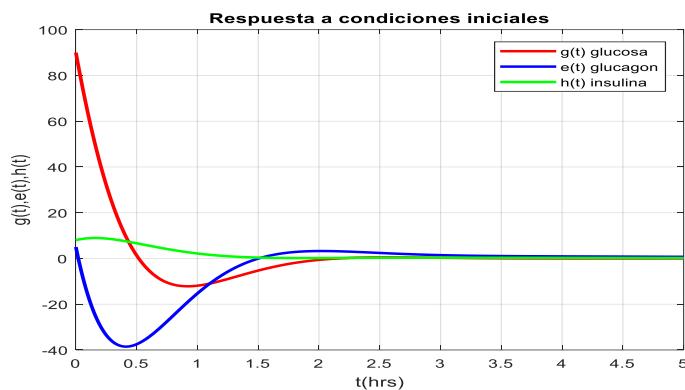
To obtain the response of the system to the given initial conditions, the unit step response of the following system must be solved

$$Z' = AZ + Bu$$

$$X = AZ + Bu$$

where $B = X(0)$; $u = 1/t$, Figure 5 shows the glucose, glucagon and insulin curves with unit step input for a period of 5 hours.

Figure 6. Temporal curves of the CGEH system, using unit step input



Graphs made with matlab

4. CONCLUSIONS

This paper presents some results of the simulation of the CGEH model which, based on the simplified model, proves that it is stable under certain conditions of its

parameters of the state functions, the external rates $J(t)$ and $K(t)$ in the system are considered null, so their influence on the model does not consider any external input. For those external rates one can see PSA Santos, SRM Mateus, MF de Oliveira Silva, PT de Souza Figueiredo (2021).

The CGEH model reduced to a second order differential equation as a function of glucose $G(t)$ requires knowledge of the study of the mass-spring equation, the estimated constants for a set of data allows predicting when a person is healthy or when it is likely have diabetes.

For the use of transfer function a previous knowledge of modern control is required; The value of the approximate constants obtained is taken as a reference and using the unit step function as input function, similar results are obtained.

Regarding the system of differential equations of the CGEH model, it was simulated for certain values of its coefficients for a period of 5 hours, which proves that glucose, glucagon and insulin concentrations are asymptotically stable after a period of 2 hours.

The development of this model can serve to take some preventive actions in the event that a person may show signs of glucose alteration with respect to the allowed values, on the other hand, this model will allow studies of more elaborate models where it can be observed by example the behavior of the hormone glucagon in the glucose regulatory system in blood plasma.

REFERENCES

- Ackerman, E., Rosevar, J.W. and W.F. McGuckin, (1964) Mathematical model of the glucose tolerance test, *Phys. Med. Biol.* 203-213
- Bolie, V. W. (1961) Coefficients of Normal Blood Glucose Regulation, *J. Appl. Physiol*, Vol. 16, pp. 783-788.
- Bergman, R.N., Y. Ziya Ider, C.R. Bowden, C. Cobelli, (1979). Quantitative Estimation of Insulin Sensitivity, American Physiological Society, 236 pags. 667-677.
Isabella Eduarda de Godoy Oliveira, Rafael Christofoli Cavalcanti, Bruna Arese Camara Silva Neto, Beatriz do Nascimento Bacelar, Igor Caminha Tokarski, Carolina Cotrim Guedes, Giovanna Santos Fruet, Ana Júlia Santa Bárbara Rehem, Méto Ana Flávia Silva Castro, Theo Rezende Camargo (2023) Métodos diagnósticos da doença celíaca: uma revisão de literatura Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.9, n.9, p.26829-26840.
- Lawrence Perko, (2001), Differential Equations and Dynamical Systems, Texts in Applied Mathematics 7, Third Edition, Ed. Springer.

Matthew M. Peet (2020) Routh-Hurwitz Stability Criterion.Arizona State University Lecture 10

Natalia Garcia Adorno, Carolina Muniz e Silva, Myllena Marques Nunes, Severino Correia do Prado Neto, Aline Macedo La Ruina Doering, Letícia Santos Alves de

Oliveira (2023) Lúpus e Síndrome HELLP: relato de caso. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.9, n.9, p.26224-26234.

Pancrease: <http://sml.snl.no/bukspyttkjertelen>
(<http://en.wikipedia.org/wiki/pancreas>).

PSA Santos, SRM Mateus, MF de Oliveira Silva, PT de Souza Figueiredo (2021) Perfil epidemiológico da mortalidade de pacientes internados por Covid-19 na unidade de terapia intensiva de um hospital universitário
Brazilian Journal of Development 7 (5), 45981-45992

Katsuhiko Ogata, (2010), Ingeniería de Control Moderna; Quinta Edición Editorial Pearson

Rosado, Y. C. (2009), Mathematical Model for Detecting Diabetes, the University of Puerto Rico, Huamacao

Blood Sugar Regulation: <http://www.Biologyreference.com/bl-ce/Blood-Sugar-Regulation.html>
Paolo V, Avagaro A, Spilker M E, Gallo A, Cobelli C, (2002)
Epinephrine effects on insulin-glucose dynamics, Am J physiol Endocrinol Metab 283: E78-E83
TES FASES

CAPÍTULO 10

COMPÓSITO TÊXTIL PRODUZIDO ATRAVÉS DE RESÍDUOS TÊXTEIS,
CELULOSE VEGETAL E MICROBIANA

MD de A SILVA

Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

JS MACÊDO

Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

CJ de L LIMA

Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

SM da SILVA

Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco

CJS GALDINO Jr

Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)
Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) - Universidade Federal Rural de Pernambuco

LA SARUBBO

Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)
Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO) – Univ. Federal Rural de Pernambuco
Escola UNICAP Icam Tech - Universidade Católica de Pernambuco

AF de S COSTA

Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco
Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)

E-mail para contato: andrea.santana@ufpe.br

RESUMO: A reciclagem é uma alternativa eficiente de ganho ambiental e ecológico visando minimizar os impactos ambientais. Fibras têxteis geradas durante a secagem das peças em máquinas nas lavanderias de beneficiamento têxtil e papel/papelão utilizados como embalagens são materiais celulósicos que apresentam potencial para reaproveitamento e reciclagem. A celulose produzida por microrganismos também está sendo produzida visando agregar características a compósitos da área têxtil e reduzir o valor final do produto. Produzir e caracterizar macroscopicamente compósitos têxteis utilizando fibras têxteis, papel reciclado e celulose bacteriana foi o objetivo desta pesquisa. Para a produção dos compósitos os materiais foram homogeneizados, a massa obtida foi distribuída em telas de nylon e prensada, em seguida as telas seguiram para secagem em um Vaporizador e Rama. Além da avaliação sensorial cada compósito passou por teste de flexibilidade, ângulo de contato e índice de absorção. Os compósitos produzidos apresentam-se como um material com características visuais de papel. O material tem potencial para uso na indústria de papel e embalagens, revestimentos e na produção de acessórios.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil descarta mensalmente milhares de toneladas de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, de acordo com Recitex (2018). A Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como objetivo o controle desses resíduos e a melhor forma de conduzir gerando menor quantidade de impactos, algumas das metas são: eliminação de aterros sanitários, gerenciamento de todos os tipos de resíduos, coleta seletiva, reaproveitamento, como demonstrado em Brasil (2011).

Para conter e/ou amenizar a alta geração de resíduos têxteis, a reciclagem é uma alternativa eficiente de ganho ambiental e ecológico (Oliveira Neto *et al.*, 2019). Esses processos de reaproveitamento e reciclagem de resíduos industriais contribuem para a diminuição do descarte de materiais e a manutenção e conservação

dos recursos naturais que seriam utilizados no desenvolvimento de produtos (Amaral *et al.*, 2018).

As lavanderias de beneficiamento têxtil são uma atividade industrial que realiza modificações estéticas e sensoriais em tecidos diversos utilizando processos físicos e químicos. No final desses processos é observado um grande volume de resíduos líquidos, sólidos e gasosos. Dentre os sólidos, as fibrilas de tecido são o resultado do atrito entre as peças de roupas e o tambor das máquinas secadoras (Wanderley *et al.*, 2020).

Materiais como o papel/papelão são considerados matérias primas com elevado potencial para o reaproveitamento e reciclagem. A destinação adequada desse resíduo possibilita ganhos econômicos e ambientais, tendo em vista que, esses têxteis apresentam propriedades físico-químicas, biológicas e sensoriais interessantes que podem melhorar a apresentação e aplicação dos novos materiais. Resíduos derivados de celulose vegetal possibilitam a produção de compósitos com elevado valor agregado, pois o compósito é um material multifásico que apresenta a combinação das propriedades dos materiais que participaram da sua constituição (Callister, 2002).

Árvores são a matéria-prima mais empregada na fabricação de têxteis (Souza *et al.*, 2016). Segundo Costa *et al.* (2020) e Silva Jr. *Et al.* (2022) a celulose retirada das plantas é a principal matéria prima utilizada pela indústria de papel/papelão, mas estudos biotecnológicos já apontam a produção de celulose microbiana sendo uma alternativa viável para o segmento têxtil. Denominada Celulose Bacteriana (CB), o biopolímero possui baixo custo de produção, apresenta biodegradabilidade, biocompatibilidade e versatilidade para aplicação no desenvolvimento de blendas e compósitos.

Diferentes tipos de reciclagem se apresentaram favoráveis na contribuir de forma efetiva com a economia circular. A definição dos percentuais dos materiais, método e processo que devem ser utilizados na produção do compósito definem a qualidade e a aplicação do novo material (Velicko *et al.*, 2020). Os conceitos de economia circular podem ser aplicados a muitas áreas industriais no desenvolvimento de soluções sustentáveis para melhorar a qualidade de vida das pessoas nos aspectos social, ambiental, econômico e cultural. Acústica de ambientes, visto que a absorção acústica acontece através da dissipaçāo por atrito das ondas sonoras nas

estruturas de materiais fibrosos ou porosos, que sejam absorventes acústicos (Bonatti, 2022).

Neste contexto, o estudo teve como objetivo produzir e caracterizar macroscopicamente compósitos têxteis produzidos pela trituração e prensagem de resíduos. Identificando algumas propriedades para aplicações industriais, o material compósito pode ser uma alternativa capaz de minimizar o descarte de resíduos têxteis pela remediação da poluição ambiental em regiões que são polos têxteis.

2. PROCEDIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

1^a Etapa

Resíduos de fibra têxteis resultantes do processo de beneficiamento de jeans coletados numa Lavanderia de Beneficiamento de Jeans situada em Caruaru/PE, papel cartão recolhido em empresa de reciclagem situada em Caruaru/PE e Celulose Bacteriana (CB) recebida de doação do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI) situado em Recife/PE foram utilizados como matérias primas para a produção de uma superfície caracterizada com têxtil reciclado.

2^a Etapa

Utilizando esses materiais, experimentos em triplicata foram elaborados a partir das porções que foram pesadas separadamente em uma balança eletrônica com calibração automática, Bioscale – modelo TMMFA-2204CI-BI, todas colocadas em bêqueres. As amostras foram produzidas variando percentualmente os materiais como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Percentuais definidos para produção do têxtil reciclado

Materiais Compósitos	Fibrila têxtil (%)	Papel cartão (%)	CB (%)
1	25	-	75
2	50	-	50
3	75	-	25
4	25	75	-

5	50	50	-
6	75	25	-
7	-	25	75
8	-	50	50
9	-	75	25
10	50	25	25
11	25	50	25
12	25	25	50

As fibras e o papel foram submersos em 500 mL de água 28 °C durante 30 minutos em bêqueres separados em seguida, foram agitados com um bastão de vidro que auxiliou na desagregação das fibras e aceleração do amolecimento do papel. As películas de CB foram trituradas no liquidificador industrial, KD Eletro de baixa rotação modelo MF01, durante 2 minutos em rotação máxima até formar um material pastoso.

No liquidificador as misturas seguindo orientações da Tabela 1 foram homogeneizadas durante 4 minutos. A massa obtida foi distribuída em telas de nylon 22 x 22 cm. Foi utilizada uma prensa manual de bancada para uniformizar a espessura. Em seguida as telas seguiram para secagem em um Vaporizador e Rama fabricado pela Martins – Modelo DH-B-2411 durante 15 minutos a 100 °C.

3^a Etapa

Foram realizados testes de flexibilidade dobrando as amostras na mesma linha por 100 vezes, A classificação da flexibilidade foi baseada no número de dobras até a falha: ruim (<20), regular (20-49), boa (50-99) e excelente (>100), como mostrado por Silva Jr *et al.* (2022) e Chein *et al.* (2013). Para determinar o comportamento dos compósitos têxteis em contato com água foram realizados ensaios de determinação do ângulo de contato e índice de absorção. Cada amostra foi colocada em suporte para que a superfície esteja plana. Com o auxílio de goniômetro os ângulos de contato foram determinados utilizando a técnica da gota séssil. Uma gota de água de aproximadamente 25µL foi colocada na superfície da amostra e após 1,0 segundo de espalhamento o ângulo foi calculado (Silva Jr. *Et al.*, 2022; Marin *et al.*, 2015). Para estabelecer o índice de absorção a gota de água foi observada por 10 minutos até a

absorção, registrando o tempo de cada amostra (Silva Jr. *et al.*, 2022; Villarreal-Soto *et al.*, 2018).

4^a Etapa

Uma avaliação macroscópica foi realizada para identificar propriedades sensoriais utilizando a percepção do toque nas superfícies das amostras, denominadas compostos têxteis, como demonstrado na pesquisa de Costa *et al.* (2020).

3. RESULTADOS

Diferentes percentuais de resíduo têxtil foram misturados para obter uma superfície que apresentou uma massa final de 20 gramas, medindo 22 x 22cm e espessura que varia entre 0,3 e 0,7mm. Visualmente os compósitos têxteis se apresentavam rígidos, porém ao realizar o teste de flexibilidade quando dobradas 100 vezes na mesma linha permaneceram íntegras, não apresentaram fissuras ou rachaduras.

Quando os compósitos têxteis entraram em contato com água foi observada uma absorção do líquido na superfície do material como os resultados na Tabela 2. A molhabilidade dos compósitos têxteis limita a usabilidade desse material para algumas aplicações industriais. A diferença no ângulo de contato da gota de água é registrada ao longo do tempo. Este lapso de tempo é denominado pelo(s) índice(s) de sorção (Silva Jr. *et al.*, 2022). Nas misturas que contém fibrila foi observado uma redução no tempo de absorção, tornando o compósito têxtil mais hidrofóbico.

Tabela 2 – Ângulo de contato e Índice de absorção dos compósitos

Compósitos	Ângulo de contato (º)	Índice de absorção (s)
1	35	2,2
2	30	1,7
3	22	1,3
4	15	1,2
5	28	1,8
6	43	2,1
7	47	3,8

8	60	4,2
9	72	5,0
10	27	1,9
11	20	1,5
12	13	1,2

Fonte: Os Autores.

Durante a avaliação sensorial macroscópica a cor se apresentou como resultado interessante, tendo em vista que, o resíduo têxtil se apresentava como uma mistura de tons e que resultou como a cor final do compósito têxtil. Para as texturas visual e tátil as amostras que contém o maior percentual de fibrila têxtil se apresentam rugosas e opacas, já as que contém maior percentual de CB apresentam superfícies lisas e brilhantes, como mostrado na figura 1.

Figura 1: Avaliação sensorial dos compósitos.



Fonte: Os Autores.

4. CONCLUSÃO

Os compósitos produzidos a partir da composição de fibras têxteis, papel cartão e CB apresentam-se como um material com textura visual e tátil favorável a ser utilizado como matéria prima para a produção de papeis. A utilização de resíduos possibilita a economia circular para materiais que estão sendo descartados no meio ambiente.

Em futuros estudos, pesquisadores podem dedicar-se no melhoramento das propriedades mecânicas e físico-químicas dos compósitos têxteis. O compósito têxtil tem potencial para uso na indústria de papel e embalagens, revestimentos de pisos e paredes e na produção de acessórios. A adição de substâncias com caráter hidrofóbico pode impermeabilizar a superfície do compósito que poderá ser experimentado como embalagens para produtos úmidos.

REFERÊNCIAS

AMARAL, M. C., ZONATTI, W. F., SILVA, K. L., JUNIOR, D. K., NETO, J. A., e RAMOS, J. B. Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and considerations concerning the circular economy. *Gest. e Prod.*, São Carlos, v. 25, n. 3, p. 431-443, 2018.

BONATTI, E. C. *Análise da viabilidade de utilização de materiais recicláveis para isolamento acústico*. 2022. 15 páginas. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

BRASIL. *Plano Nacional de Gerenciamento de Resíduos Sólidos*, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 mar. 2023.

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. Rio de Janeiro: LTC. 2008.

COSTA A. F. S., GALDINO JUNIOR C. J., MEIRA H.M., AMORIM J. D. P., SIVA I. GOMES E. S., SARUBBO, L. A. Production of Paper Using Bacterial Cellulose and Residue from the Sugar and Alcohol Industry, *Chem. Engin. Trans.*, v. 79, p. 85-90, 2020.

OLIVEIRA NETO, G. C., CORREIA, J. M. F., SILVA, P. C., SANCHES, A. G. O., e LUCATO, W. C. Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. *Jour. of Clea. Prod.*, v. 228, p. 1514-1525, 2019. R. G. WANDERLEY, A. F. S. COSTA, J. S. MACÊDO, C. B. VASCONCELOS, M. H.

SILVA. The requalification possibility of laundry textile residues. In: *Textiles, Identity and Innovation*. Lisboa, Portugal, 2019.

RECITEX: PROCESSOS. *Resíduos Têxteis*. Disponível em: <<http://www.recitex.com.br/processos/>>. Acesso em: 16 mar. 2023.

SILVA JR., C. J. G. S, AMORIM, J. D. P, MEDEIROS, A. D'. L, CAVALCANTI, A. K. L. H, NASCIMENTO, H. A., HENRIQUE, M. A., MARANHÃO, L. J. C. N., VINHAS, G.M., SILVA, K. K. O. S., COSTA, A. F. S, SARUBBO, L S. Design of a Naturally Dyed and Waterproof Biotechnological Leather from Reconstituted Cellulose. *Jour. of Func. Biom.*, v. 13, p. 1-14. 2022.

VELICKO, A. J.; AMRGINSKI, R. L.; HEMKEMEIER, M. Alternatives of reusing textile waste. *Rese.*, *Soc. and Dev.*, v. 9, n.11, 2020.

CAPÍTULO 11

EXPLORING OSEEN FLOW IN EXTERIOR DOMAINS THROUGH SOBOLEV SPACES: A CONCISE FUNCTIONAL STUDY

Rômulo Damasclin Chaves dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9482-1998>

Department of Physics, Technological Institute of Aeronautics, São Paulo, Brazil.

E-mail: romulosantos@ita.br

ABSTRACT: This study serves as an introductory exploration of Oseen flow, a mathematical and physical framework for modeling fluid dynamics, with a specific focus on viscous substances such as liquids or gases. The presented theorem and its associated lemmas extend the foundational theory of potential flow, traditionally applied to inviscid fluids. The primary objective in investigating Oseen flow within external domains is to elucidate the influence of viscous effects on flow patterns beyond solid structures. Consequently, we establish the existence of generalized solutions when Ω represents a three-dimensional (3D) domain in the Stokes problem.

KEYWORDS: Oseen Flow; 3D Domain; External Domain; Inviscid Fluid.

RESUMO: Este estudo serve como uma exploração introdutória do fluxo de Oseen, um arcabouço matemático e físico para modelar a dinâmica dos fluidos, com um foco específico em substâncias viscosas como líquidos ou gases. O teorema apresentado e seus lemas associados estendem a teoria fundamental do fluxo potencial, tradicionalmente aplicada a fluidos invíscidos. O principal objetivo ao investigar o fluxo de Oseen dentro de domínios externos é elucidar a influência dos efeitos viscosos nos padrões de fluxo além de estruturas sólidas. Consequentemente, estabelecemos a existência de soluções generalizadas quando Ω representa um domínio tridimensional (3D) no problema de Stokes.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento de Oseen; Domínio 3D; Domínio Externo; Fluido Invíscido.

1. INTRODUCTION

The Oseen approximation is developed to elucidate the dynamics of fluids around rigid bodies, labeled in this work as \mathcal{B} , experiencing constant and 'small enough' purely translational motion within a fluid, where its dynamics are described by the governing Navier equations. Stokes. However, assuming this type of movement, around \mathcal{B} , this may in turn impose limitations in several practical physical scenarios. These limitations can be observed on macroscopic and microscopic scales, where in \mathcal{B} not only translational but also rotational movement is allowed. Other examples of these situations may include the alignment of rigid bodies (bodies in tandem) in the flow of a viscous fluid and the autonomous movement of microorganisms in a viscous medium (which will not be considered in this work); the work of Galdi (2002) offers a comprehensive exploration of these and related topics. Furthermore, as Sobolev's functional space will be mentioned, for the study in question, we refer the reader to the works of Santos & Sales (2023) and Santos & Silva (2023).

In this context, to adequately describe situations in which body \mathcal{B} moves through a generic, but "small" and rigid motion, a more general approximation is necessary, which we introduce via Eq. (1), which we will call the generalized Oseen approximation. For the reader's better understanding, we reproduce the relevant equations here:

$$\begin{cases} v\Delta \mathbf{v} + \mathbf{v}_0 \cdot \nabla \mathbf{v} + \omega \times \mathbf{x} \cdot \nabla \mathbf{v} - \omega \times \mathbf{v} = \nabla p + \mathbf{f} & \text{in } \Omega, \\ \square & \square \\ \nabla \cdot \mathbf{v} = 0 & \text{in } \Omega, \\ \square & \square \\ \mathbf{v} = \mathbf{v}_* & \text{at } \partial\Omega, \\ \square & \square \end{cases} \quad (1)$$

together with the condition at infinity

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} \mathbf{v}(x) = 0. \quad (2)$$

We remind that in Eq. (1), \mathbf{v}_0 and ω are provided as constant vectors, symbolizing the translational and angular velocity, correspondingly, in the rigid motion of \mathcal{B} . We will presume that Ω is an exterior domain of \mathbb{R}^3 , and furthermore, we emphasize the importance of reviewing pertinent observations and bibliographies related to the two-dimensional case that will be discussed in this work.

To articulate problems and outcomes more effectively, it is advantageous to rephrase Eq. (1) and Eq. (2) in a suitable dimensionless form. To this end, we assume, without loss, that ω is directed along the positive x_1 – axis, that is, $\omega = \omega e_1$, while $\mathbf{v}_0 =$

$\nu_0 e, \nu_0 \geq 0$ (Of course, we suppose $\omega \neq 0$). Furthermore, we normalize the length by $d = \delta(\Omega^c)$, and the velocity with ν_0 , if $\nu_0 \neq 0$, and ωd otherwise. Therefore, introducing the dimensionless numbers

$$\begin{aligned}\mathcal{R}' &= \frac{\nu_0 d}{\nu} \text{ (Reynolds number),} \\ \mathcal{T} &= \frac{\omega d^2}{\nu} \text{ (Taylor number),}\end{aligned}\tag{3}$$

the system Eq. (1) assumes the following form

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta \boldsymbol{v} + \mathcal{R}' \boldsymbol{e} \cdot \nabla \boldsymbol{v} + \mathcal{T} (\boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{x} \cdot \nabla \boldsymbol{v} - \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{v}) = \nabla p + \mathbf{f} & \text{in } \Omega, \\ \square & \square \square \\ \nabla \cdot \boldsymbol{v} = 0 & \text{in } \Omega, \\ \square & \square \square \\ \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_* & \text{at } \partial\Omega, \\ \square & \square \square \end{array} \right. \tag{4}$$

where now \boldsymbol{v} , \boldsymbol{v}_* , p , and \mathbf{f} are nondimensional quantities. If $\Omega \equiv \mathbb{R}^3$ the above choice of d is no longer possible, but we can still give a meaning to Eq. (4), which is what we shall do hereinafter.

At this point we observe that, in general, ω and ν_0 , that is, \boldsymbol{e}_1 and \boldsymbol{e} , have different directions. However, by shifting the coordinate system by a constant quantity, we can always reduce the original equations to new ones where $\boldsymbol{e} = \boldsymbol{e}_1$. This change of coordinates, known as Mozzi–Chasles transformation (see more in Caparrini (2003) and Ceccarelli (2007)), reads as follows:

$$\boldsymbol{x}^* = \boldsymbol{x} - \lambda \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{e}, \lambda := \frac{\mathcal{R}'}{\mathcal{T}} \equiv \frac{\nu_0}{\omega d}.\tag{5}$$

Thus, defining

$$\begin{aligned}\Omega^* &= \{\boldsymbol{x}^* \in \mathbb{R}^3 : \boldsymbol{x}^* = \boldsymbol{x} - \lambda \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{e}, \text{for some } \boldsymbol{x} \in \Omega\}, \\ \boldsymbol{v}^*(\boldsymbol{x}^*) &= \boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}^* + \lambda \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{e}), p^*(\boldsymbol{x}^*) = p(\boldsymbol{x}^* + \lambda \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{e}), \\ \mathbf{f}^*(\boldsymbol{x}^*) &= \mathbf{f}(\boldsymbol{x}^* + \lambda \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{e}), \\ \mathcal{R} &= \mathcal{R}' \boldsymbol{e} \cdot \boldsymbol{e}_1,\end{aligned}\tag{6}$$

the Eq. (4) becomes (with stars omitted)

$$\begin{cases} \Delta \boldsymbol{\nu} + \mathcal{R} \frac{\partial \boldsymbol{\nu}}{\partial x_1} + \mathcal{T}(\boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{x} \cdot \nabla \boldsymbol{\nu} - \boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{\nu}) = \nabla p + \mathbf{f} & \text{in } \Omega, \\ \square \\ \nabla \cdot \boldsymbol{\nu} = 0 & \text{in } \Omega, \\ \square \\ \boldsymbol{\nu} = \boldsymbol{\nu}_* & \text{at } \partial\Omega, \\ \square \end{cases} \quad (7)$$

Throughout this section, we will therefore focus on solving equations Eqs. (7) and (2). We wish to highlight the important feature occurring in Equation (7), as follows. Building upon the prior analysis, we can infer that the wake characteristics of the velocity field $\boldsymbol{\nu}$ at considerable distances are attributed to the term $\mathcal{R} \frac{\partial \boldsymbol{\nu}}{\partial x_1}$. Currently, this expression equals zero whenever the "effective" Reynolds number \mathcal{R} becomes negligible. Considering the Mozzi-Chasles transformation, this occurs not only as intuitively anticipated, that is, with $\boldsymbol{\nu} = 0$, but, more generally, when $\boldsymbol{\nu}_0 \cdot \boldsymbol{\omega} = 0$, namely, when the translational velocity of the body is perpendicular to its angular velocity. In fact, as we shall prove later on, the formation of a "wake" is possible, in a suitable sense, if and only if, $\boldsymbol{\nu}_0 \cdot \boldsymbol{\omega} \neq 0$.

The study of the mathematical properties of the solutions of Eq. (7), (2) is, in principle, much more challenging than the analogous study carried out for the Oseen problem Eq. (1), (2), the main reason being the presence, in Eq. (7), of the term $\boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{x} \cdot \nabla \boldsymbol{\nu}$, whose coefficient becomes unbounded as $|\boldsymbol{x}| \rightarrow \infty$. An important consequence of this fact is that Eq. (7) can in no way be seen as a perturbation of Eq. (1), even for "small" \mathcal{T} (i.e., "small" angular velocities). Despite this challenge, it is feasible to demonstrate, quite readily, the existence of at least one comprehensive solution to Eqs. (7) and (2) while also establishing that this solution remains smooth given equally smooth input data. Similar to the Oseen approximation scenario, the generalized solution is formulated employing the Galerkin method, utilizing a suitable basis and a pertinent a priori estimate of the Dirichlet norm of $\boldsymbol{\nu}$. This estimation can be established due to the fact that (as the reader will promptly observe)

$$\int_{\Omega} (\boldsymbol{e}_1 \times \boldsymbol{x} \cdot \nabla \varphi \cdot \varphi - \boldsymbol{e}_1 \times \varphi \cdot \varphi) = 0, \forall \varphi \in \mathcal{D}(\Omega). \quad (8)$$

Considering applications to the nonlinear problem, similar to the Oseen approximation, the subsequent study in this particular case revolves around examining

the behavior of generalized solutions at significant distances. This question arises naturally when investigating the uniqueness of generalized solutions, a distinct concept is presented in Theorem 1 and two important Lemmas for Oseen approximations, respectively.

Theorem 1. Let Ω be a locally Lipschitz exterior domain of \mathbb{R}^3 . Given $\mathbf{f} \in D_0^{-1,2}(\Omega)$, $\mathbf{v}_* \in W^{1/2,2}(\partial\Omega)$, there exists one and only one generalized solution to the Stokes problem, given by

$$\text{in } \Omega \begin{cases} \Delta \mathbf{v} = \nabla p + \mathbf{f}, \\ \nabla \cdot \mathbf{v} = 0, \\ \mathbf{v} = \mathbf{v}_* \text{ at } \partial\Omega. \end{cases} \quad (9)$$

where \mathbf{f} , \mathbf{v}_* are prescribed fields and where, as usual, we have formally set the coefficient of kinematic viscosity to be one. Of course, since Ω is unbounded, we have to assign also the velocity at infinity, which we do as follows

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} \mathbf{v}(x) = 0.$$

This solution satisfies for all $\mathcal{R} > \delta(\Omega^c)$ the following estimate

$$\|\mathbf{v}\|_{2,\Omega_R} + |\mathbf{v}|_{1,2} + \|p\|_2 \leq c\{|\mathbf{f}|_{-1,2} + \|\mathbf{v}_*\|_{1/2,2(\partial\Omega)}\}, \quad (10)$$

where p is the pressure field associated to \mathbf{v} and $c = c(\Omega, R)$, $c \rightarrow \infty$ as $R \rightarrow \infty$.

Furthermore,

$$\int_{S^2} |\mathbf{v}(x)| = o\left(\frac{1}{\sqrt{|x|}}\right), \quad |x| \rightarrow \infty. \quad (11)$$

Proof. The proof of existence and uniqueness goes exactly as in **Theorem 1**, provided we make a suitable extension of \mathbf{v}_* . In this respect, it is worth noticing that it is not required that the flux of \mathbf{v}_* on $\partial\Omega$ be zero. Set

$$\Phi = \int_{\partial\Omega} \mathbf{v}_* \cdot \mathbf{n}, \quad \boldsymbol{\sigma}(x) = -\Phi \nabla \mathcal{E}(x), \quad (12)$$

where \mathcal{E} is the fundamental solution to the Laplace equation and with the origin of coordinates taken in Ω^c . Recall that \mathbf{n} is the unit outer normal to $\partial\Omega$. Clearly,

$$\Delta\sigma = 0 \text{ in } \Omega,$$

$$\int_{\partial\Omega} \sigma \cdot \mathbf{n} = \Phi.$$

Putting $\mathbf{w}_* = \mathbf{v}_* - \sigma$, it follows that

$$\sigma = \frac{\Phi}{4\pi} \nabla(|x|^{-1}),$$

$$\int_{\partial\Omega} \mathbf{w}_* \cdot \mathbf{n} = 0,$$

and to construct a solenoidal field $\mathbf{V}_1 \in \mathbf{W}^{1,2}(\Omega)$, vanishing outside Ω_ρ , for some $\rho > \delta(\Omega^c)$, that equals \mathbf{w}_* on $\partial\Omega$ and, moreover,

$$\|\mathbf{V}_1\|_{1,2,\Omega_\rho} \leq c_1 \|\mathbf{w}_*\|_{1/2,2(\partial\Omega)} \quad (13)$$

with $c = c(\Omega_\rho)$. On the other hand, we have, clearly,

$$\|\mathbf{w}_*\|_{1/2,2(\partial\Omega)} \leq c_2 \|\mathbf{v}_*\|_{1/2,2(\partial\Omega)}, \quad (14)$$

so that Eq. (14) implies

$$\|\mathbf{V}_1\|_{1,2,\Omega_\rho} \leq c_3 \|\mathbf{v}_*\|_{1/2,2(\partial\Omega)}, \quad (15)$$

with $c_3 = c_3(\Omega, \rho)$. A generalized solution to the exterior problem is then sought in the form

$$\mathbf{v} = \mathbf{w} + \mathbf{V}_1 + \sigma,$$

where $\mathbf{w} \in \mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$ solves

$$(\nabla \mathbf{w}, \nabla \varphi) = -[\mathbf{f}, \varphi] - (\nabla \mathbf{V}, \nabla \varphi),$$

with

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_1 + \sigma.$$

The existence, uniqueness, and estimate of Eq. (10) are proved along the same lines of *Lemma 1*, shown below.

Lemma 1. Let Ω be an arbitrary domain of \mathbb{R}^n , $n \geq 2$, and let $f \in W_0^{-1,q}(\Omega')$, $1 < q < \infty$, for any bounded domain Ω' with $\overline{\Omega'} \subset \Omega$. A vector field $v \in W_{loc}^{1,q}(\Omega)$ satisfies $(\nabla v, \nabla \psi) = -\langle f, \psi \rangle + (p, \nabla \cdot \psi)$ for all $\varphi \in \mathcal{D}(\Omega)$ if and only if there exists a pressure field $p \in L_{loc}^q(\Omega)$ such that $(\nabla v, \nabla \psi) = -\langle f, \psi \rangle + (p, \nabla \cdot \psi)$ holds for every $\psi \in C_0^\infty(\Omega)$. If, moreover, Ω is bounded and satisfies the cone condition and $f \in D_0^{-1,q}(\Omega)$, $v \in D^{1,q}(\Omega)$ then $p \in L^q(\Omega)$. Finally, if we normalize p by the condition

$$\int_{\Omega} p = 0, \quad (\text{L.1})$$

the following estimate holds:

$$\|p\|_q \leq c(\|f\|_{-1,q} + \|v\|_{1,q}). \quad (\text{L.2})$$

Proof. Let us consider the functional

$$\mathcal{F}(\psi) \equiv (\nabla v, \nabla \psi) + \langle f, \psi \rangle$$

for $\psi \in D_0^{1,q'}(\Omega')$. By assumption, \mathcal{F} is bounded in $D_0^{1,q'}(\Omega')$ and is identically zero in $\mathcal{D}(\Omega)$ and, therefore, by continuity, in $D_0^{1,q'}(\Omega')$. If Ω is arbitrary (in particular, has no regularity), we deduce the existence of $p \in L^q(\Omega)$ for all $\psi \in C_0^\infty(\Omega)$. If Ω is bounded and satisfies the cone condition, by assumption exists a uniquely determined $p' \in L^q(\Omega)$ with

$$\int_{\Omega} p' = 0,$$

such that

$$\mathcal{F}(\psi) = (p', \nabla \cdot \psi), \quad (\text{L.3})$$

for all $\psi \in D_0^{1,q'}(\Omega)$. As $(\nabla v, \nabla \psi) = -\langle f, \psi \rangle + (p, \nabla \cdot \psi)$ and $\mathcal{F}(\psi) = (p', \nabla \cdot \psi)$, we find, in particular,

$$(p - p', \nabla \cdot \psi) = 0, \forall \psi \in C_0^\infty(\Omega),$$

Implying $p = p' + \text{constant.}$, and so, if we normalize p by (L.1), we may take $p = p'$. Considering the problem

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \psi &= |p|^{q-2}p - |\Omega|^{-\frac{1}{q}} \int_{\Omega} |p|^{q-2}p \equiv g \\ \psi &\in W_0^{1,q'}(\Omega') \\ \|\psi\|_{1,q'} &\leq c_1 \|p\|_q^{q-1}, \end{aligned} \tag{L.4}$$

with Ω bounded and satisfying the cone condition. Since

$$\int_{\Omega} g = 0, \quad g \in L^{q'}(\Omega), \quad \|g\|_{q'} \leq c_2 \|p\|_q^{q-1},$$

we deduce the existence of ψ solving (L.4). If we replace such a ψ into (L.3) and use (L.1) together with the Hölder inequality, we obtain (L.2). The proof is therefore completed. ■

And now, provided we use *Lemma 1*, and note that, since $\Delta \sigma = 0$ in Ω , we have:

$$\int_{\Omega} \nabla \sigma : \nabla \varphi = 0,$$

for any $\varphi \in \mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$. To show estimate Eq. (11) we notice that for $|x|$ sufficiently large

$$\int_{S^2} |\mathbf{v}(x)| \leq c_4 \int_{S^2} (|\mathbf{w}(x)| + |\Phi| |\nabla \varepsilon(x)|) = c_4 \int_{S^2} |\mathbf{w}(x)| + \mathcal{O}\left(\frac{1}{|x|^2}\right),$$

and, since $\mathbf{w} \in \mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$, it follows

$$\int_{S^2} |\mathbf{w}(x)| = o\left(\frac{1}{\sqrt{|x|}}\right),$$

which furnishes the Eq. (11). The proof of the *Theorem 1* is then completed. ■

Lemma 2. Let Ω be an arbitrary domain of \mathbb{R}^n , $n \geq 2$, then, there exists a denumerable set of functions $\{\varphi_k\}$ whose linear hull is dense in $\mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$ and has the following properties:

- (i) $\varphi_k \in \mathcal{D}(\Omega), \forall k \in \mathbb{N};$
- (ii) $(\nabla \varphi_k, \nabla \varphi_j) = \delta_{kj}$ or $(\varphi_k, \varphi_j) = \delta_{kj}, \forall k, j \in \mathbb{N};$
- (iii) Given $\varphi \in \mathcal{D}(\Omega)$, and $k \in \mathbb{N}$, for any $\varepsilon > 0$ there exist $m = m(\varepsilon) \in \mathbb{N}$, and $\gamma_1, \dots, \gamma_m \in \mathbb{R}$, such that

$$\left\| \nabla \varphi - \sum_{i=1}^m \gamma_i \nabla \varphi_i \right\|_s + \left\| (|x| + 1)^{k/s} \left(\varphi - \sum_{i=1}^m \gamma_i \nabla \varphi_i \right) \right\|_s < \varepsilon,$$

for all $s \geq 2$, where $(|x| + 1)^{k/s} = \rho$.

Proof. Let $H_{0,\rho}^\ell(\Omega)$, with $\ell > n/2 + 1$, be completion of $\mathcal{D}(\Omega)$ in the norm

$$\|\varphi\|_{\ell,2,\rho} \equiv \|\rho \varphi\|_2 + \|\varphi\|_{\ell,2}.$$

Clearly, $H_{0,\rho}^\ell(\Omega)$ is a subspace of $\mathbf{W}^{\ell,2}(\Omega)$. Moreover, it is also isomorphic to a closed subspace of $[L^2(\Omega)]^N$, for suitable $N = N(\ell, n)$, via the map

$$\varphi \in H_{0,\rho}^\ell(\Omega) \rightarrow (\rho \varphi_1, \dots, \rho \varphi_n; (D^\alpha \varphi_1)_{1 \leq |\alpha| \leq \ell}, \dots, (D^\alpha \varphi_n)_{1 \leq |\alpha| \leq \ell}) \in [L^2(\Omega)]^N.$$

Thus, in particular, $H_{0,\rho}^\ell(\Omega)$ is separable, and so is its subset $\mathcal{D}(\Omega)$. As a consequence, there exists a basis in $H_{0,\rho}^\ell(\Omega)$ of functions from $\mathcal{D}(\Omega)$, which we will denote by $\{\psi_k\}$. Since $H_{0,\rho}^\ell(\Omega) \hookrightarrow \mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$, the linear hull of $\{\psi_k\}$ must be dense in $\mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$ as well. Take $\varphi \in \mathcal{D}(\Omega)$ and fix $\varepsilon > 0$; there exist $N = N(\varepsilon) \in \mathbb{N}$, and $\alpha_1, \dots, \alpha_N \in \mathbb{R}$ such that

$$\left\| \varphi - \sum_{i=1}^N \alpha_i \psi_i \right\|_{\ell,2,\rho} < \varepsilon,$$

it follows that

$$\left\| \varphi - \sum_{i=1}^N \alpha_i \psi_i \right\|_{C^1} < c\varepsilon,$$

with $c = c(\Omega, n, \ell)$. We may orthonormalize $\{\psi_k\}$ in $\mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$ by the Schmidt procedure, to obtain another denumerable set $\{\varphi_k\}$ whose linear hull is still dense in $\mathcal{D}_0^{1,2}(\Omega)$. Since

every φ_r is a linear combination of ψ_1, \dots, ψ_r and, conversely, every ψ_r is a linear combination of $\varphi_1, \dots, \varphi_r$, it is easy to check that the system $\{\varphi_k\}$ satisfies all the statements in the lemma which is thus completely proved. ■

5. CONCLUSION

Therefore, we conclude, based on the presented theorem and its extended results as lemmas, that (i) the conditions under which a solution to a differential equation involving a vector field ν and a pressure field p can be found in a domain Ω are established. This results in the imposition of restrictions on the involved functions and the domain, providing information about the existence and regularity of the solution; (ii) that in the density of a denumerable set of functions $\{\varphi_k\}$ in a Sobolev space $\mathcal{D}_0^{1,2}$ with null boundary condition. The orthogonal properties and density in the Sobolev space ensure that this set is an effective basis for representing functions in this space, allowing accurate approximations. In summary, while the first lemma addresses the existence and regularity of solutions to specific differential equations, the second lemma deals with the density of a set of functions in a Sobolev space, providing an effective basis for representing functions in that space. Both lemmas contribute to theoretical understanding and mathematical analysis in contexts associated with differential equations and functional spaces of type 3D.

REFERENCES

- Caparrini, S. (2003). Early theories of vectors. In Essays on the History of Mechanics: in Memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto (pp. 179-198). Basel: Birkhäuser Basel.
- Ceccarelli, M. (2007). Giulio Mozzi (1730–1813). In Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science: Their Contributions and Legacies Part 1 (pp. 279-293). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Galdi, G. P. (2002). On the motion of a rigid body in a viscous liquid: a mathematical analysis with applications. *Handbook of mathematical fluid dynamics*, 1, 653-791.
- Santos, R. D. C. dos, & Sales, J. H. de O. (2023). Treatment for regularity of the Navier-Stokes equations based on Banach and Sobolev functional spaces coupled to anisotropic viscosity for analysis of vorticity transport. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(8), 16656–01e. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss8pp16656-01e>
- Santos, R.D.C. dos, & Sales, J.H.O. (2023). Turbulent Flow Analysis with Banach and Sobolev Spaces in the LES Method Incorporating the Smagorinsky Subgrid-Scale Model. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(10), 16534–01e. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss10pp16534-01e>
- Santos, R.D.C.; Silva, A.R. A Mathematical analysis of incompressible turbulent flow: Exploring Smagorinsky sub-grid model with asymptotic behavior. *Journal of Engineering Research*, v. 3, p. 1-13, 2023. 10.22533/at.ed.3173352319109

CAPÍTULO 12

NOVA ROTA DE SINTERIZAÇÃO DO CARBETO DE SÍLICIO EM ATMOSFERA OXIDANTE

Rhayana Ayamy Yamaguchi Gomes Da Costa

Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia Química - SE/5
E-mail: costa.rhayana@ime.eb.br

Hellen Karina Pereira Alkimim

Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Materiais - SE/8
E-mail: hellen.karina@ime.eb.br

José Brant de Campos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica
E-mail: brantjose@gmail.com

Rodrigo Fernandes Magalhães de Souza

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)
E-mail: rsouza@puc-rio

Eduardo de Sousa Lima

Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia de Materiais - SE/8
Email: sousalima@ime.eb.br

Wellington Bruno Silva de Jesus

Instituto Militar de Engenharia - Seção de Engenharia de Materiais - SE/8
E-mail: wellington.bruno@ime.eb.br

RESUMO: O método convencional de sinterização do carbeto de silício (SiC) apresenta custos consideravelmente altos, uma vez que demanda a aplicação de elevadas temperaturas e uso de atmosfera inerte. Portanto, uma abordagem alternativa de sinterização foi estudada, utilizando fornos com temperaturas abaixo de 1700°C e atmosfera oxidante. Com isso, foram fabricados 3 tipos de amostras com as seguintes composições: SiC puro, SiC com Alumina e SiC com Ítria, todos produzidos com ligante à base de álcool polivinílico líquido (PVA). Os corpos de prova foram submetidos a uma pré-carga de 0,5 toneladas para o tempo de um minuto e, posteriormente, aplicou-se 4,0 toneladas pelo mesmo período. Cinco corpos de prova foram fabricados para cada tipo de composição. Duas estratégias de processamentos foram usadas para comparação. O processo A consistiu na retirada do ligante com pré-sinterização até 1100°C seguida da sinterização até 1900°C sob atmosfera inerte. O processo B também envolveu a retirada do ligante com pré-sinterização até 1100°C seguida da sinterização até 1400°C sob atmosfera oxidante. As análises das composições foram conduzidas através dos testes de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difração de raios X (DRX) e Análise Termogravimétrica (TGA). O difratograma revelou que as fases cristalinas de Al_2O_3 e Y_2O_3 não apresentaram fases de outros compostos, enquanto o SiC manifestou divergências em relação à pureza informada pelo fabricante. O TGA do SiC puro mostrou um ganho de massa pouco

expressivo à 900°C, devido à oxidação em algumas amostras, e perda de massa devido à reação do SiC com o SiO₂ resultando na formação do produto gasoso CO. À 1500°C houve um aumento mais significativo de ganho de massa, o que pode ser atribuído à oxidação do SiC. Para os resultados de TGA das composições de SiC+Al₂O₃ e SiC+Y₂O₃, observou-se um leve aumento de massa.

PALAVRAS-CHAVE: *SiC; Al₂O₃; Y₂O₃; Ganho de Massa.*

REFERÊNCIAS

S, Mikhail S, Riad, M. *Recent processes for the production of alumina nano-particles* 2020, p.344-363. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.02.001>.

Chen R, Bratten A, Rittenhouse J, Wen H. Effects of mechanically alloying Al₂O₃ and Y₂O₃ additives on the liquid phase sintering behavior and properties of SiC. 2022, 31680. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.07.089>.

Hernández JÁ, Ortiz AL, Sánchez-Bajo F, Galán CA. *Effects of composition and crystallite size on the accuracy of the Rietveld method in determining lattice parameters of polytypes in multiphase SiC ceramics* 2012, p.4285-4293. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.02.009>.

Rodrigues, C. G. (2021). Mobilidade eletrônica e viabilidade do 4H-SiC para a indústria de semicondutores/ Electron mobility and feasibility of 4H-SiC for the semiconductor industry. *Brazilian Journal of Technology*, 4(3), 110–119. <https://doi.org/10.38152/bjtv4n3-002>

CAPÍTULO 13

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO EM REGIME TRANSIENTE DE GERADOR TERMOELÉTRICO DE EXAUSTÃO AUTOMOTIVA

Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Endereço: Cidade Universitária, João Pessoa - PB, CEP: 58051-900

E-mail: cleiton@formiga@gmail.com

Carlos Antônio Cabral dos Santos

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Endereço: Cidade Universitária, João Pessoa - PB, CEP: 58051-900

E-mail: carloscabralsantos@yahoo.com.br

Cleiton Rubens Formiga Barbosa

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Endereço: Avenida Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, Natal - RN

E-mail: crfb2019@gmail.com

Edilson Marinho da Silva Júnior

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal - RN

E-mail: edilson.marinho01@gmail.com

Ricardo Luiz Vieira de França

Mestrando em Recursos Naturais

Instituição: Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Avenida Senador Salgado Filho, 1559, Tirol, Natal - RN

E-mail: ricardofranca@ifrn.edu.br

RESUMO: O gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) para recuperação da energia dos gases de exaustão é um dispositivo ambientalmente sustentável que tem sido investigado intensamente nas últimas décadas. Nesta pesquisa foi desenvolvido uma bancada experimental instrumentada para avaliação da performance de gerador termoelétrico de exaustão automotiva em regime transitório. O aparato experimental compreende uma seção de propulsão de ar, uma seção de aquecimento do ar e uma seção de conversão termoelétrica com trocador de calor, módulos termoelétricos e dissipador de calor refrigerado por líquido. Controles eletrônicos de vazão e aquecimento do ar foram desenvolvidos na

plataforma Arduino para reproduzir a variação de energia térmica dos gases de exaustão de um motor de combustão interna. A vazão e temperatura do fluido de arrefecimento dos módulos termoelétricos são controlados por um chiller. Sensores de temperatura, tensão e corrente elétrica foram instalados estratégicamente para monitoramento e aquisição de dados. A automação da bancada experimental permite estabelecer o regime transitório e a reprodução de testes do gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) de modo igual, sem a interferência do operador, aumentando o nível de confiabilidade dos resultados obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Gerador Termoelétrico; Recuperação de Energia; Eficiência; Efeito Seebeck; Bancada Experimental.

ABSTRACT: The automotive exhaust thermoelectric generator (TEGea) for recovering energy from exhaust gases is an environmentally sustainable device that has been intensively investigated in recent decades. In this research, an instrumented experimental bench was developed to evaluate the performance of a thermoelectric generator for automotive exhaust in transient regime. The experimental apparatus comprises an air propulsion section, an air heating section and a thermoelectric conversion section with heat exchanger, thermoelectric modules and liquid-cooled heatsink. Electronic air flow and heating controls were developed on the Arduino platform to reproduce the thermal energy variation of the exhaust gases of an internal combustion engine. The flow and temperature of the cooling fluid of the thermoelectric modules are controlled by a chiller. Temperature, voltage and current sensors were strategically installed for monitoring and data acquisition. The automation of the experimental bench allows establishing the transient regime and reproducing tests of the automotive exhaust thermoelectric generator (TEGea) in the same way, without operator interference, increasing the level of reliability of the results obtained.

KEYWORDS: Thermoelectric Generator; Energy Recovery; Efficiency; Seebeck Effect; Experimental Bench.

1 INTRODUÇÃO

Entre os principais contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa para o meio ambiente, os automóveis contribuem substancialmente na ordem de 16,4%. As perspectivas atuais dos especialistas, dão conta de que a frota de veículos leves nas estradas deverá alcançar cerca de dois bilhões até 2050. (Li *et al.* 2022), (Ochieng *et al.* 2022)

O avanço da tecnologia e aumento da frota de veículos elétricos (EV) tem sido intensificado nos últimos anos, mas ainda está longe de fazer qualquer redução drástica no nível de emissões do setor de transporte, a menos que uma revolução seja feita na tecnologia de baterias de armazenamento de energia elétrica.

Políticas como melhor planejamento urbano que possam aumentar o uso do transporte coletivo e tecnologias inovadoras que possam reduzir a necessidade de veículos leves podem contribuir consideravelmente para a redução das emissões de CO₂.

Embora seja explorada há muito tempo devido à sua simplicidade inherente, a conversão em eletricidade de uma parte da energia térmica dos gases de exaustão de um motor de combustão interna por um gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) é uma tecnologia que ganhou muita atenção na última década.

Em um motor de combustão interna alternativo (MCIA), somente cerca de um terço do calor total produzido na combustão do combustível é utilizado para a propulsão do veículo, enquanto os dois terços restantes são rejeitados na forma de calor residual principalmente através dos gases de exaustão e do líquido de arrefecimento do motor. O gás de exaustão, geralmente a uma temperatura mais alta em comparação com o líquido de arrefecimento do motor que absorve o calor das paredes do motor, é liberado na atmosfera e o líquido de arrefecimento é recirculado no motor após o arrefecimento no radiador. (Heywood, 2018)

Em alguns dos motores, particularmente nos movidos a diesel, para obter melhor eficiência, parte dos gases de exaustão é resfriado e misturado com ar no sistema de recirculação de gases de escape (EGR) para reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (Nox). O turbocompressor é outra tecnologia que utiliza o calor dos gases de exaustão para melhorar a eficiência volumétrica e a potência do motor. (Heywood, 2018)

No entanto, em todas essas tecnologias, apenas uma pequena fração do gás de exaustão ou de sua energia é convertida em trabalho útil e o restante é liberado para a atmosfera. Nos últimos anos, melhorar o desempenho do motor fazendo uso deste calor residual de exaustão tem sido objeto de intensa pesquisa no campo de sistemas de recuperação de energia.

A tecnologia de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) envolve a conversão do calor residual disponível nos gases de exaustão em eletricidade que pode ser armazenada e utilizada para várias necessidades elétricas de um veículo para que a eficiência de combustível possa ser melhorada.

Desde a década de sessenta geradores termoelétricos de exaustão automotiva têm sido desenvolvidos e testados em veículos de passeio e veículos de transporte de carga utilizando principalmente módulos termoelétricos a base de telureto de bismuto. (Wojciechowski *et al.*, 2022), (Pourkiaei *et al.*, 2019), (Shen *et al.*, 2022), (Champier *et al.*, 2017)

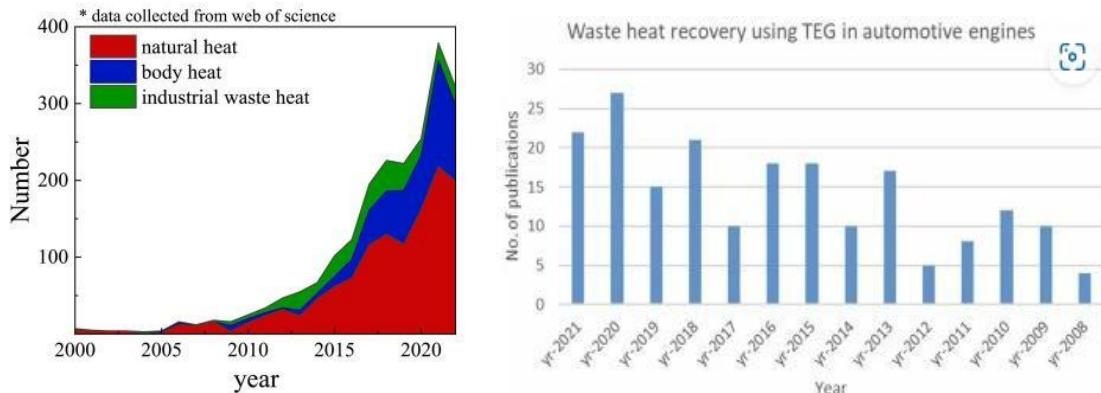
Muito embora a tecnologia de geradores termoelétricos de exaustão automotiva tenha sido há mais de 50 anos, um aumento nas atividades de pesquisa neste campo vem ocorrendo apenas nos últimos 15 anos, o que é evidente a partir de Figura 1 mostrando o número de publicações sobre o tema nas últimas cinco décadas.

Esse aumento exponencial na produção de pesquisa nos últimos anos deve-se principalmente a alguns dos resultados inovadores nas propriedades dos materiais termoelétricos, que melhoraram o valor da figura de mérito (zT), que foi menos de 1 durante um longo período para mais de 1. Nos últimos anos, a evolução da tecnologia da microestrutura de materiais termoelétricos em escala de comprimento micrométrica ou nanométrica têm elevado figura de mérito (zT) para valores superiores a 2. (Pourkiaei *et al.*, 2019), (Deng *et al.*, 2014)

No mundo contemporâneo, a crescente crise ambiental e as questões climáticas extremas tornaram um desafio urgente criar uma sociedade neutra em carbono. O gerador termoelétrico (TEG) desempenha um papel indispensável na construção de um mundo renovável devido aos seus méritos de nenhuma emissão, nenhum ruído e respeito ao meio ambiente. (Li *et al.* 2022) Nas últimas décadas, o interesse da comunidade científica em geradores termoelétricos tem crescido exponencialmente em razão das perspectivas de utilização nos segmentos comercial, industrial e residencial. A Figura 1 mostra o número de artigos científicos de geradores termoelétricos publicados nas plataformas Web of

Science e Scopus nas últimas décadas. (Li *et al.* 2022), (Ochieng *et al.* 2022)

Figura 1. Publicações de geradores termoelétricos nas plataformas: (a) Web of Science (b) Scopus



Fonte: Li *et al.* (2022), Ochieng *et al.* (2022).

Um gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) consiste em pelo menos um trocador de calor que coleta calor de uma fonte de calor externa e pelo menos um conversor termoelétrico (módulo TE) que transforma o fluxo de calor absorvido diretamente em energia elétrica. (Wojciechowski *et al.* 2022)

O tamanho pequeno e as altas densidades de potência dos módulos termoelétricos (TEMs) permitem a construção de fontes de energia compactas. Além disso, os geradores termoelétricos TEGs são facilmente escaláveis, o que significa que podem ser aplicados a vários tipos e tamanhos de sistemas de potência. Pourkiaei *et al.* (2019), Shen *et al.* (2019), Champier (2017).

Os TEGs de exaustão automotiva são geralmente desenvolvidos a partir de simulações utilizando softwares de dinâmica dos fluidos computacional (CFD) e posteriormente testados quanto ao seu desempenho por três métodos diferentes, a saber: (a) utilizando um equipamento de ensaio construído em laboratório com gás quente ou ar como fonte de calor; (b) numa condição de condução simulada utilizando um equipamento de ensaio de laboratório com motor a gasolina ou diesel e dinamômetro; (c) em um teste de condução em estrada real. (Barbosa Júnior *et al* 2023), (Fernandes *et al* 2020)

Embora a maioria dos testes de desempenho relatados até agora tenham sido realizados por primeiro ou segundo métodos, os testes em condições reais de condução são muito poucos. Estas condições reais de condução de um veículo podem

dar uma avaliação mais realista das questões associadas a esta tecnologia e à sua viabilidade comercial.

A bancada experimental para teste em regime transiente de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) foi projetada e construída com o apoio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (PPGEM/UFPB), Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DEM/UFRN) e Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN).

1.1 Objetivos

Esta pesquisa teve como propósito o desenvolvimento de uma bancada experimental para avaliação em regime transiente da performance de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) para recuperação de energia dos gases de exaustão de um motor térmico.

1.2 Justificativas

O banco de ensaio objeto desta pesquisa fornecerá um meio para melhorar a compreensão do comportamento operacional em regime transiente de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) para recuperação da energia dos gases de exaustão de um motor de combustão interna em um ambiente de laboratório simulando condições do mundo real.

1.3 Fundamentos do gerador termoelétrico de exaustão automotiva

O princípio de funcionamento do gerador termoelétrico (TEG) é mostrado na Figura 2 e se baseia no efeito Seebeck descoberto por Thomas Johann Seebeck em 1821.

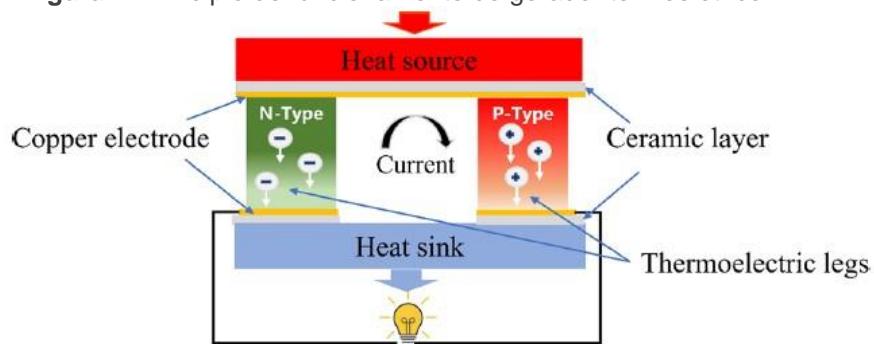
O coeficiente de Seebeck (α) é uma constante dos materiais termoelétricos e pode ser definido como:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (1)$$

Onde ΔV é a diferença de tensão em volt e ΔT é a diferença de temperatura em K. A figura de mérito (ZT) é um parâmetro adimensional que determina a capacidade de absorção ou rejeição de calor, sendo empregado para especificar o desempenho termoelétrico de um material específico:

$$ZT = \frac{\alpha^2}{\kappa} \sigma T \quad (2)$$

Figura 2. Princípio de funcionamento do gerador termoelétrico



Fonte: Li et al (2023).

Onde σ e T denotam a condutividade elétrica e a temperatura, respectivamente. κ denota a condutividade térmica que é composta por duas propriedades térmicas separadas (k_e e k_l , a condutividade elétrica e a condutividade da rede, respectivamente).

Em 1834 descobriu-se que na presença de corrente no circuito, dependendo da direção da corrente, vários materiais condutores absorvem ou rejeitam o calor nas juntas. Esse fenômeno foi chamado de efeito Peltier. (Rosa e Ordóñez 2022)

As energias de Fermi (um conceito na física quântica em relação com o estado energético dos elétrons ocupados em temperaturas acima de zero) entre os materiais articulados são a razão para isso acontecer. (Pan et al. 2021)

O efeito termoelétrico Thomson está relacionado à taxa de calor gerado (reversível) devido à corrente elétrica e pode ser expresso da seguinte forma: (Wu et al. 2019)

$$\beta = \frac{q}{I \Delta T} \quad (3)$$

Onde β é o coeficiente de efeito Thomson em V/K, I é atual em A, e ΔT é a diferença de temperatura em K. A eficiência máxima do TEG pode ser obtida da seguinte forma:

$$\eta_{max} = T_H^{-H} \times \frac{\sqrt{1+ZT}-1}{\sqrt{1+ZT}+1} \quad (4)$$

$$T_H$$

Onde T_C e T_H indicam a temperatura do lado frio e a temperatura do lado quente, respectivamente. O COP máximo do TEC é calculado como:

$$COP_{max} = \frac{T_H^{-H}}{T_H - T_C} \times \frac{\sqrt{1+ZT}-T_C}{\sqrt{1+ZT}+1} \quad (5)$$

O principal objetivo do projeto termoelétrico (para determinados parâmetros operacionais e material termoelétrico específico) é determinar parâmetros de projeto a um custo mínimo. Por esse motivo, os parâmetros de projeto podem ser calculados da seguinte forma:

$$N = \frac{V(1+2rl^{\alpha l})}{\alpha(T_h-T_c)} \quad (6)$$

$$A = \frac{l2\rho(n+l)(1+2rl^{\alpha l})}{\alpha(T_h-T_c)} \quad (7)$$

$$P = 2 \frac{\rho(\alpha n^2 + AN)}{(T_h - T_c)} \quad (8)$$

$$(T_h - T_c)$$

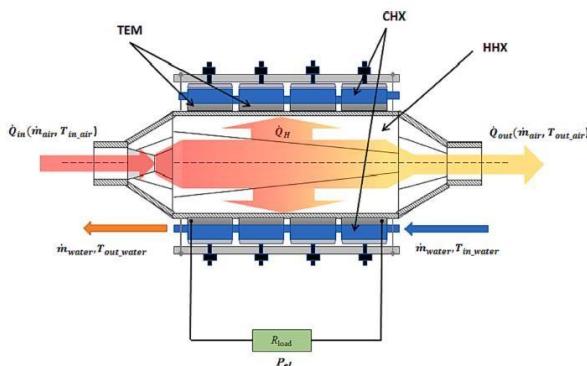
$$\phi = \frac{(1+2rl)^2 - [T_h^{-H} - T_c] + (4)(l+n)]}{rl[2 - 2(T_h - ZT_h)l + 2rlc]} \quad (9)$$

Onde N é o número de termopares, A é a área de secção transversal, P é a saída de energia, ϕ é eficiência de conversão, V é a tensão, Z é a figura do mérito, α é o coeficiente de Seebeck, n e r são resistividade de contato elétrico e térmico, I_c é a espessura da camada de contato, l é o comprimento do elemento térmico, T_h e T_c são as temperaturas dos lados quente e frio, e ρ é a resistividade elétrica.

1.4 Balanço de massa de energia de um gerador termoelétrico

A Figura 3 mostra o diagrama esquemático do balanço de massa e energia em um gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) em que os módulos termoelétricos (TEM) são instalados entre os trocadores de calor da fonte quente (HHX) e os dissipadores de calor da fonte fria (CHX). (Wojciechowski *et al.* 2022)

Figura 3. Diagrama esquemático do balanço de massa e energia em um gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea)



Fonte: Wojciechowski *et al.* (2022)

O projeto mais comum de TEG-a é baseado em um trocador de calor dos gases de exaustão (HHX) e um trocador de calor (dissipador) resfriado por líquido (CHX).

A temperatura do gás de entrada ($T_{in,air}$) e o fluxo mássico (mar) transporta o calor (Q_{in}) que entra no trocador HHX está exposto.

O fluxo de calor (Q_{in}) é dividido no fluxo de calor (Q_H) absorvido pelas aletas internas do HHX, e pelo fluxo de calor expelido (Q_{out}) com o fluxo de gases de escape.

Os módulos termoelétricos (TEM) transformam uma parte do fluxo de calor capturado em energia elétrica (PEI) que é direcionado para uma carga elétrica externa com resistência interna (R_{load}).

O calor restante é transferido pelo CHX e aumenta a temperatura do meio líquido de resfriamento (água) de (T_{in_water}) para (T_{out_water}). A eficácia da HHX no sistema TEG pode ser expressa como:

$$\varepsilon_{HHX} \cong \frac{Q_{in_air} - Q_{airout_air}}{T_{in_air} - T_{airout_air}} = \dot{Q}_{in_air} \cdot \frac{\Delta T}{\dot{m}_{air} \cdot C_p} \quad (10)$$

A eficiência dos módulos termoelétricos, bem como a do trocador de calor HHX, tem influência direta na eficiência do TEG-a e pode ser expresso como:

$$\eta_{TEG} = \eta_{TEMA} \cdot \varepsilon_{HHX} \cong \frac{P_{gen} - P_{loss}}{Q_{gen} H} = \frac{\dot{Q}_{in} \cdot \dot{m}_{air} \cdot C_p}{\dot{Q}_{in} \cdot \dot{m}_{air} \cdot C_p} \quad (11)$$

A potência líquida do TEG pode ser expressa por:

$$P_{net} = P_{gen} - P_{loss} \quad (12)$$

Onde (P_{loss}) é a potência necessária para abastecer os equipamentos auxiliares do TEG: bombas, ventiladores, sopradores ou compressores que compensam as quedas de pressão Δp_i de fluidos em ambos os tipos de trocadores de calor do TEG:

$$P_{loss} = \sum \Delta p_i \cdot V_i \quad (13)$$

A eficiência resultante do sistema é definida como:

$$\eta_{net} = \frac{P_{net}}{Q_{in}} \quad (14)$$

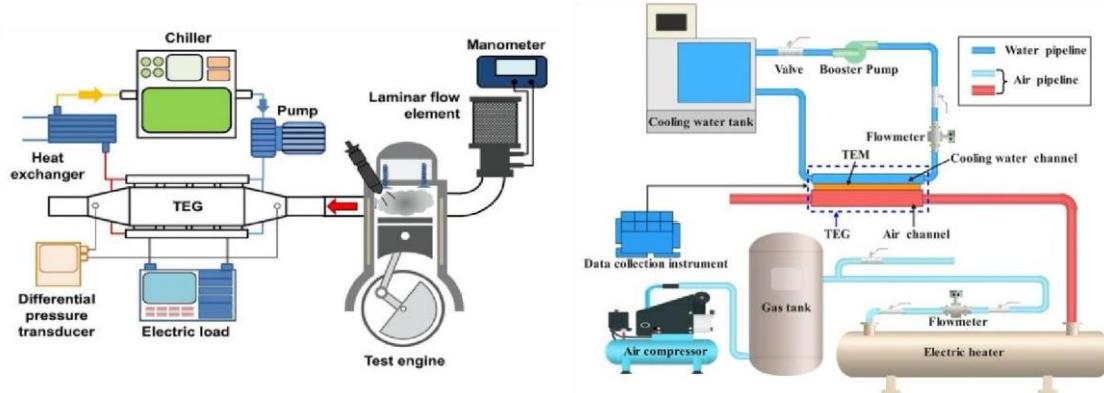
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 4 mostra bancadas típicas de teste de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) com diferentes fontes de calor.

Na bancada da Figura (4-a) para teste do TEGea utiliza-se um motor de combustão monocilíndrico.

Para teste do TEGea da Figura (4-b), um compressor de ar e um aquecedor de resistência elétrica são empregados para simular a energia residual dos gases de exaustão de um motor térmico.

Figura 4. Modelos de bancada de teste para gerador termoelétrico de exaustão automotiva com diferentes fontes de calor: (a) motor de combustão interna (b) Com compressor de ar.



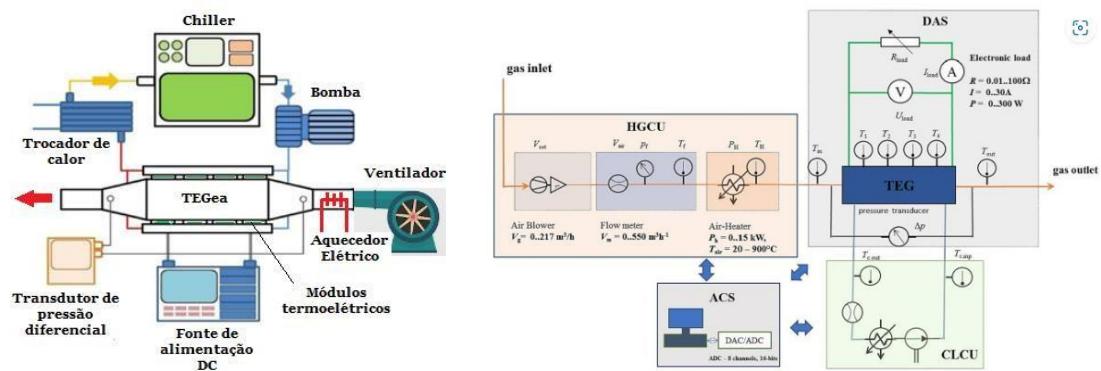
Fonte: Jouhara et al. (2021) e Ge et al. (2022).

A Figura (5-a) apresenta a bancada experimental, em escala de laboratório, desenvolvida nesta pesquisa para teste em regime transitório de TEGea, que faz uso de um soprador de ar (ventilador) e uma resistência elétrica de aquecimento para simular a energia dos gases de exaustão do motor de combustão interna.

De concepção simples, a bancada experimental objeto da pesquisa compreende essencialmente um túnel de ar aquecido contendo seção de propulsão do fluxo de ar, seção de aquecimento do ar e seção do gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea).

A Figura (5-b) apresenta o diagrama esquemático da instrumentação da bancada experimental para teste em regime transitório de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea).

Figura 5. (a) Bancada experimental desenvolvida (b) Diagrama esquemático da instrumentação



Fonte: Adaptado Jouhara et al. (2021).

Das Figuras 3 e (5-b), destacam-se as seguintes unidades e/ou sistemas de controle, monitoramento e medição:

- I. Unidade de controle de gás quente (HGU) que alimenta o trocador de calor (HHX) e utiliza software exclusivo de gerenciamento desenvolvido na plataforma do Arduino;
- II. Unidade de controle de líquido de resfriamento (CLCU) para dissipação de calor dos módulos termoelétricos que utiliza chiller digital;
- III. Sistema de controle automatizado (ACS) que permite definir com precisão as condições de teste em regime transiente (aceleração, desaceleração, cargas parciais etc), com o gerenciamento por software exclusivo desenvolvido na plataforma Arduino e em linguagem C++;
- IV. Sistema de aquisição de dados (DAS) que armazena em computador dados de temperatura, escoamento de fluidos, quedas de pressão e parâmetros elétricos do gerador termoelétrico de exaustão automotiva com gerenciamento via software exclusivo desenvolvido na plataforma arduino.
- V. A unidade HGU é uma fonte de ar quente, seção de propulsão de ar e seção de aquecimento do ar.

3. RESULTADOS

A Figura (6-a) mostra a bancada experimental desenvolvida para teste de TEGea apresenta design original, construção modular e dispõe de recursos de automação, controles e sensores distribuídos estrategicamente na instalação.

A Figura (6-b) apresenta o modelo 3-D da seção do protótipo de gerador termoelétrico de exaustão automotiva que é parte integrante da bancada experimental.

Utilizando o ar com fluido de trabalho e operando em regime transiente os testes preliminares realizados na bancada experimental mostram a eficiência dos controles e softwares desenvolvidos na plataforma Arduino para variação da potência de aquecimento e da intensidade de propulsão (vazão) do ar.

Figura 6. (a) Vista parcial da bancada experimental para teste em regime transiente de TEGea (b) Modelo 3-D da seção do protótipo de TEGea



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em testes preliminares das seções de propulsão e de aquecimento do ar, simulando regimes de aceleração, desaceleração e de carga constante, foi possível observar na bancada experimental a obtenção de faixas de temperaturas e vazões típicas dos gases de exaustão de um motor térmico funcionando em regime transiente. Em testes iniciais da bancada experimental foi observado vazões mássicas de ar de 1,0 g/s a 50,0 g/s e temperaturas nas superfícies quente e fria em contato com os módulos termoelétricos de 30 °C a 550 °C e 10 °C a 50 °C, respectivamente, conforme ajuste dos controles de aquecimento e vazão de ar e controle da potência do líquido de arrefecimento dos módulos termoelétricos.

4. CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento da bancada experimental para teste em regime transiente de gerador termoelétrico de exaustão automotiva pode-se concluir que:

- I. A bancada experimental desenvolvida com design modular poderá ser facilmente adaptada para testes em regime transiente de diferentes configurações de TEGea;
- II. A bancada experimental instrumentada permite a avaliar em regime transiente a performance de gerador termoelétrico de exaustão automotiva e a eficiência do trocador de calor da fonte quente;

- III. Os sistemas de controle e monitoramento da potência de aquecimento e vazão mássica do ar, desenvolvidos na plataforma do Arduino, permitem a realização de testes de geradores termoelétricos de exaustão automotiva em regime transiente de forma automática, sem nenhuma interferência do operador;
- IV. As seções de propulsão e de aquecimento do ar da bancada experimental podem ser facilmente adaptadas para outras faixas de potências de geradores termoelétricos de exaustão automotiva.
- V. A bancada experimental desenvolvida em escala de laboratório para teste em regime transiente de gerador termoelétrico de exaustão automotiva (TEGea) tem capacidade de geração de energia elétrica de até 150 Watts.

REFERÊNCIAS

ALDO VIEIRA DA ROSA, JUAN CARLOS ORDÓÑEZ, **Chapter 5 – Thermo electricity**, Fundamentals of Renewable Energy Processes (Fourth Edition), Academic Press, 2022, Pages 187-247, ISBN 9780128160367.

ALFRED OLOO OCHIENG, TAMER F. MEGAHEDE, SHINICHI OOKAWARA, HAMDY HASSAN, **Comprehensive review in waste heat recovery in different thermal energy-consuming processes using thermoelectric generators for electrical power generation**, Process Safety and Environmental Protection, Volume 162, 2022, Pages 134-154, ISSN 0957-5820.

BARBOSA JÚNIOR, C. R. F., DOS SANTOS, C. A. C., BARBOSA, C. R. F., DAS NEVES, E. E., & DAS NEVES, J. C. DE C. S. (2023). **Simulação da performance de gerador termoelétrico para recuperação da energia dos gases de exaustão automotiva**. Brazilian Journal of Development, 9(10), 27762–27779.
<https://doi.org/10.34117/bjdv9n10-020>

BERNARDO BUONOMO, FURIO CASCETTA, ANNA DI PASQUA, ORONZIO MANCA, **Performance parameters enhancement of a thermoelectric generator by metal foam in exhaust automotive lines**, Thermal Science and Engineering Progress, Volume 38, 2023, 101684, ISSN 2451-9049,

DANIEL CHAMPIER, Thermoelectric generators: A review of applications, Energy Conversion and Management, Volume 140, 2017, Pages 167-181, ISSN 01968904.<https://hi-z.com/product/hz-14-thermoelectric-module/> acessado em 15.07.2023

HUSSAM JOUHARA, ALINA ŻABNIEŃSKA-GÓRA, NAVID KHORDEHGAH, QUSAY DORAGHI, LUJEAN AHMAD, LES NORMAN, BRIAN AXCELL, LUIZ WROBEL, SHENG DAI, **Thermoelectric generator (TEG) technologies and applications**, International Journal of Thermofluids, Volume 9, 2021, 100063, ISSN 2666-2027.

JOHN B. HEYWOOD 2018. **Internal Combustion Engine Fundamentals**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education. ISBN 9781260116106

KRZYSZTOF T. WOJCIECHOWSKI, MARCIN BORCUCH, MICHAL MUSIAL, PAWEŁ WYZGA, **A testbed for performance studies of gas–liquid thermoelectric generators for waste heat harvesting**, Measurement, Volume 203, 2022, 111933, ISSN 0263-2241.

MINGHUI GE, ZHENHUA LI, YUNTONG ZHAO, ZHIWEI XUAN, YANZHE LI, YULONG ZHAO, **Experimental study of thermoelectric generator with different numbers of modules for waste heat recovery**, Applied Energy, Volume 322, 2022, 119523, ISSN 0306-2619.

OLHA KHSHANOVSKA, TARAS PARASHCHUK, IHOR HORICHOK, **Estimating the upper limit of the thermoelectric figure of merit in n- and p-type PbTe**, Materials Science in Semiconductor Processing, Volume 160, 2023, 107428, ISSN 1369-8001,

RASIT AHISKA, HAYATI MAMUR, **A test system and supervisory control and data acquisition application with programmable logic controller for thermoelectric generators**, Energy Conversion and Management, Volume 64, 2012, Pages 15-22, ISSN 0196-8904.

SEYED MOHSEN POURKIAEI, MOHAMMAD HOSSEIN AHMADI, MILAD SADEGHZADEH, SOROUSH MOOSAVI, FATHOLLAH POURFAYAZ, LINGEN CHEN, MOHAMMAD ARAB POUR YAZDI, RAVINDER KUMAR, **Thermoelectric cooler and thermoelectric generator devices: A review of present and potential applications, modeling and materials**, Energy, Volume 186, 2019, 115849, ISSN 03605442.

TAE YOUNG KIM, JINWOO KWAK, BYUNG-WOOK KIM, **Application of compact thermoelectric generator to hybrid electric vehicle engine operating under real vehicle operating conditions**, Energy Conversion and Management, Volume 201, 2019, 112150, ISSN 0196-8904.

VAHID ABBASI, VAHID SOHRABI TABAR, **Measurement and evaluation of produced energy by thermoelectric generator in vehicle**, Measurement, Volume 149, 2020, 107035, ISSN 0263-2241.

YING LI, XUEHUI WANG, DING LUO, YONG SHI, YONG REN, YUYING YAN, **Recent development in structural designs and thermal enhancement technologies of thermoelectric generator with different types of heat sources: A review**, e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Volume 4, 2023, 100180, ISSN 2772-6711.

YONGJIA WU, LEI ZUO, JIE CHEN, JACKSON A. KLEIN, **A model to analyze the device level performance of thermoelectric generator**, Energy, Volume 115, Part 1, 2016, Pages 591-603, ISSN 0360-5442.

X. LIU, Y.D. DENG, K. ZHANG, M. XU, Y. XU, C.Q. SU, **Experiments and simulations on heat exchangers in thermoelectric generator for automotive application**, Applied Thermal Engineering, Volume 71, Issue 1, 2014, Pages 364-370, ISSN 1359-4311.

Z. PAN, R. CUI, X. XIAO, H. WANG, **Material pairing and selection considerations for thermoelectric cooling devices with components dissimilar to Bi₂Te₃ based alloys**, Materials Today Physics, Volume 20, 2021, 100457, ISSN 2542-5293.

ZU-GUO SHEN, LIN-LI TIAN, XUN LIU, **Automotive exhaust thermoelectric generators: Current status, challenges and future prospects**, Energy Conversion and Management, Volume 195, 2019, Pages 1138-1173, ISSN 0196-8904.

CAPÍTULO 14

STRATEGIC SYNERGIES BETWEEN BEYOND 5G AND SMART GRIDS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Marina Martinelli

Marina é Pesquisadora de Doutorado no Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com um trabalho sobre Redes 5G e 6G com foco em Estudos de Inovação, Sistemas de Inovação Tecnológica e Política de Inovação. É bolsista de Doutorado do SMARTNESS 2030, Laboratório de 5G e 6G da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC/UNICAMP), uma iniciativa co-financiada pela FAPESP e pela Ericsson. Membro da IEEE. Empreendedora. Obteve seu mestrado em 2020 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) na mesma área com dois artigos publicados sobre mobilidade estudantil internacional.

Alysson Mazoni

Possui graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Estadual de Campinas (2005) e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2008). Tem experiência em controle de vibração em estruturas flexíveis usando técnicas de identificação, processamento de sinais, controle robusto e otimização matemática. Empreendedor na área de ensino de engenharia e divulgação científica. Tem trabalhado com processamento de sinais e modelos dinâmicos aplicados à biomecânica. Também tem desenvolvido técnicas de análise e equipamentos para estudos morfométricos de fósseis. Pesquisa mais recente com o uso de análise de dados e modelos de aprendizado de máquina para estudo de inovação científica e tecnológica.

ABSTRACT: This article provides a comprehensive review of the intersection of beyond 5G and Smart Grids, focusing on the potential of Vehicle-to-Fog as an industrial alternative for addressing energy efficiency challenges in data processing. This study aims to investigate relevant publications and patents to understand the collaborative potential between 5G and Smart Grids. It explores establishing new regulatory standards within the 5G framework to facilitate decentralized data processing and remodel energy consumption patterns. The hypothesis suggests that decentralized 5G architecture and Smart Grids can be most effectively applied through Vehicular Fog powered by solar energy. A combined quantitative and qualitative methodology guides the exploration of publications and patents. The study concludes by advocating for new standards that embrace decentralized 5G data processing, emphasizing the potential of Vehicle-to-Fog and the future deployment of 6G technology in Smart Grids. These advancements can significantly enhance energy efficiency in the context of 5G and pave the way for future innovations.

KEYWORDS: Beyond 5G; Smart Grids; Technological Innovation Systems; Energy Efficiency; Vehicular Fog

1. INTRODUCTION

Smart Grids have been constantly evolving, especially in Beyond 5G networks. The discussion is mainly about an intersection between data processing and energy consumption. The problems are energy dilemmas generated by 5G and 6G networks. These systems drastically upgrade the consumption energy curve, which smart grids can solve in a vehicular fog proposition. This article leverages the presented problem of energy consumption by the Cloud, which has created a harsh energy curve due to the high data volume of 5G networks. Thus, this article proposes a conceptual discussion about green transition from a digitization perspective. It is necessary for a theoretical scenario since Technological Innovation Systems might result in an appropriate background for understanding the publications, patent productions, and collaboration in this case. As this article will present, Electric Vehicles (EVs) connected with Fog are decisive fostering for beyond 5G Innovation Systems.

The starting point is the following question: How can 5G generate new regulatory standards capable of decentralizing data processing in cloud computing and big data, breaking the sharp energy curve, and generating energy efficiency? The general objective is to investigate publications, patents, and their collaboration to understand the Technological Systems of 5G and Smart Grids in intersection terms. Because of this discussion, some gaps have been found in the literature review.

Table 1. Discussion Gaps

Gaps	Lack of Literature on
Gap 1	TIS functional studies about publications, patents, and collaboration on 5G and Smart Grids topics forecasting the 5G and Smart Grids' new backdrops
Gap 2	Studies oriented towards decentralized standards in proposals for 3GPP, IEEE, and especially for ITU providing alternatives to data processing by Cloud solutions
Gap 3	Connection between Electric Vehicles (EVs) and Vehicle-to-grid focusing on Fog Computing, (V2Fog) as a possible industrial solution to 5G data processing by Cloud problem.
Gap 4	Studies on Smart Grids connecting Beyond 5G from an off-grid perspective, rethinking the perspective of the traditional grid

2. CONCEPTUAL PROPOSITION

As has been proposed by Li and colleagues (2021), 5G technology has emerged as a relational variable, operating in conjunction with other technologies such as Artificial Intelligence, Big Data, Cloud, Edge Computing, Blockchain, Machine Learning, and the Internet of Things (IoT) (Li *et al.*, 2021; Bourechak *et al.*, 2023; Tskinner, 2019; and Greengard, 2021). Likewise, 5G technology has evolved into an ultra-fast, low-latency, and high-reliability broadband technology (Noor-A-Rahim *et al.*, 2022). The advent of 6G technology can be seen as a direct consequence of 5G, and separating the two becomes increasingly distant. 6G technology aligns with the concept of sub-networks and converging RAN-Core as integral components of the emerging network and architectural paradigms (Chauhan, 2023; Viswanathan & Mogensen, 2020). While 5G technology is more like a revolution of 4G, 6G is seen more as an evolution, as it still depends too much on 5G technology to materialize.

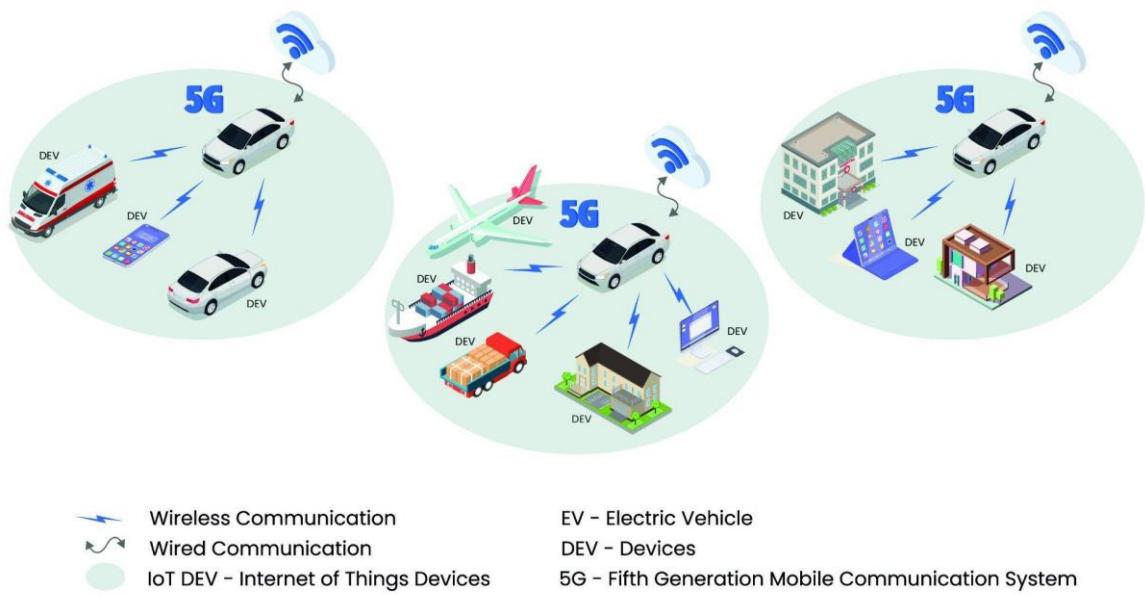
Nevertheless, as said by Li *et al.* (2021), as a relational variable, 5G just makes sense together with other technological systems, such as healthcare, energy, or agriculture, from an intersection perspective (Bergek, 2002; Jacobsson and Bergek, 2004; Negro *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2015; Weiss, 2022). Since this premise, this article parts from the Technological Innovation System (Carlsson, 2006; Suurs *et al.*, 2009; Hekkert *et al.*, 2007; Furtado *et al.*, 2020; Kukk *et al.*, 2016; Weiss, 2022; Markard *et al.*, 2015) theoretical background to intertwine two specific sectors: Telecommunication and Energy in the purpose to understand the Smart Grids in Beyond 5G networks. Smart Grids are intelligent electrical energy grid systems that can use these technologies to deliver greater energy efficiency, reliability (through Blockchain uses), and sustainability possibilities (Berghout *et al.*, 2022; Strielkowski *et al.*, 2023).

Applications and services offered over the Internet are referred to as Cloud Computing. The technology and software of data center systems offer these services (centralized platforms that store and organize data). Software as a Service (SaaS) is the name of the service itself. We will refer to Cloud as the hardware and software in the data processing Cloud (Armbrust *et al.*, 2009; Stanoevska-Slabeva, 2010). According to the research conducted by Hassan, Yau, and Wu in 2019, Edge Computing represents a sophisticated computing paradigm that empowers edge servers within compact cloud environments (also known as edge clouds) to expand

cloud resources towards the network edge seamlessly. This perspective allows for the execution of computationally intensive tasks and the efficient storage of vast volumes of data directly within user equipment (UEs).

The proposition put forth in this article presents a distinct approach to decentralizing cloud computing. With establishing sub-clouds driven by commercial interests, Edge emerges as the optimal form of decentralized cloud infrastructure. Conversely, Fog Computing represents the evolutionary advancement of Edge in terms of data processing capabilities, making it the ideal choice for the industrial implementation of Smart Grids utilizing Beyond 5G. An extensive review of relevant literature and patents substantiates this assertion. Consequently, we present the following conceptual representation:

Figure 1. Fog by V2G Perspective



Patents are more impressive, as Vehicle-to-Fog works better in industrial applications than Cloud. Furthermore, scientific publications point in the direction of Fog and Edge. That is considerable, as this article disclosed. Depending on the business interest behind Edge Computing, it is argued that it is the best data processing model. However, Fog is a revolution in data processing, and it has been argued in relation precisely to the technological evolution of this content. Edge has become interested in private networks' commercial proposition, which is also possible.

5G will improve the electrical system, intensifying the energy sector with digital and green possibilities, according to its use in a green transformation perspective. On the contrary, some energetic dilemmas have been discussed in this work from the perspective that these problems will be solved by their own Smart Grid System or in 6G in general. It is crucial to discuss Green Transition from a conceptual perspective, but also qualitatively and quantitatively, to suggest digital transformations and their best consequence, technological change. Technically, it is necessary to have a digital transition, but socially, it is necessary for a transformation to sustainability.

2.1. 5G and Innovation Studies

As proposed by Lemstra (2018), there are two qualitative scenarios for 5G development in Europe with Policies and Regulation implications. The first is a revolutionary perspective based on the successful 2G deployment, with leadership opportunities on 5G with the business model for 2G in Europe when 3GPP appears safe. The 700 MHz band was available, and the 4G market was fully competitive with the 5G entrance. From its possible perspective, mobile operators have gained importance in the Evolution image as consumers have access to more Bandwidth. Due to the 4G LTE evolution, the 5G appears because of incremental innovations, approbating the 4G LTE background. In developing countries, the image of evolution is commonly prominent, in contrast to the image of revolution with particularities of evolution in developed countries.

From this perspective, Oughton and colleagues (2022) proposed a quantitative scenario approach to demonstrate that the UN Broadband Commission can keep 4G LTE and 5G technology non-standalone (NSA) universally affordable. The authors proposed three module axes for an estimation calculation of universal access: (1) demand forecasting; (2) supply of fibers and required build-out; (3) estimate spectrum costs. In conclusion, the difference among government political choices becomes evident.

Teece (2019, 2022) argued that the global economy is better connected thanks to wireless technology. The Open Innovation paradigm opened up new possibilities for improving customers' experiences, with new prospects for using devices. The Open RAN and its derivations, from the RAN networks' perspective, have the promise to democratize access. In the same way, the R&D possibilities with Open Innovation

brought to the digital economy new markets and new horizons to the "technology markets". 5G technology has been, according to Teece (2019) upstreamed the innovation with new *spillover* possibilities.

On the same perspective, Liu and colleagues (2017) demonstrated the encompasses of wireless communication and the possibility of creating and regulating standards since the applications of 5G key technologies engineering as Shen (1999) and Liu *et al.* (2017) strove to tell the history of China's telecommunications from 3G to 5G, with essential user-focused issues from the Innovation Systems perspective. Developing countries' innovation system, or the technological system, has problems and failures that directly or indirectly affect users and the system itself. Liu *et al.* (2017) used social and counting sciences to explain how the Chinese 5G innovation system was developed from a historical and econometric perspective with interviews.

Mendonça and colleagues (2022) have a compelling article focusing on knowledge production on 5G technologies and systems issues, with a quantitative approach using VOSviewer software and the Web of Science database. They connected the Innovation Studies with a particular 5G technology vision and analyzed the collaboration in 5G-article production with an engineer looking at the market and regulatory aspects. Their approach is focused on Systems for the techno-economic paradigm for Telecommunications, and these authors see Innovation as a coordinated and participative process to enable the global economy. Besides that, they supervised a machine learning building process to accredit a text-metric analysis.

2.2. Research Approach

All this literature proves the robustness of Freeman and Perez's (1988) perspective for economic cycles from Keynes' logic to demonstrate how innovation works in different perspectives with deterministic economic behavior. The contribution of Freeman and Perez (1988) is translating the logic of the digital and gig economy based on digital platforms and 5G transversely. The combination of 5G technology and its corresponding mechanisms, as argued by Li *et al.* (2021), alongside Manuel Castells' (1999) confluence perspective on technology, gives rise to a constellation-like manifestation of techno-economic paradigm and institutional change. This amalgamation exhibits a dynamic interplay between evolutionary and revolutionary dynamics, resulting in a transformative and impactful landscape.

Correlated to this, the “neo-Schumpeterian” viewpoint - commonly referred to as “innovation studies” is by nature policy-relevant and empirics-friendly, as proposed by Fagerberg and colleagues (2012). Nevertheless, it is possible to shape some science and technology indicators to forecast policies with oriented missions to make clear decisions (Mazzucato, 2018). After all, the 5G technology backdrop is less than a digital innovation race (Lundvall, 2021) and much more of a so-called learning curve (Lundvall, 2016) in resolutions’ gaps of 4G to 5G.

In any case, the digital economy's evolution depends on the disposition of the actors on an interactive dynamic disposition inside the firms and organizations. This overview result reflects on the industrial process of digitalization and the neo-Schumpeterian dynamic of capitalism (Nelson *et al.*, 2018), which is stimulated by the digitization process, enough with the 5G technology access into the market and society. The impacts on society will be discussed in the next item.

2.3. Transformation to a Sustainable Society

The linkages among technologies, economy, and ecology from a perspective of accomplishing environmentally sustainable development are significant (Kemp & Soete, 1992). They flow from an evolutionary perspective (Geels, 2002; Schot & Geels, 2008; Verbong & Lorbach, 2012), in which technological change is a non-linear and complex problem disclosed in green technologies. According to Kemp and Soete (1992), the barriers to this proposal are more institutional than economic and social. It must be done with a specific focus on policies designed by all societies.

In contrast, Smith and colleagues (2010) put forth a discourse addressing environmental degradation within the context of industrial development, emphasizing the pursuit of greener innovation. Consequently, a comprehensive multi-level perspective on socio-technical transitions (MLP) emerges, presenting a framework capable of analyzing the broader contextualization of innovation within entire production and consumption systems (Grin *et al.*, 2010).

However, integrating case studies into a profound theoretical discussion has raised concerns regarding the introduction and critical assessment of MLP. Both approaches are indispensable to the ongoing debate. Therefore, it becomes imperative for Geels to undertake an in-depth examination that elucidates the theoretical potential

of comprehending the actual interconnections between different levels of a complex society with systemic technological systems.

2.4. New policy models for diffusion of renewable energies

As Kemp and Soete (1992) proposed, the challenge of discussing “friendly-environmental policies” is necessary to comprehend technological change. These policies should be much more from a bottom-up perspective than from a top-down perspective (Goldemberg, 2000). It is necessary for the formulation of an international technological ecology agenda.

The Kyoto Protocol has adopted the Renewable Portfolio Standards (RPS). An RPS initiative is a bottom-up approach at both regional and national levels that can be applied by Member States to remove market barriers for renewable energies, ensuring its continued participation in a competitive environment after restructuring the electricity generation sector. This bottom-up initiative is crucial for a participatory approach to a co-design Policies viewpoint with all civil instances of societal participation (Page *et al.*, 2016; Moser, 2016).

On the other hand, the Anthropocene era, with human action in geological performances, brings a Great Acceleration of the human-environment relationship and the global earth temperature. It has been discussed in many working groups, such as the Conferences of Parts (COP, UN) and the 2005 Dahlem Conference (Hibbard *et al.*, 2010; Steffen *et al.*, 2015).

According to Ferreira & Martinelli (2016), mitigation of the problem or adaptation to the effects of changes in the climate system is associated with climate change policy responses. Mitigation measures include replacing fossil fuel sources with biofuels, energy consumption from renewable sources, carbon markets, changes in consumer patterns, waste elimination, and energy efficiency to support reducing and stabilizing greenhouse gas emissions from the traditional model of transports. Brazil and China are similar case studies because they are bigger developing countries with similar pollution emissions. However, there are differences in how to deal with these emissions in political terms (Ferreira & Martinelli, 2016).

This way, it is necessary for the economic innovation viewpoint for climate change to be an alliance between private and public actors and investors in R&D on alternative-energy technologies with the participation of all actors (Mowery *et al.*,

2010). At the same time, it is also crucial to a transformative innovation policy, an economic and technological policies agenda focused on mission-oriented policies with a clear direction: targetable, measurable, and time-bound with a practical approach (Mazzucato, 2018). It is an international agenda for technology, economy, and ecology globally, but also in a regional and local perspective, which needs to be correlated in a precise viewpoint since Geels (2002), Schot, and Geels (2008) until a forecasting initiative to an international eco-technology agenda.

2.5. Renewable Energies to Sustainability Perspective: data for solar energy using

As per the findings of the IPCC Report (2023), the historical and current global trends of greenhouse gas emissions have been disproportionately influenced by unsustainable energy utilization, lifestyles, consumption patterns, and production practices. Those factors exhibit significant disparities across regions, countries, and even among individuals. Furthermore, renewable energy adoption emerges as a viable solution. The following figures illustrate the projected global growth of renewable energy adoption until 2050.

Figure 2. Reduction of CO₂ Emissions through Measures in the Stated Policy Scenario as Compared to the Sustainable Development Scenario, 2010-2050 (Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA, 2021)

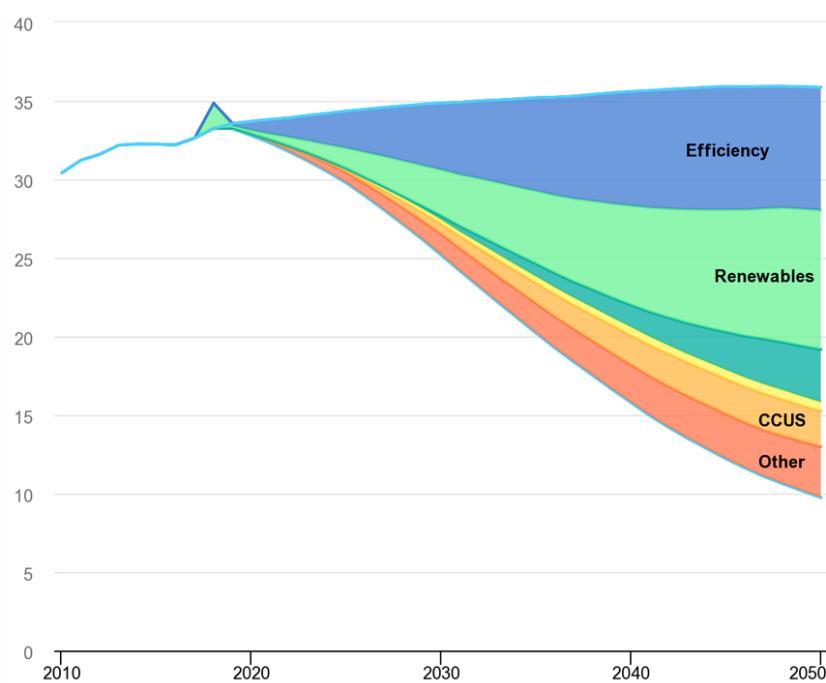


Figure 3. Fuel used to generate electricity and scenario, 2018 to 2040 (Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA, 2021)

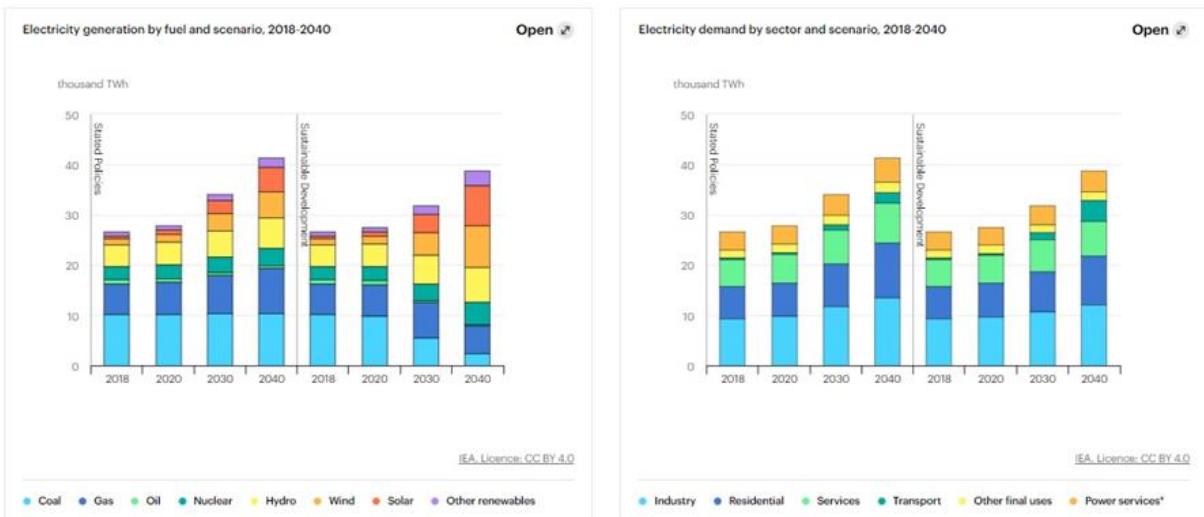


Figure 3 provides insightful data highlighting the anticipated rise in electricity demand, driven by increased household incomes, electrification of transportation and heating, and the growing demand for digitally connected devices. This upward trajectory in electricity consumption significantly affected the record-high global CO₂ emissions in the power sector during 2018. However, it is crucial to acknowledge that the availability of various low-emissions generation technologies positions electricity as a crucial focal point in our collective efforts to combat pollution and address climate change.

Moreover, decarbonized energy sources have the potential to significantly reduce CO₂ emissions across industries that rely on electricity-based fuels, including hydrogen and synthetic liquid fuels. Achieving universal access to electricity can largely be accomplished through the widespread adoption of renewable energy solutions. In this context, the article proposes using renewable energy, specifically solar energy, as the most optimal form of Vehicular Fog in Smart Grids, leveraging the application of 5G technology to power electric vehicles energetically. See also IEA (2023), and Ruhlow (2021).

3. CONCEPTUAL BACKGROUND

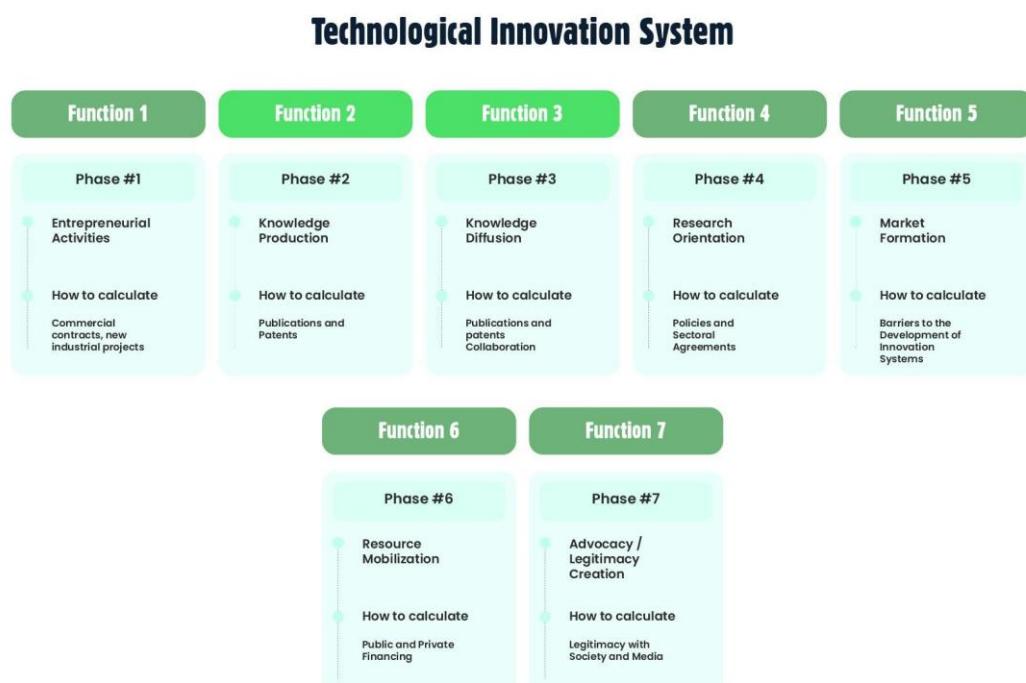
Technological Innovation System (TIS) (Suurs *et al.*, 2009; Hekkert *et al.*, 2007; Kukk, 2016; Furtado *et al.*, 2020; Weiss, 2022; Markard *et al.*, 2015) has been accepted as the configuration of actors, institutions, and technologies are capable of

driving the intensity and the direction of Innovation. Thus, Innovation has been assimilated as a singular socio-technical conjunction due to technological infrastructure issues seen here as critical infrastructure, physical, virtual, or digital (Kurtz *et al.*, 2022).

Furthermore, it is worth mentioning that, for TIS approach, innovation is an interactive process stimulated through the functional performance of multiple actors, with introducing technology premise in the market through the consolidation of its system within a specific context (Furtado *et al.*, 2020; Suurs *et al.*, 2009; Hekkert *et al.*, 2007; Jacobsson & Johnson, 2000; Carlsson *et al.*, 2002; Markard, 2020; Weiss, 2022).

In addition, according to this background, interactions occur between public and private actors - such as universities, research institutions, State, development agencies, and industries in favor of the diffusion of technologies such as 5G and Smart Grids – and also their consolidation in society in general (Bergek *et al.*, 2015; Weiss, 2022). Overall, there are seven TIS functions, and this article will analyze two primary functions: knowledge production (F2) and diffusion (F3), as seen in the figure below.

Figure 4. TIS Functions (See on Hekkert *et al.*, 2007; Suurs *et al.*, 2009; Furtado *et al.*, 2020; Jansen *et al.*, 2011)



Besides that, the TIS conceptual background has evolved since Bergek and colleagues (2008), with context patterns that proposed new horizons to this perspective because they integrate technological systems into some socio-technical elements, interacting with them (Bergek *et al.*, 2008; Furtado *et al.*, 2020; Borges *et al.*, 2023; Bulah *et al.*, 2023; Norouzi *et al.*, 2023; Zou *et al.*, 2023; Martin *et al.*, 2023; De Oliveira, 2022).

4. METHODS

Regarding an intersectional perspective (Bergek, 2002; Jacobsson and Bergek, 2004; Negro *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2015; Weiss, 2022), the analysis of Transition Innovation Systems (TIS) has placed significant emphasis on two consecutive functional components: (F2) knowledge development and (F3) knowledge diffusion (Laes, Pieter Valkering, and Yves De Weerdt, 2019) within the domains of 5G and Smart Grids TIS sectors, which hold pivotal importance in addressing technological requirements. In light of the matter, the electric vehicle, specifically its vehicle-to-grid potential, emerges as a viable industrial application. The operational functions of this paper have predominantly revolved around F1 and F2, as demonstrated in Figure 4.

This article worked with Function 2 and Function 3. Therefore, knowledge production and diffusion give us some elements of entrepreneur activities in beyond 5G and Smart Grids, resource orientation, and market formation around the innovation actors, the publications, and patent authors. According to this TIS framework background, 5G technology TIS is understood in interaction with Smart Grids TIS to encompass the dynamics of innovation from the actors of both network systems. The 5G Innovation System will leverage Smart Grids TIS, bringing innovations and reconfiguring the global Technological Innovation System. The groundbreaking technologies composing the global TIS are mostly small technologies that direct and reflect the evolution of the technological system.

4.1. Quantity Measures

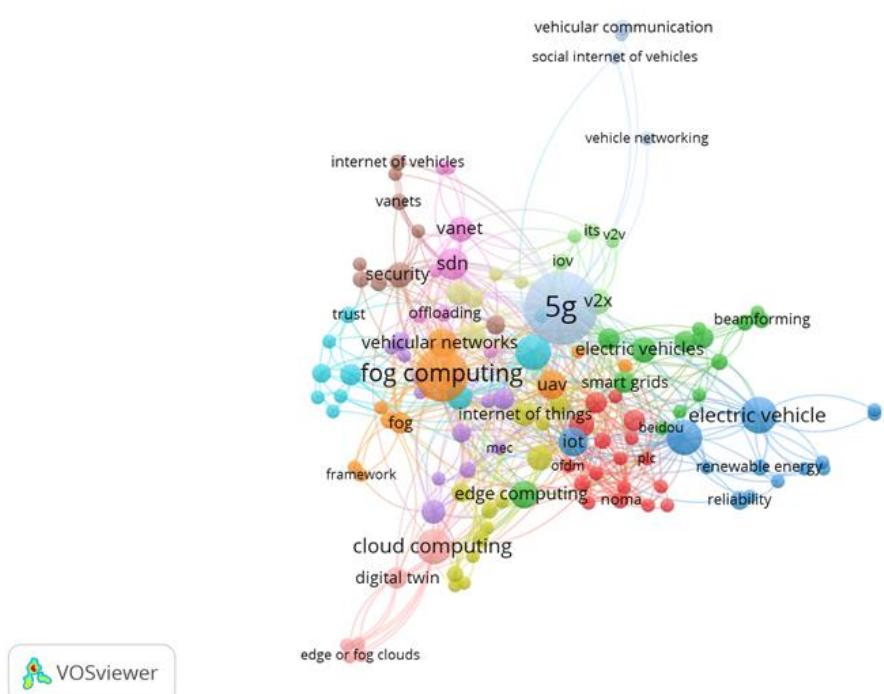
4.1.1. Sample characterization

The orientation of this search has employed an equation with the selected keywords in the Appendix. This research has been accomplished in two stages, one

related to the results of publications graphics and the other related to the results of patents graphics.

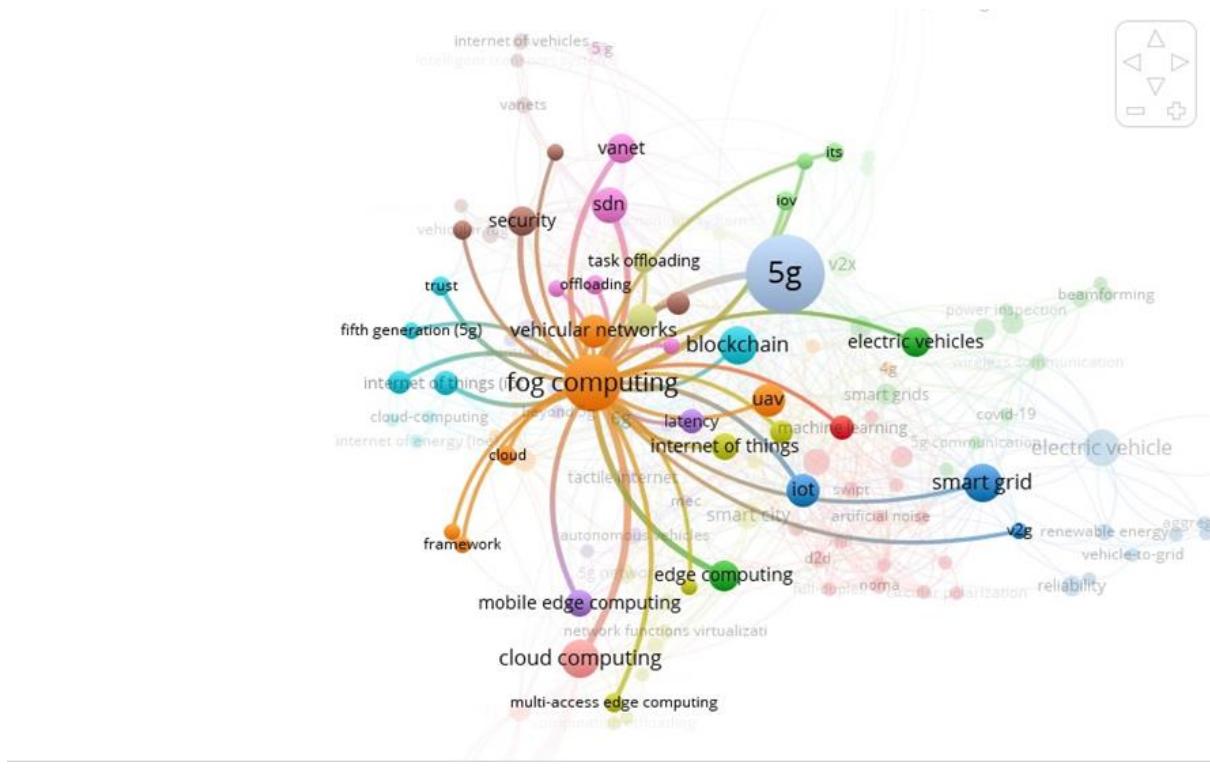
4.1.2 Publications

Graphic 1. Publications worldwide by co-occurrence, authors' keywords with publications' impact factor.



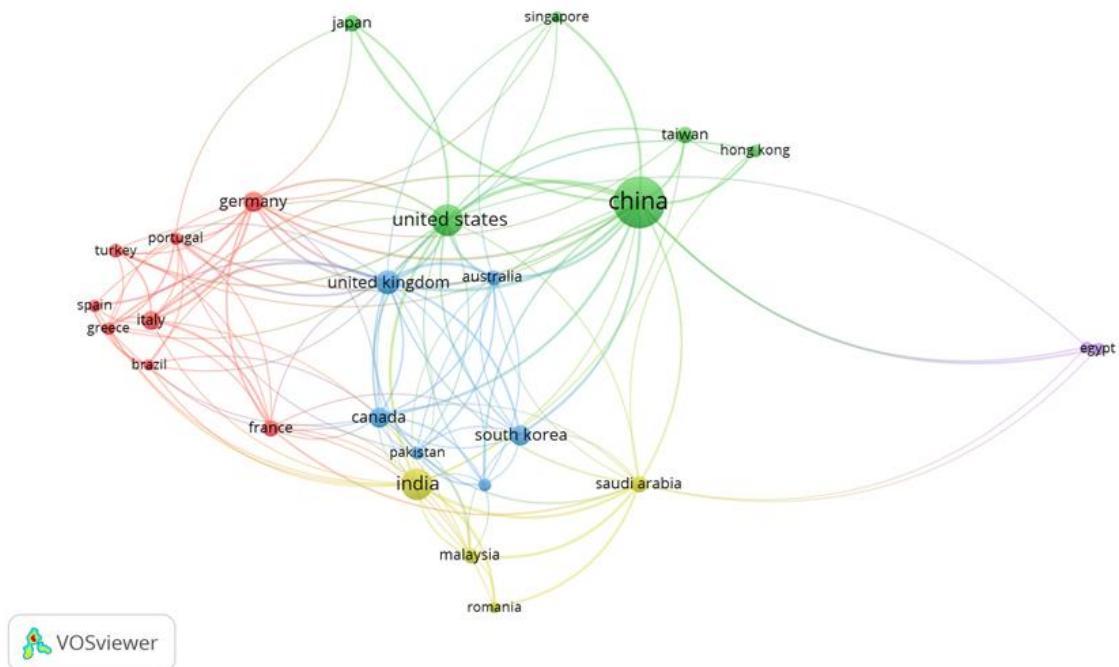
This Graphic reveals multiple areas connected with the 5G technology and the Smart Grids subjects. As an interacted figure connecting Telecommunications with Energy sectors, all the clusters connect with a complex and non-linear prism of themes. On the other hand, Fog links with the Vehicular Network, which links to a framework. *Fog Computing* is a framework that depends on the industrial application, which wants to reveal. In the green cluster, smart grids link with electric vehicles, beaconing, and edge computing. 5G is linked with V2X, which is a vehicular principle. It is necessary to have a closing in a specific interesting area. Certainly, it is possible to have a good perspective of electric vehicles and fog computing, as shown in the next Graphic.

Graphic 2. Zooming in Fog's Cluster



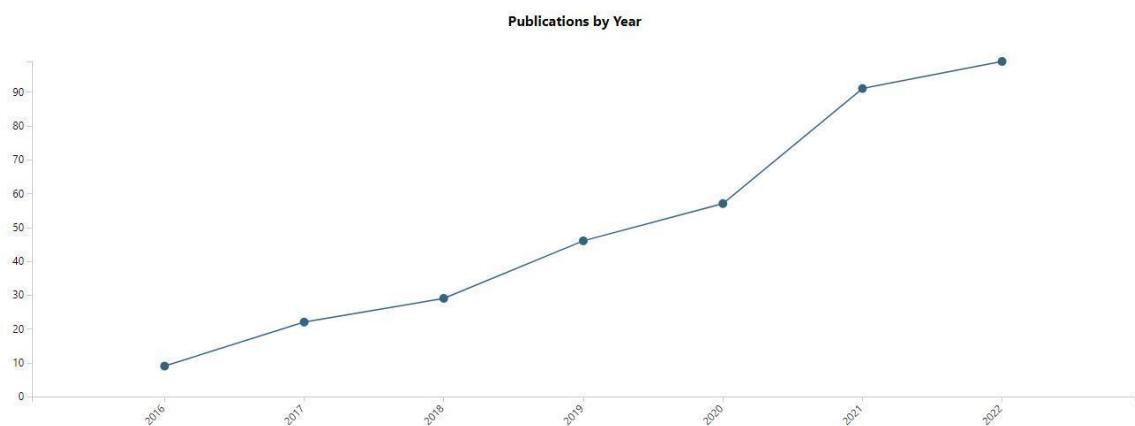
What is mainly essential is linking 5G and Fog Computing with Vehicular Networks, Electric Vehicles, and Smart Grids in the article's collaboration perspective. This brings perspectives for Beyond 5G paradigms. After all, even if this is not on the map, it will be achieved with learning curves of beyond 5G. After all, the nearest cluster of Fog Computing is vehicular networks.

Graphic 3. Publications by countries



Germany, Portugal, Turkey, Italy, Spain, Greece, Brazil, and France have publications in Journals with the best impact factor, followed by India, Malaysia, Romania, and Saudi Arabia. On the other hand, China, the United States, and the United Kingdom have the most publications in collaboration.

Graphic 4. Publications by Year

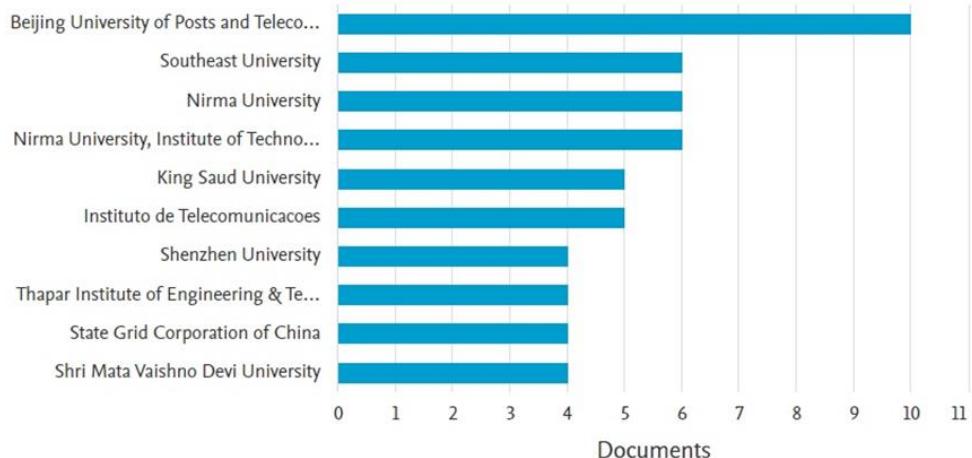


Between 2016 and 2022, it is possible to see an accentuated curve of publication numbers with a graphical representation picked in 2022. This way, the publication curve is accentuated and prosperous.

Graph 5. Documents by Institutions

Documents by affiliation ⓘ

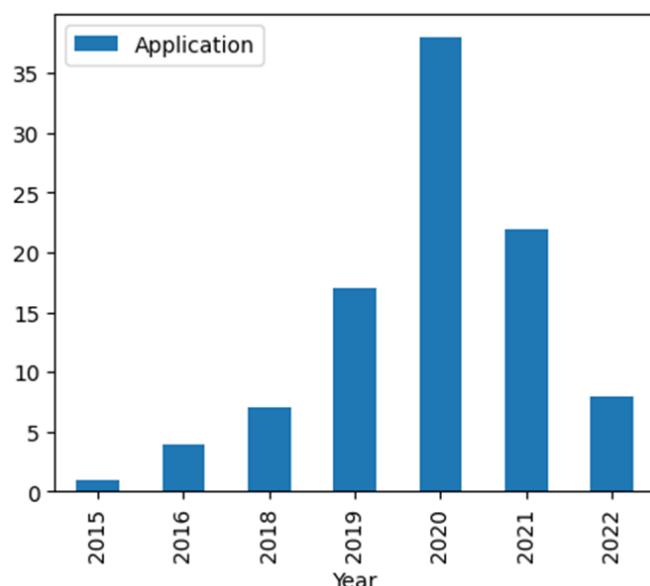
Compare the document counts for up to 15 affiliations.



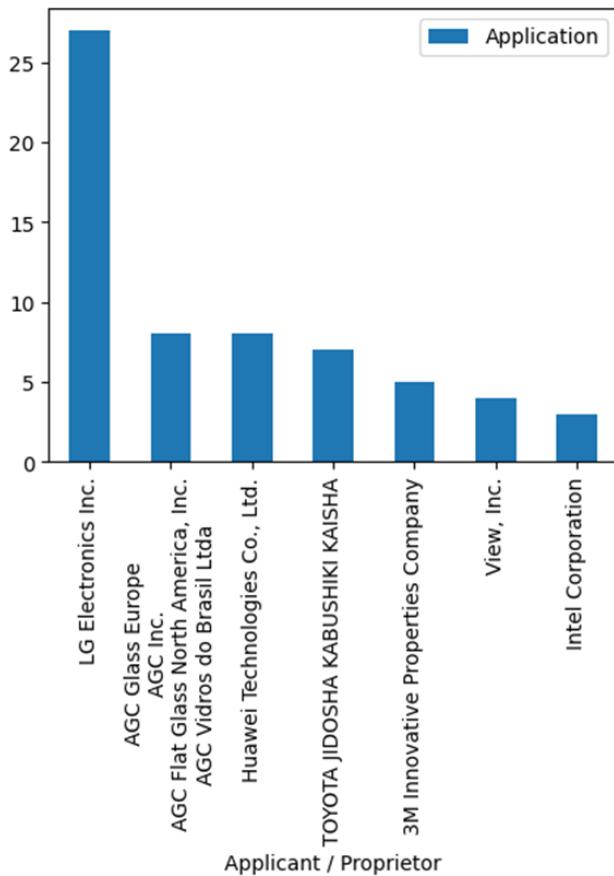
Beijing University of Posts and Telecommunications has the most publications, following the Southeast University, Nirma University and their Institute of Technology, King Saud University, Instituto de Telecomunicações de Aveiro, Shenzhen University, Thapar Institute of Engineering and Technology, State Grid Corporation of China, and Shri Mata Vaishno Devi University in India.

4.1.3. Patents: Graphics and Clusters Collaboration Challenges

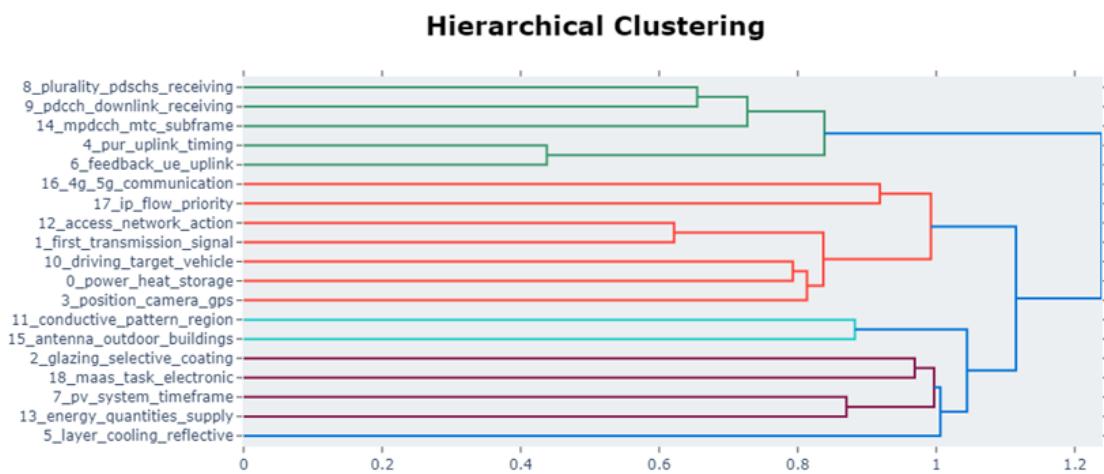
Graphic 6. Patents by Timeline



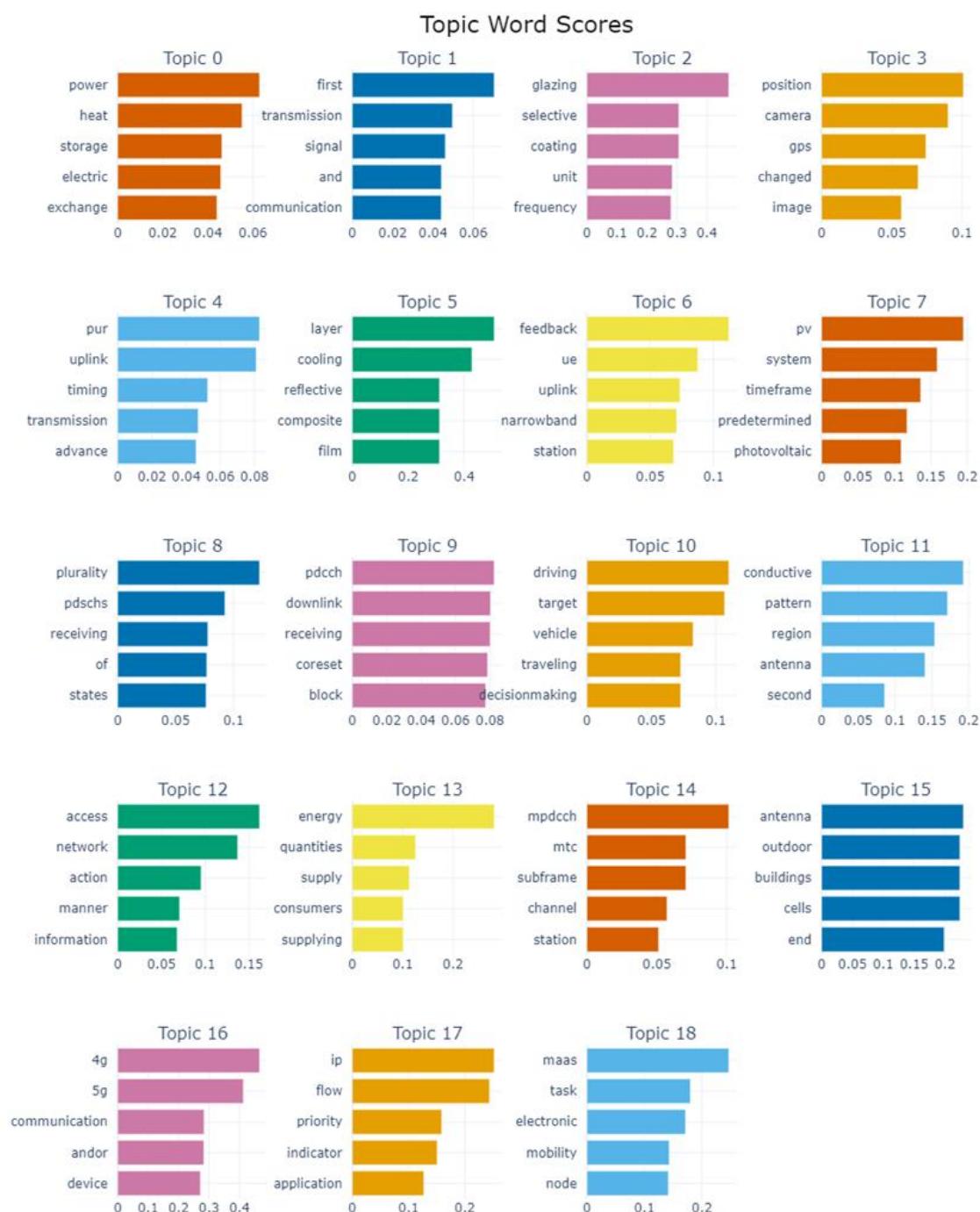
Graphic 7. Patents by Enterprises



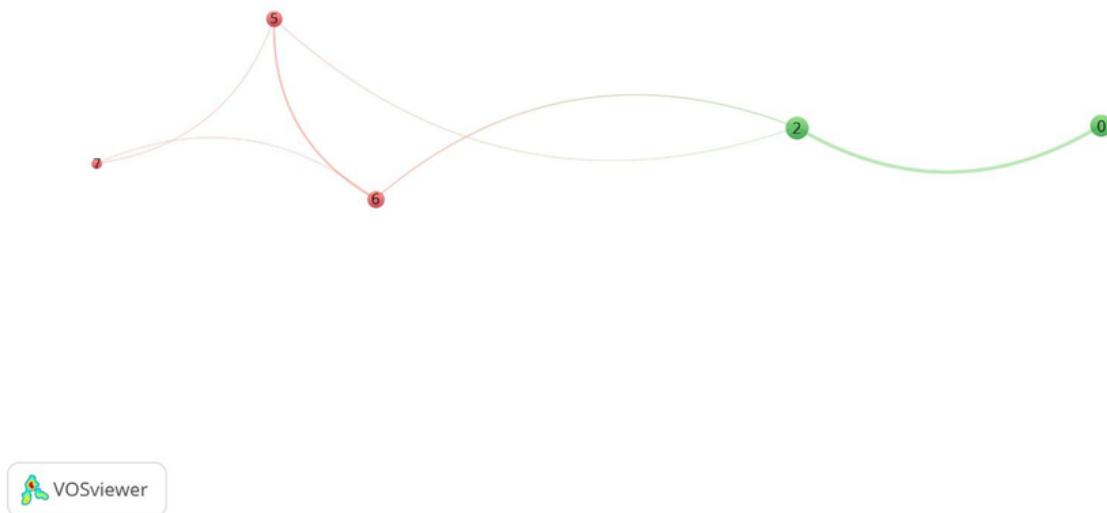
Graphic 8. Technological Hierarchical Clustering



Graphic 9. Technological Overview of Common Terms



Graphic 10. Technological Overview of Patent Collaboration



5. DISCUSSION & CONCLUSION

Liu and colleagues (2022) have proposed that 5G technology holds the potential to address the issue of high-energy consumption by electric vehicles through the facilitation of collaborative energy commerce. However, reliance on a centralized scheduling system poses performance bottlenecks and needs more adaptability within a distributed network. Furthermore, there exists a need for more transparency in the cutting-edge vehicle-to-vehicle (V2V) power supply. The authors suggest a Blockchain-based collaborative energy trading scheme designed explicitly for 5G-enabled social vehicular networks to tackle these challenges. This scheme utilizes a distributed market mechanism to ensure reliable energy trading without dependence on a centralized dispatch center.

In their research, the authors developed a price matching and trading engine for V2V energy trading using game theory to enhance societal welfare. Blockchain technology maintains a transparent record of energy trading data, while smart contracts enable efficient transaction matching and predictable pricing. Simulation

results confirm the efficacy of the proposed scheme in improving social welfare and alleviating network burden.

The research objective of this article is to explore the possibilities of the Social Internet of Vehicles (SloV). Focusing on enhancing energy management to reduce EV energy consumption, which remains a significant challenge in smart grid development and autonomous transportation systems, the authors aim to pave the way for realizing SloV (Liu *et al.*, 2022a).

Baccarelli and colleagues (2017) have a significant article on the Fog Computing paradigm to create a framework for Fog of Everything, bringing together the Smart Cities principle from a Smart Grid perspective. These authors consider smart devices capable of introducing the most significant volume of data in a heterogeneous environmental transfer based on Fog. On the other hand, according to these authors, it is still impossible to unbind Cloud Computing. It is possible to have an integrative perspective on the Fog-Cloud complementary. On the other hand, they present a Smart Grid perspective integrated with the Fog paradigm in Internet of Energy (IoE) terms, which brings together the Internet of Everything concept. According to Baccarelli *et al.* (2017), this Smart Cities discussion steps up open issues about the Internet of Energy based on environmentally suggestive data processing. Keshari and colleagues (2022) proposed a crucial survey on vehicular fog computing (VFC). According to a survey review, these authors proposed some VFC architectures based on sensing, communication, computing, and storage, proposing a mathematical model to support fog computing instances on vehicular possibilities (Baccarelli *et al.*, 2017; Keshari *et al.*, 2022).

Chen and colleagues (2023) have presented a comprehensive review article to facilitate a smooth and efficient transition from fossil fuels to renewable energy sources. Their work provides a meticulous evaluation of the application of smart meters in power grid control and optimization. Within this article, the authors establish a strong correlation between the concepts and strategies of Smart Grids and smart meters in transforming towards renewable energy sources.

By linking Smart Grids and smart meters, Chen *et al.* (2023) emphasize the importance of focusing on the consumer's energy generation domain. They highlight that smart meters are vital in reducing carbon emissions while expanding power transmission and distribution. The authors propose the implementation of communication interfaces utilizing wireless technologies, such as 5G and 6G networks,

as well as incorporating Electric Vehicles (EVs), Cloud Computing, and Smart AI into the system (Chen *et al.*, 2022). These technological advancements are crucial in achieving an effective and sustainable energy transition.

Bourechack and colleagues (2023) have also presented a comprehensive review encompassing various industrial sectors, including Smart Grids, Smart Agriculture, Smart Environment, Smart Healthcare, Smart Industry, Smart Education, Smart Mobility, and Security and Privacy. Their study offers a qualitative comparison emphasizing the confluence of functions and applications of artificial intelligence at the network edge and the crucial supporting technologies for edge analytics. Additionally, the authors explore the significance of integrating Edge Computing and AI into IoT-based applications, proposing potential solutions at various levels of artificial intelligence. Furthermore, they highlight the importance of leveraging 5G intelligent applications through Edge Computing to enhance Smart Services, particularly within Smart Grids (Bourechack *et al.*, 2023).

A significant article by Chafi and colleagues (2022) concludes by highlighting the critical role of Smart networks in harnessing the resources of 5G networks, particularly in the context of the Internet of Things (IoT) applications, such as massive machine-to-machine communications (M2M) or ultra-reliable low-latency communications facilitated by dedicated equipment (D2D). The authors emphasize the distributed utilization of cloud services, which enables Fog and Edge Computing infrastructures and applications to leverage all available resources, including network equipment and connected devices. This comprehensive approach aims to optimize cost, energy, and latency based on predetermined optimization criteria (Chafi *et al.*, 2022).

Therefore, there needs to be more research regarding the interrelationships among EIoT, energy efficiency, and the deployment of 5G networks (Shehab *et al.*, 2022; Ziad *et al.*, 2022). Further investigation is needed to understand how these elements can be effectively integrated to address the challenges of energy consumption and sustainability in future wireless networks.

To further advance the understanding and implementation of V-Fog systems, it is imperative to address the gaps above. Future research should focus on validating and optimizing the proposed structures while emphasizing trust and confidence in the allocation of MVs within vehicles. By addressing these aspects, researchers can

contribute to developing robust and efficient V-Fog systems that leverage the benefits of decentralized energy production and virtualization technology.

New regulatory models are essential for data collection processing by Fog Computing to the International Telecommunication Union (ITU), 3rd Generation Partnership Project (3GPP), and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) at a transactional level until 2030. Smart Grids could be based on new data processing parameters. In the same way, Public Policy developers, in both the Telecommunications and Energy sectors, must give attention to a specific focus on encouraging green technologies and renewable energies in a decentralized generation. The data processing collected by Cloud and Big Data could be decentralized by the EVs dynamic, using renewable energy as parameters of green transportation and energy resources.

The literature reviews appointed directions to distributed energy needs, evolving traditional energy sources, and centralized data storage forms with Cloud through Edge and Fog Computing, using Smart Grids as the best solution to the data traffic and the sharp energy curve of 5G use and beyond. Smart Grids within the 5G and 6G context should have a decentralized energy source of data processing, using renewable energy, especially the EVs connected to these sources, like vehicle-to-grid or vehicle-to-fog - the best industrial application to 5G/6G technology in energy problems. The best solution to the energy problem in 5G/6G terms is not Edge use. On the other hand, EV applies to the vehicle-to-grid or its best alternative, the vehicle-to-fog, the most decentralized solution in renewable energy terms.

In Technological Innovation System terms, knowledge production and its collaboration remain the vehicle-to-grid and vehicle-to-fog as alternatives to 5G technology coupled with demand for data traffic questioning. TIS Functions 2 and 3 appoint these directions. Renewable energy sources and technologies, possibly their uses, such as Edge, Hybrid, and Fog Computing until vehicle-to-grid and Fog, are forecasting forms to deal with the demand for data traffic. Finally, it is necessary to think in V2G off-grid, which results in V2Fog and vehicle-to-grid beyond the traditional power grid systems, using the EVs. Since 2022, the World Economic Forum (Schell, 2022) has discussed it.

REFERENCES

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2017). A view of cloud computing. *Int. J. Networked Distributed Comput.*; <https://www.semanticscholar.org/paper/A-view-of-cloud-computing-Armbrust-Fox/dba46ff18ed8e96497ebe197611536a8128e7386>
- Bergek, A. (2004). Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 815–849. <https://ideas.repec.org/a/oup/indcch/v13y2004i5p815-849.html>
- Bergek, A. (2017). Shaping and Exploiting Technological Opportunities: The Case of Renewable Energy Technology in Sweden. *Research.chalmers.se*. isbn:91-7291-144-1
- Bergek, A., Marko Hekkert, Jacobsson, S., Jochen Markard, Björn Sandén, & Bernhard Truffer. (2015). Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.003>
- Berghout, T., Benbouzid, M., & S.M. Muyeen. (2022). Machine learning for cybersecurity in smart grids: A comprehensive review-based study on methods, solutions, and prospects. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 38, 100547–100547. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2022.100547>
- Borges, C. P., Silberg, T. R., Uriona-Maldonado, M., & Vaz, C. R. (2023). Scaling actors' perspectives about innovation system functions: Diffusion of biogas in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, 190, 122359–122359. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122359>
- Bourechak, A., Ouarda Zedadra, Mohamed Nadjib Kouahla, Guerrieri, A., Hamid Seridi, & Fortino, G. (2023). At the Confluence of Artificial Intelligence and Edge Computing in IoT-Based Applications: A Review and New Perspectives. *Sensors*, 23(3), 1639–1639. <https://doi.org/10.3390/s23031639>
- Bulah, B. M., Negro, S. O., Beumer, K., & Hekkert, M. P. (2023). Institutional work as a key ingredient of food innovation success: The case of plant-based proteins. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 47, 100697–100697. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100697>
- Castells, M. (2004). *The network society: A cross-cultural perspective*. Edward Elgar Publishing, Incorporated.
- Chafi, S., Fattah, Y.B., Mazer, M., Moulhime El Bekkali, S.& Bernoussi, B. (2023). A comprehensive analysis of fog computing task scheduling approaches. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/5.0148832>
- Chen, Q., & Komla Agbenyo Folly. (2022). Application of Artificial Intelligence for EV

Charging and Discharging Scheduling and Dynamic Pricing: A Review. *Energies*, 16(1), 146–146. <https://doi.org/10.3390/en16010146>

Costanza, R., Graumlich, L. J., Steffen, W., Crumley, C. L., Dearing, J., Hibbard, K. A., Rik Leemans, Redman, C. L., & Schimel, D. (2007). Sustainability or Collapse: What Can We Learn from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature? *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(7), 522–527. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[522:socwcw\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[522:socwcw]2.0.co;2)

De Oliveira, L. G., (2022) Informing Systemic Policies to Promote Emerging Technologies - Fostering the Brazilian Biogas Innovation System. ProefschriftMaken: Utrecht. Promoted by: M. P. Hekkert.

Fagerberg, J., Landström, H., & Martin, B. R. (2012). Exploring the emerging knowledge base of “the knowledge society.” *Research Policy*, 41(7), 1121–1131. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.007>

Fernandes, C., Ferreira, J. J., Pedro Mota Veiga, Kraus, S., & Dabić, M. (2022). Digital entrepreneurship platforms: Mapping the field and looking towards a holistic approach. *Technology in Society*, 70, 101979–101979. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101979>

Ferreira, Leila Da Costa & Martinelli, M. (2016). Anthropocene: Governing Climate Change in China and Brazil. *Sociology and Anthropology*, 4(12), 1084–1092. <https://doi.org/10.13189/sa.2016.041207>

Freeman, C. & Pérez, C. “Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behavior,” In: G. Dossi, et al., Eds., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, London, 1988, pp. 39-62.

Furtado, A. T., Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2020). Of actors, functions, and fuels: Exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in Brazil. *Energy Research & Social Science*, 70, 101706–101706. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101706>

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8-9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(02)00062-8)

Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA. (2021). Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>

Goldemberg, J. (2000). Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. São Paulo Em Perspectiva, 14(3), 91–97. <https://doi.org/10.1590/s0102-88392000000300014>
Grin, J., Rotmans, J., & Johan Schot. (2010). Transitions to Sustainable Development. <https://doi.org/10.4324/9780203856598>

Hekkert, M.P., Suurs, R.A.A., Negro, S., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007).

Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>

IEA (2023), *Unlocking Smart Grid Opportunities in Emerging Markets and Developing Economies*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/unlocking-smart-grid-opportunities-in-emerging-markets-and-developing-economies>, License: CC BY 4.0

Kemp, R., & Soete, L. (1992). The greening of technological progress. *Futures*, 24(5), 437–457. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(92\)90015-8](https://doi.org/10.1016/0016-3287(92)90015-8)

Kukk, P. Ellen H.M. Moors, & Hekkert, M. P. (2016). Institutional power play in innovation systems: The case of Herceptin®. *Research Policy*, 45(8), 1558–1569. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.016>

Kurtz, F., Wiebusch, R., Overbeck, D., & C. Wietfeld. (2022). Predictive 5G Uplink Slicing for Blockchain-driven Smart Energy Contracts. 2022 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops);
<https://www.semanticscholar.org/paper/Predictive-5G-Uplink-Slicing-for-Blockchain-driven-Kurtz-Wiebusch/bcffdce189de0473479f7a00f0e0f575c3293429>

Laes, E., Pieter Valkering & Yves De Weerdt (2019). Diagnosing Barriers and Enablers for the Flemish Energy Transition. *Sustainability*, [online] 11(20), pp.5558–5558. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11205558>

Lemstra. W. (2018). Leadership with 5G in Europe: Two contrasting images of the future, with policy and regulatory implications. *Telecommunications Policy*, 42(8), 587–611. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.02.003>

Liu, Y., Shi, X., He, S., & Shi, Z. (2017). Prospective Positioning Architecture and Technologies in 5G Networks. *IEEE Network*, 31(6), 115–121.
<https://doi.org/10.1109/mnet.2017.1700066>

Lundvall, B.-Å. (2016). *The Learning Economy and the Economics of Hope*. Anthem Press. <https://www.cambridge.org/core/books/learning-economy-and-the-economics-of-hope/19BA313C72A5B038E182F25F1FA0AC30#>

Markard, J., Marko Hekkert, & Jacobsson, S. (2015). The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 16, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.006>

Martin, H., Grundel, I. & Dahlström, M. (2023) Reconsidering actor roles in regional innovation systems: transformative industrial change in the forest-based bioeconomy, *Regional Studies*, 57:9, 1636-1648, DOI: 10.1080/00343404.2022.2151581
Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities.

Industrial and Corporate Change, 27(5), 803–815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
Mendonça, S., Damásio, B., Charlita, L., Oliveira, L., Cichy, M., & Nicita, A. (2022). The

rise of 5G technologies and systems: A quantitative analysis of knowledge production. *Telecommunications Policy*, 46(4), 102327–102327.
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102327>

Moser, S. C. (2016). Can science on transformation transform science? Lessons from co-design. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 20, 106–115.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.10.007>

Nelson, R. R., Dosi, G., Helfat, C. E., Pyka, A., Pier Paolo Saviotti, Lee, K., Dopfer, K., Malerba, F., & Winter, S. G. (2018). Modern Evolutionary Economics. In HAL (Le Centre pour la Communication Scientifique Directe). French National Centre for Scientific Research. <https://doi.org/10.1017/9781108661928>

Norouzi, F., Hoppe, T., Kamp, L. M., C. Manktelow, & Bauer, P. (2023). Diagnosis of the implementation of smart grid innovation in The Netherlands and corrective actions. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 175, 113185–113185.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113185>

Ostertag, K., Glienke, N., Rogge, K., Jansen, D., Stoll, U., & Barnekow, S. (2011). Local Utilities Under the EU Emission Trading Scheme: Innovation Impacts on Electricity Generation Portfolios. *Sustainability and Innovation*, 83–96.
https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2730-9_5

Oughton, E. J., Comini, N., Foster, V., & Hall, J. W. (2022). Policy choices can help keep 4G and 5G universal broadband affordable. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121409–121409. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121409>

Page, G. G., Wise, R. M., Lindenfeld, L., Moug, P., Hodgson, A., Wyborn, C., & Iloan Fazey. (2016). Co-designing transformation research: lessons learned from research on deliberate practices for transformation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 20, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.09.001>

Prajeesha & Anuradha, M. (2021). EDGE Computing Application in SMART GRID-A Review. [online] doi:<https://doi.org/10.1109/icesc51422.2021.9532792>.

Rikap, C., & Lundvall, B.-Å. (2021). The Digital Innovation Race. SpringerLink.
<https://doi.org/10.1007-978-3-030-89443-6>

Schell, C. (2022). Here's why we need a smart grid — and how we build one. [online] World Economic Forum. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2022/12/the-future-of-smart-energy-is-systemic-open-and-collaborative> [Accessed Feb 2024].

Schot, J. & Geels, F. W. (2008) Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy, *Technology Analysis & Strategic Management*, 20:5, 537-554, DOI: 10.1080/09537320802292651

Shehab, M., Khattab, T., Murat Kucukvar and Trinchero, D. (2022). The Role of 5G/6G Networks in Building Sustainable and Energy-Efficient Smart Cities. [online] doi:<https://doi.org/10.1109/energycon53164.2022.9830364>

- Smith, A., Jan-Peter Voß, & Grin, J. (2010). Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Research Policy*, 39(4), 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.023>
- Stanoevska-Slabeva, K. & Wozniak, T. (2010). Opportunities and threats by mobile platforms: The (new) role of mobile network operators. Zenodo (CERN European Organization for Nuclear Research). <https://doi.org/10.1109/icin.2010.5640892>
- Steffen, W. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration - Will Steffen, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, Cornelia Ludwig, 2015. The Anthropocene Review.
<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053019614564785>
- Strielkowski, W., Vlasov, A., Kirill Selivanov, Konstantin Muraviev, & Vadim Shakhnov. (2023). Prospects and Challenges of the Machine Learning and Data-Driven Methods for the Predictive Analysis of Power Systems: A Review. *Energies*, 16(10), 4025–4025. <https://doi.org/10.3390/en16104025>
- Suurs, R. A. A. (2009). Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems. Library.uu.nl. <https://doi.org/978-90-6266-264-7>
- Teece, D. J. (2022). A wider-aperture lens for global strategic management: The multinational enterprise in a bifurcated global economy. *Global Strategy Journal*, 12(3), 488–519. <https://doi.org/10.1002/gsj.1462>
- Tskinner (2019). Beyond Connectivity: Operators Look Beyond Traditional Roles as the IoT Expands. [online] Internet of Things. Available at: <https://www.gsma.com/iot/news/beyond-connectivity-operators-look-beyond-traditional-roles-as-the-iot-expands/> [Accessed Feb 2024].
- Verbong, G. & Loorbach, D. (2012). Governing the Energy Transition. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780203126523/governing-energy-transition-geert-verbong-derk-loorbach>
- Viswanathan, H., & Mogensen, P. E. (2020). Communications in the 6G Era. *IEEE Access*, 8, 57063–57074. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2981745>
- Weiss, D., & Scherer, P. (2021). Mapping the Territorial Adaptation of Technological Innovation Systems—Trajectories of the Internal Combustion Engine. *Sustainability*, 14(1), 113–113. <https://doi.org/10.3390/su14010113>
- Zou, C., Huang, Y., Hu, S., & Huang, Z. (2023). Government participation in low-carbon technology transfer: An evolutionary game study. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122320–122320.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122320>

Appendix

(Eq 1)

PUBLICATIONS	TITLE-ABS-KEY (((5g AND technology) OR (5g AND mobile AND communication AND system*) OR (fifth AND generation AND mobile AND communication AND system*) OR (5g AND wireless) OR (5g AND network*)) OR (5g AND beyond) AND (electric AND vehicle*) OR (vehicle AND to AND fog)) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "chem") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "medi") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "bioc") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "eart") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ceng") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "agri") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "heal"))
Worldwide	
374 papers	
<hr/> PATENTS	((5g technology) OR (5g mobile communication system*) OR (fifth generation mobile communication system*) OR (5g wireless) OR (5g network*)) OR (5g beyond) AND (electric vehicle*) OR (vehicle to fog)
Worldwide	
147 documents	

CAPÍTULO 15

EVALUATION OF GREEN BANANA PULP DRYING USING INFRARED RADIATION WITH TEMPERATURE CONTROL

Euler Cunha Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5240-5793>

Department of Electrical Engineering, CEFET-MG, Brazil

E-mail: euler@cefetmg.br

Anderson Arthur Rabello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-0813>

Department of Electrical Engineering, CEFET-MG, Brazil

E-mail: arthur@cefetmg.br

Fátima de Cássia Oliveira Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5227-3532>

Department of Chemistry, CEFET-MG, Brazil

E-mail: fatimaog@cefetmg.br

Cleverson Fernando Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9354-1401>

Department of Chemistry, CEFET-MG, Brazil

E-mail: cleverson@cefetmg.br

ABSTRACT: The green banana flour (GBF) is a functional food rich in resistant starch and nutrients, probiotic, and has low glycemic index. The obtaining of the flour is usually done in dryers with high energy consumption, and possible deteriorating processes. These problems can be minimized with an adaptive temperature control system in infrared heat sources. The aim of this research was to quantify the energy savings in the production of green banana flour produced by infrared drying compared to the conventional process of drying in a resistance oven. The production of flour from green banana pulp was evaluated using an infrared radiation dryer with fruit surface temperature control (IR-FSTC). The IR-FSTC was performed by keeping the pulp surface at 50 °C and 60 °C. The results were compared with conventional drying using a resistive source. The energy consumption of drying using IR-FSTC was significantly reduced compared to the drying by resistive source and prevented the formation of hotspots. The drying process was also evaluated by physicochemical and spectroscopic analyses of the GBF. The product maintained the pH, titratable acidity, total soluble solids, and lipid content with values similar to those obtained by conventional heating oven drying. In turn, the spectroscopic analyses confirmed the maintenance of biomolecules inherent in GBF. Thus, it is concluded that the results contribute to the sustainable use of energy resources in the production of GBF.

KEYWORDS: Infrared Drying; Green Banana Flour; Product Quality; Energy Efficiency.

RESUMO: A farinha de banana verde (FBV) é um alimento funcional rico em amido resistente e nutrientes, probióticos e apresenta baixo índice glicêmico. A obtenção da

farinha é geralmente realizada em secadores com alto consumo de energia, sendo possíveis processos deteriorantes. Esses problemas podem ser minimizados com um sistema adaptativo de controle de temperatura em fontes de radiação infravermelha. Na presente pesquisa, objetivou-se quantificar a economia de energia na produção de farinha de banana verde produzida por secagem por infravermelho em relação ao processo convencional de secagem em estufa de resistência. A obtenção de farinha a partir da polpa de banana verde foi avaliada utilizando um secador de radiação infravermelha com controle de temperatura da superfície da fruta (IV-CTSF). O IV-CTSF foi realizado mantendo a superfície da polpa a 50 °C e 60 °C. Os resultados foram comparados com a secagem convencional usando uma fonte resistiva. O consumo de energia na secagem com IV-CTSF foi reduzido de forma representativa em comparação com a secagem por fonte resistiva e evitou a formação de pontos quentes. O processo de secagem também foi avaliado por análises físico-químicas e espectroscópicas da FBV. O produto manteve o pH, a acidez titulável, os sólidos solúveis totais e o teor de lipídios com valores semelhantes aos obtidos pela secagem convencional em estufa. Por sua vez, as análises espectroscópicas confirmaram a manutenção de biomoléculas inerentes à FBV. Assim, conclui-se que os resultados contribuem para o uso sustentável dos recursos energéticos na produção de FBV.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem por infravermelho; Farinha de Banana Verde; Qualidade de Produtos; Eficiência energética.

RESUMEN: La harina de plátano verde (HPV) es un alimento funcional rico en almidón resistente y nutrientes, probióticos, y tiene un bajo índice glucémico. La obtención de la harina suele realizarse en secadores con un alto consumo de energía y posibles procesos deteriorantes. Estos problemas pueden minimizarse con un sistema de control de temperatura adaptativo en fuentes de calor infrarrojo. El objetivo de esta investigación fue cuantificar el ahorro energético en la producción de harina de plátano verde producida mediante secado por infrarrojos en comparación con el proceso convencional de secado en estufa de resistencia. Se evaluó la producción de harina de pulpa de plátano verde utilizando un secador por radiación infrarroja con control de temperatura de la superficie de la fruta (IR-FSTC). El IR-FSTC se llevó a cabo manteniendo la superficie de la pulpa a 50 °C y 60 °C. Los resultados se compararon con el secado convencional utilizando una fuente resistiva. El consumo de energía durante el secado con IR-FSTC se redujo significativamente en comparación con el secado mediante fuente resistiva y se evitó la formación de puntos calientes. El proceso de secado también fue evaluado mediante análisis fisicoquímicos y espectroscópicos de la HPV. El producto mantuvo el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el contenido de lípidos con valores similares a los obtenidos mediante secado convencional en horno de calor. A su vez, los análisis espectroscópicos confirmaron el mantenimiento de biomoléculas inherentes a la HPV. Así, se concluye que los resultados contribuyen al uso sostenible de los recursos energéticos en la producción de HPV.

PALABRAS CLAVE: Secado por Infrarrojos; Harina de Plátano Verde; Calidad Del Producto; Eficiencia Energética.

1. INTRODUCTION

The banana tree is a plant belonging to the Musaceae Family, including hybrids of the *Musa* genus (Vu *et al.*, 2018). Its fruits are rich in carbohydrates, minerals such as potassium and phosphorus (Zhang *et al.*, 2019) and important bioactive substances such as phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, biogenic amines, sterols, and antimicrobial compounds, making this fruit a functional food (Ghag and Ganapathi, 2019).

Banana is classified as a climacteric fruit, highly perishable, that presents high respiration rate and high production of ethylene after harvest (Prill *et al.*, 2012). The quantitative and qualitative losses due to its perishability are significant (Tornizielo *et al.*, 2021). At the green ripening stage, banana is not widely consumed, mainly because of its typical hardness and high astringency, caused by the presence of soluble phenolic compounds, such as tannins (Andrade *et al.*, 2018). This astringency is reduced during the ripening process, when the polymerization of these substances and the degradation of starch occur, leading to an increase in sweetness and tenderness and a reduction in acidity, characteristics of ripe fruit. Consequently, obtaining flours is the main alternative to ensure the use of unripe fruit by the food industry ensuring, including, the reduction of postharvest losses and during transport (Sarawong *et al.*, 2014).

Green banana flour can be obtained by natural or artificial drying (Izli *et al.*, 2017; Aljuhaimi *et al.*, 2016), processes that involve removing water from the raw material, inhibiting microbial growth, and preventing biochemical reactions responsible for its deterioration. In general, drying processes are important methods to extend the shelf life of various products, in addition to reducing transportation, packaging, and storage costs.

The green banana flour shows to be a rich source of minerals such as potassium, phosphorus, magnesium, copper, manganese, and zinc, when compared to other types of flours on the market (Borges *et al.*, 2009). Its soluble and insoluble fibers have several functions in the body, such as the regulation of intestinal function, which acts delaying gastric emptying, besides helping to reduce the levels of cholesterol in the blood and being used as substrate for fermentation by aerobic bacteria in the colon (Waszak and Ferreira, 2011). In this context, resistant starch stands out, resisting

hydrolysis in the small intestine, but being fermented in the large intestine by bacterial microbiota (Yue and Waring, 1998).

The flour also contains antioxidants such as flavonoids that act protecting the gastric mucosa (Lewis *et al.*, 1999) and vitamins A and C. Organic acids, such as citric and malic acids also stand out, because they are related to the ripening process of the raw material used in the production of flour (Carvalho *et al.*, 2011).

The efficiency of banana flour production can be increased if forced convection drying is associated with heating by electromagnetic radiation at microwave or infrared frequency. In these processes occurs the phenomenon of direct absorption of radiation by the food components, causing the vibration of molecules and consequently the generation of heat.

In microwave dehydrators the radiation penetrates inside the banana forming hotspots which are points of maximum concentration of electric field and heat. They occur due to the non-linearity of heat absorption by the water contained in the food in response to electromagnetic radiation. Consequently, hotspots impair heating homogeneity and product quality (Thuto and Banjong, 2019).

Infrared radiation (IR), on the other hand, impinges on food surface having small penetration depth, without the need for heat transport through heated air in greenhouses with resistor heating, saving energy (Sakare *et al.*, 2020).

In the present research, it was aimed to quantify the energy savings in the production of green banana flour produced by infrared drying compared to conventional resistor oven drying process. An adaptive system to regulate the power of the heat source to maintain a fixed temperature on the fruit surface was developed to avoid deterioration of the product. Thus, it was possible to obtain drying efficiency compatible with microwave dehydration processes, avoiding the formation of hotspots.

Physicochemical and spectroscopic analyses of the green banana flour produced by infrared drying were performed to verify the quality of the product and its conditions for commercialization.

2. METHODOLOGY

Green banana samples

The raw material used was Prata bananas (Pacovan) (*Musa sapientum*), acquired from the local fruit markets in Belo Horizonte (MG) – Brazil, in the green

ripening stage, determined by the coloration of the peel, ranging from completely green to green with yellow traces.

The bananas were transported to the Laboratory of Instrumentation and Control of the Department of Electrical Engineering at the CEFET-MG, Belo Horizonte (MG), where they were selected and separated. The fruits underwent a washing process with running water and neutral detergent, the pulp was separated from the peel and sliced using a manual slicer, lengthwise, into slices with a thickness of 3 to 4 mm. The slices were immediately arranged on stainless steel trays and placed in dryers with air circulation for the drying process.

Drying process

For the drying process of green banana, two types of fixed bed dryers with forced air circulation were used. The two dryers have the same dimensions and were built according to the project of Cornejo (2018).

In the first dryer, a heating unit of the resistive type with power of 1.5 kW was placed. In the second dryer, three IR lamps of 250 W were used. The details of the arrangement of the banana dryer using IR lamps are described by Rabello *et al.* (2021).

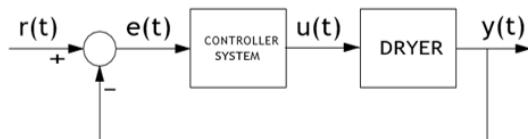
The temperature control system was developed from the modeling of the dryer dimensions and the dynamics of the heat transport process. The dryer was represented by a first order plus dead time model (Seborg *et al.*, 2010; Ljung, 1998), with process gain $K_p = 3.2^{\circ}\text{C}/\text{W} \%$, time constant $\tau = 170$ s and dead time $\Theta = 13$ s.

From the mathematical model, obtained through tests, PID (proportional, integral, and derivative) type controller was developed, aiming the energy optimization and the stabilization of the drying temperature inside the dryer. For the design of the controller and the tuning of the automatic controller, the Direct Synthesis Method was used which results in an optimal control that considers the desired response profile and the mathematical model of the system (Seborg *et al.*, 2010). Equation 1 shows the obtained controller equation for the PID Controller.

$$u(t) = 1.75 * e(t) + 0.0175 * \int e(t) dt + 0.5 * \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Source: authors (2024)

Figure 1 – Block diagram for the closed loop temperature control system in dryers.



Source: authors (2024).

Figure 1 indicates the block diagram to represent a closed loop control system used. In this system, $e(t)$ is the setpoint temperature signal at the bottom of the food, $e(t)$ represents the deviation between the measured value of the temperature at the bottom of the food ($y(t)$) and the setpoint value ($r(t)$), where $e(t)=r(t)-y(t)$ and $u(t)$ represent the percentage of electrical power ($P(W)$) applied to the heating unit aiming to stabilize the temperature value at each instant.

The electric power consumption EC (kWh) was obtained by integrating the electric power $P(W)$ of the two types of dryer sources over the automatic controller setting times, according to Equation 2.

$$EC = \int_0^t P * dt \quad (2)$$

Source: authors (2024).

Drying procedures were performed with controller setpoint values at 50 °C and 60 °C to avoid product deterioration by overheating the fruit surface (Pekke *et al.*, 2013). At the end, considering better drying efficiency and lower dryer consumption, the dehydrated slices of green banana pulp, were collected and ground, originating a green banana flour.

Physicochemical analyses

After obtaining the green banana flour, the physicochemical analyses were performed in triplicate. The determination of the pH was carried out by reading the samples in a benchtop digital potentiometer, with the samples formed by mixing 10.000 g of green banana flour in 100 mL of distilled water (IAL, 2008).

The acidity (g malic acid/100 g of sample) was determined by the titrimetric method, using sodium hydroxide 0.1 mol/L, previously standardized, as the titrant and an alcoholic solution of phenolphthalein 1% m/V as indicator. The sample was

prepared by adding and mixing 5.000 g of green banana flour to 100 mL of distilled water (AOAC, 2005).

The total soluble solids (% w/w) was obtained after analysis of the green banana flour samples in a refractometer. Samples were prepared from 10.000 g of green banana flour in 100 mL of distilled water, with the mixture then being stirred. The final content was corrected considering the temperature of the mixture and the content of insoluble solids. The ash content (% w/w) was determined with 5.000 g of the green banana flour samples measured in corresponding porcelain capsules. The set was transferred to a muffle at 550 °C, and the masses obtained were used to determine the ash content (IAL, 2008).

The determination of the lipid content (% w/w) was performed using the Soxhlet extraction method. Green banana flour samples were measured (2.000 g) in filter paper cartridges. Then, the cartridges were transferred to the extractor apparatus. The system was heated for 8 h and the solvent was evaporated to obtain the lipids (IAL, 2008).

Spectroscopic analyzes

Infrared spectra were acquired on a Prestige-21 IR spectrophotometer, Fourier Transform Shimadzu, with Total Attenuated Reflectance (ATR) sampler. The solid samples of green banana flour were analyzed directly in the ATR sampler and the spectra obtained according to the following parameters: 50 scans, range 4000 to 400 cm⁻¹ and resolution 1 cm⁻¹.

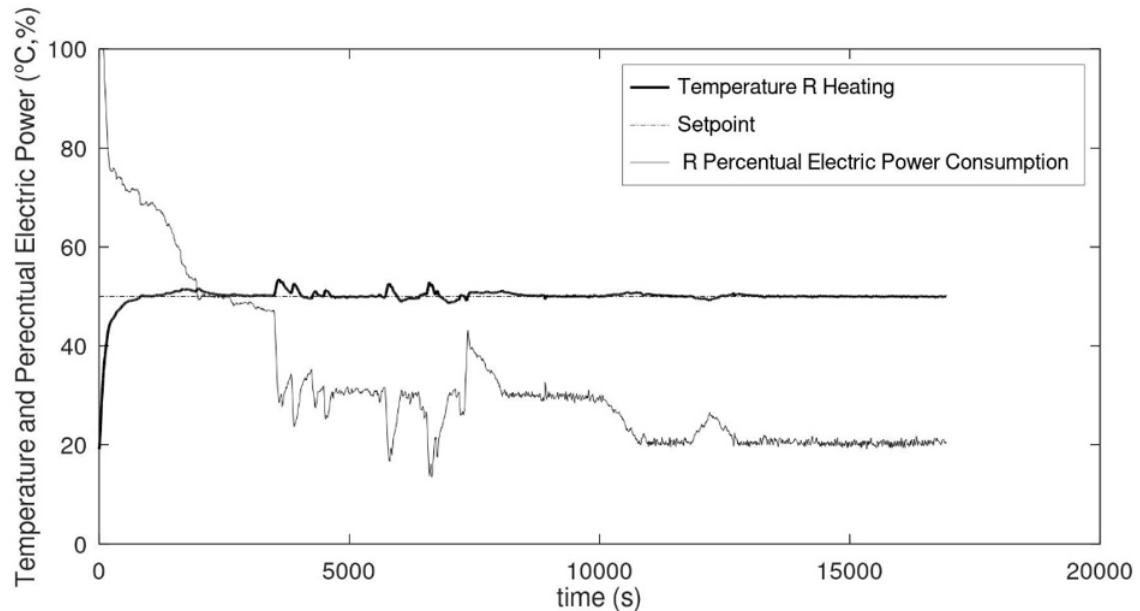
Finally, the ultraviolet spectra were acquired between 200 and 400 nm, in a Varian UV-Vis spectrophotometer, model Cary 50, with quartz cuvettes, distilled water as solvent, adapting the method of Grasel *et al.* (2016).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Drying process

Initially, the setpoint of the temperature controller on the surface of the fruit was adjusted at 50 °C. The results obtained are shown in Figures 2 and 3, which demonstrate the temperature at the bottom of the banana and the percentage of electrical power applied to the heating device over time, for the dryers with resistive and infrared sources.

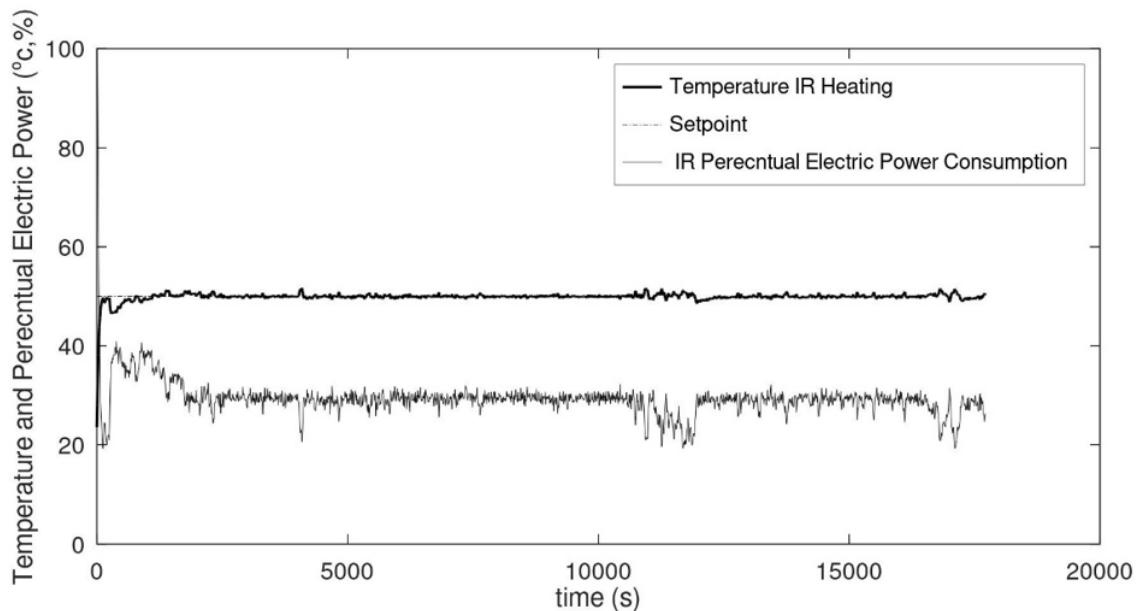
Figure 2 – Temperature (setpoint at 50 °C) and Percentual Energy Consumption across drying time with resistive source



Source: authors (2024).

The results showed that a long drying time (approximately 4 hours and 40 minutes) was required for a set temperature of 50 °C on the surface of the fruit. In this case the production of the banana flour is inefficient. Under these conditions, the total energy consumption of the resistive heating system was 2.3 kWh, while the infrared consumption was 0.1037 kWh.

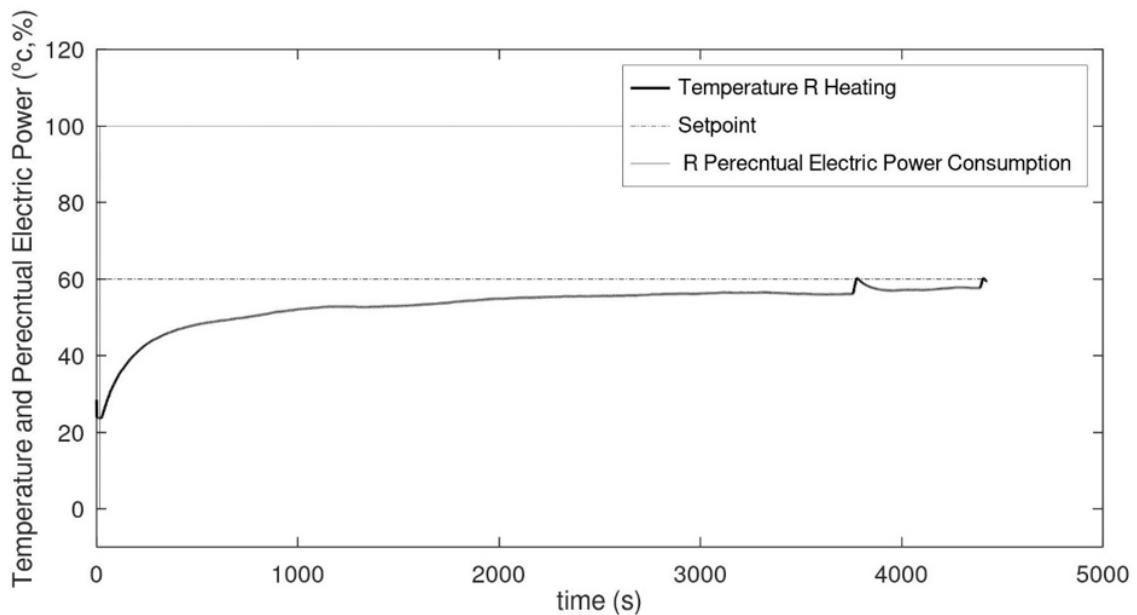
Figure 3 – Temperature (setpoint at 50 °C) and Percentual Energy Consumption across drying time with infrared source



Source: authors (2024).

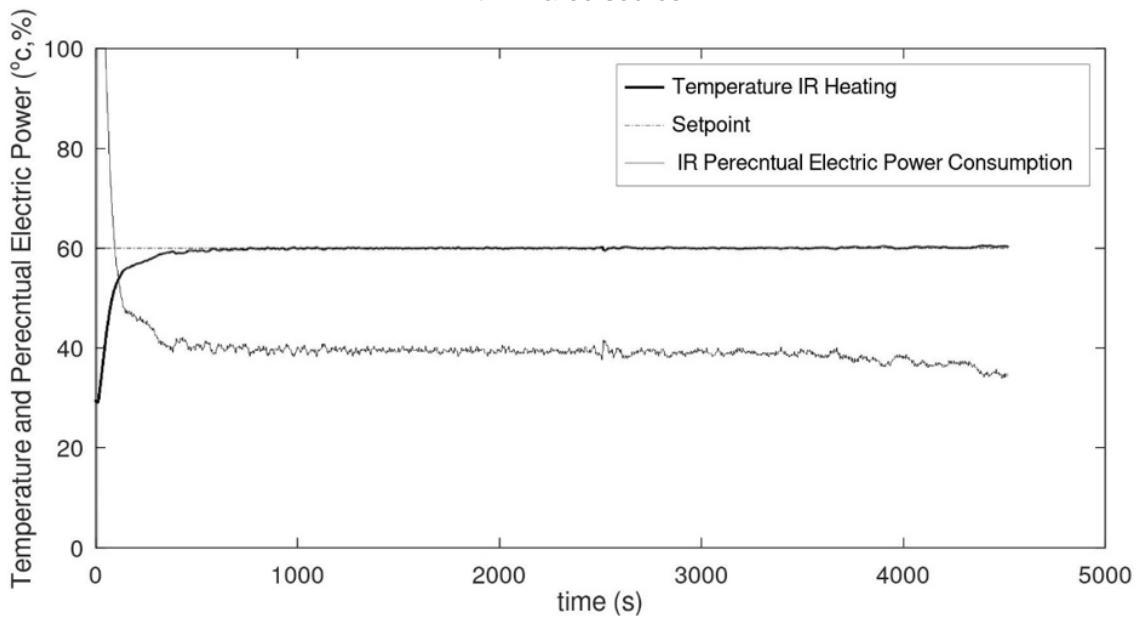
To increase the efficiency of the drying process the setpoint of the temperature controller was changed to 60 °C. Figures 4 and 5 shows the results obtained by resistive and infrared drying for 1 hour.

Figure 4 – Temperature (setpoint at 60 °C) and Percentual Energy Consumption across drying time with resistive source



Source: authors (2024).

Figure 5 – Temperature (setpoint at 60 °C) and Percentual Energy Consumption across drying time with infrared source



Source: authors (2024).

The resistive drying process operated outside the control zone when the fruit surface temperature was increased by only 10 °C. Thus, the power supplied by the resistive heat source was maximum during the experiment. On the other hand, the efficiency of the IR drying increased significantly by using only 40% of the power supplied by the lamps for the temperature of 60 °C. The total energy consumption of the resistive heating system was 1.4999 kWh, while the consumption of the IR dryer was 0.3 kWh.

Physicochemical analyses

The results of the physicochemical analyses can be seen in Table 1. The pH of banana pulp is a measure related to the presence of substances such as malic acid and citric acid, and, according to Carvalho *et al.* (2011), ripening is related to an increase in the content of organic acids and a reduction in pH. In addition, when green bananas are subjected to drying processes, the loss of moisture raises the content of organic acids. Borges *et al.* (2009) obtained pH equal to 5.30 ± 0.08 for green silver banana flour using oven drying (70 °C for 12 h), and Ferreira *et al.* (2018) obtained pH 5.88 ± 0.08 with oven drying at 40 °C for 48 h. In the present work it was observed that the infrared irradiation drying process was responsible for an intermediate pH to those previously cited, showing a similar behavior to the use of oven drying and not indicating adverse patterns related to possible chemical degradations. According to Franca *et al.* (2020), by presenting pH higher than 4.5, the green banana flour is also classified as low acid.

When evaluating the titratable acidity of the green banana flour, obtained by drying process in Pardal dehydrator, Santos *et al.* (2010) obtained 0.48 ± 0.08 g of malic acid/100 g. In turn, Carneiro *et al.* (2020) observed the following range of values: 2.02 to 2.5 g of malic acid/100 g, depending on the previous treatment performed on green bananas. When comparing with the average obtained in the present work (0.50 ± 0.04 g of malic acid/100 g), it was observed great similarity with the results of Santos *et al.* (2010) and lower acidity compared to the results of Carneiro *et al.* (2020). When considering the tendency of increasing acidity with the advancement of the drying process, it is estimated that the irradiation drying method was less aggressive to the green banana samples than the mentioned oven drying. Green bananas have low total

soluble solids because they are rich in resistant starch. During the ripening process, the starch is converted into soluble sugars, increasing the total soluble solids. In a study on postharvest conservation of 'silver' and 'nanicão' cultivars, the total soluble solids of green bananas (ripening stage 2) were determined, obtaining 11.70% w/w (silver cultivar), regardless of the form of conservation (Rinaldi, 2010).

Table 1 – Mean and standard deviation of physicochemical analyses of samples of green banana flour

Experiments*	pH	Acidity		Total		
		(g malic acid/100 g (% w/w))	(% w/w)	soluble solids	Ash (% w/w)	Lipids (% w/w)
Results		5.65 ± 0.00	0.50 ± 0.04	1.2 ± 0.0	3.24 ± 0.18	1.36 ± 0.08
(av ± sd)**						

*n = 3; **av: average; sd: standard deviation. Source: authors (2024).

In the present work, the content was equal to 1.2% m/m, similar to that obtained by Carneiro *et al.* (2020) (2.1 to 2.3% m/m), indicating that the samples were in the initial stage of maturation and that the irradiation process was not responsible for representative chemical transformations, such as hydrolysis reactions, in the resistant starch.

On the other hand, the ash content of the samples in this work (3.24 ± 0.18% m/m) was similar to Franca *et al.* (2020) (3.63 ± 0.96% m/m) and slightly lower than the range determined by Carneiro *et al.* (2020) (3.84 to 4.04% m/m).

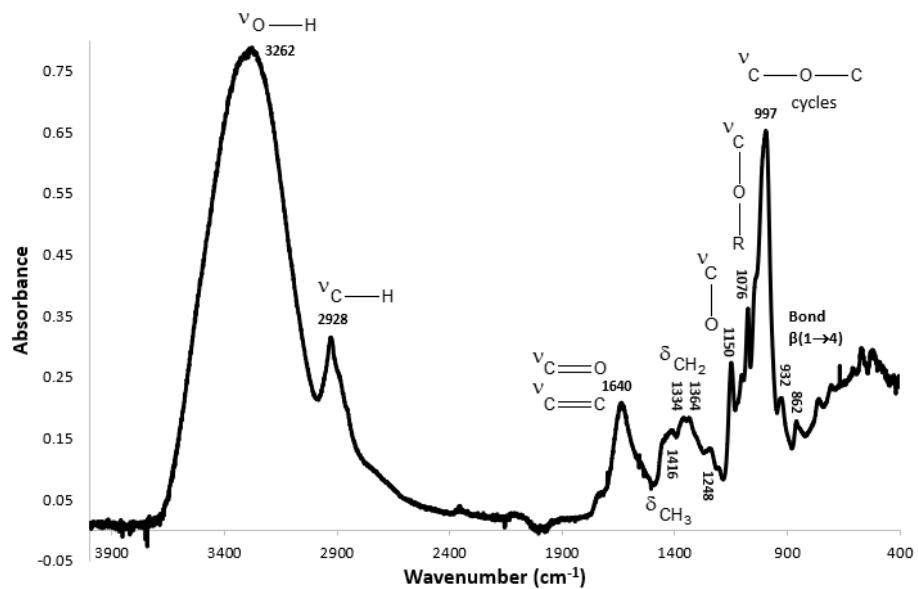
The lipid content in banana pulps is generally low at the early ripening stage. Sena *et al.* (2022), for example, analyzed fruits from the 'Terra Maranhão plantain', and found 0.52% w/w. In the present work, after the drying process by infrared irradiation, the green banana samples showed an average content equal to 1.36 ± 0.08% w/w, close to that obtained by SÁ *et al.* (2021) (0.97 ± 0.03% w/w), indicating a slight increase in the proportion of lipids, given the water loss.

Therefore, it can be seen from the physicochemical analyses that there are no discrepant results related to inadequate drying processes. And, in parallel, the results proved the initial ripening condition of the fruits.

Spectroscopic analyses

The mid-infrared spectrum of the green banana flour (Figure 6), in turn, was performed to evaluate whether the sample presented the following expected metabolites: starch, cellulose, pectin, lignin, and hemicellulose (Castro *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020).

Figure 6 – Mid-infrared spectrum of green banana flour

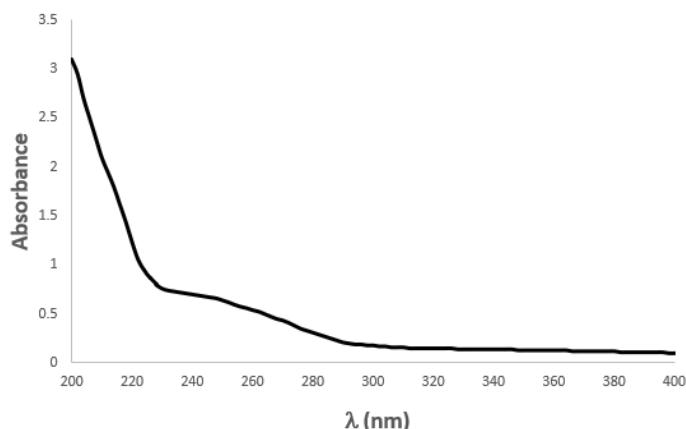


Source: authors (2024).

When analyzing the spectrum, the signal at 3262 cm⁻¹ was assigned to the axial stretching of O–H bonds present in remnant molecules of water, cellulose and/or starch (Alonso *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2012). The signal at 2928 cm⁻¹ was attributed to axial stretching of C–H bonds of cellulose and hemicellulose, and between 1334 cm⁻¹ and 1248 cm⁻¹ was attributed to the angular deformations of CH₂ groups, of the mentioned carbohydrates. The signals at 997 cm⁻¹ and 932 cm⁻¹ were related, respectively, to the axial stretching of C–O–C bonds in porphyrin cycles and to glycosidic bonds β(1 → 4) of cellulose and hemicellulose. At 1640 cm⁻¹, the band was related to the overlap between the signals of the axial C=O stretching of pectin and the axial C=C stretching of aromatic chains of lignin. The signal at 1076 cm⁻¹ was assigned to the axial stretching of the C–OR bond in lignins (Silva *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2016). Therefore, the mid-infrared spectrum indicated that the drying process was not overly intense, preventing the loss of the said metabolites in the flour.

The analysis of the green banana flour using ultraviolet spectroscopy (Figure 7) showed only bands attributed to starch (Fiedorowicz *et al.*, 2010), the constituent with the highest water solubility among the majority polymeric metabolites.

Figure 7 – Ultraviolet spectrum of green banana flour



Source: authors (2024).

It stands out that, as the flour was produced from fruits at the early stage of maturation, the band referring to glucose molecules, near 260 nm (Kaijanen *et al.*, 2015), did not stand out

4. CONCLUSION

The total energy consumed by the drying process using infrared radiation was representatively lower than the energy consumed by the resistive heating process. The use of the temperature control system caused an increase in the efficiency of the IR drying process when the surface temperature of the fruit pulp was increased. In turn, the physicochemical and spectroscopic analyses of the green banana flour obtained by drying using infrared radiation indicated the preservation of the studied metabolites and the similarity of properties related to the flours obtained by conventional drying methods, in oven. Therefore, the results contribute to the sustainable use of energy resources in the production of green banana flour.

In future research, it is intended to carry out sensory analyses to verify the acceptance of the product by consumers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais -CEFET-MG.

REFERENCES

- Aljuhaimi, F.; Uslu, N.; Bozkurt, D.; Ghafoor, K.; Babiker, E. E.; Ozcan, M. M. (2016). Effects of oven and microwave drying on phenolic contents and antioxidant activities in four apple cultivars. *Quality Assurance and Safety of Crops FoodsI*, 8 (1), 51–55.
- Alonso, E.; Pothan, L. A.; Ferreira, A.; Cordeiro, N. (2019). Surface modification of banana fibers using organosilanes: an IGC insight. *Cellulose*, 26, 3643–3654.
- Andrade, B. A.; Perius, D. B.; Mattos, N. V. D.; Lu-Vielmo, M. D. M.; Mellado, M. S. (2018). Produção de farinha de banana verde (*Musa spp.*) para aplicação em pão de trigo integral. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21: 2–10.
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Washington, DC: Association of Official Analysis Chemists International.
- Borges, A. M.; Pereira, J.; Lucena, E. M. P. (2009). Caracterização da farinha de banana verde. *Food Science and Technology*, 29:333– 339.
- Carneiro, T. S.; Oliveira, G. L. S.; Santos, J.; Constant, P. B. L.; Carnelossi, M. A. G. (2020). Avaliação da farinha de banana verde com aplicação de antioxidantes. *Brazilian Journal of Development*, 6 (5), 28634–28643.
- Carvalho, A.V.; Seccadio, L. L.; Mourão Júnior, M.; Nascimento, W. M. O. (2011). Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo “maçã” na região de Belém-PA. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (4), 1095–1102.
- Castro, M.; Jorge, A. P. P.; Santos, P. A. (2019). Propriedades físico-químicas e funcionais de biomassa de banana verde. *Global Science and Technology*, 12 (1), 53–64.
- Cornejo, F. E. P. (2018). *Construa você mesmo um desidratador de alimentos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1-23.
- Ferreira, C. S.; Lima, E. C.; Feijó, M. B. S. (2018). Aproveitamento integral e não convencional da banana verde inativada em forno micro-ondas para elaboração de farinha. *Brazilian Journal of Food Research*, 9 (4), 164–179.
- Fiedorowicz, M.; Khachatryan, K.; Khachatryan, G. C.; Krzeminska-Fiedorowicz, L. (2010). Implication of nanometals formation in potato starch gel on structure of polysaccharide chains. *World Journal of Engineering*, 7:148–149.
- Franca, L. G. D.; Holanda, N. V.; Aguiar, R. A. C.; Reges, B. M.; Costa, F. B.; Souza, P. A.; Silva, A. G. F.; Sales, G. N. B.; Moura, C. F. H. (2020). Elaboração e caracterização de farinhas de banana verde. *Research, Society and Development*, 9 (7), 1–12.
- Ghag, S. B.; Ganapathi, T. R. (2019). *Banana and plantains: Improvement, nutrition, and health*. In: Mérialon, JM, Ramawat, K (eds). *Bioactive molecules in food*. Springer, Cham. 1755–1774.

- Grasel, F. S.; Ferrão, M. F.; Wolf, C. R. (2016). Ultraviolet spectroscopy and chemometrics for the identification of vegetable tannins. *Industrial Crops and Products* 91: 279–285.
- IAL (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Zenebon, O.; Pascuet, N. S.; Tigela, P. (eds). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Izli, N.; Izli, G.; Taskin, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*, 37 (4), 604– 612.
- Kaijanen, L.; Paakkunainen, M.; Pietarinen, S.; Jernström, E.; Satu-Pia, R. (2015). Ultraviolet detection of monosaccharides: multiple wavelength strategy to evaluate results after capillary zone electrophoretic separation. *International Journal of Electrochemical Science*, 10:2950-2961.
- Lewis, D. A.; Fields, W.; Shaw, G. P. (1999). A natural flavonoid present in unripe plantain banana pulp (*Musa sapientum* L. var. *paradisiaca*) protects the gastric mucosa from aspirin-induced erosions. *Journal of Ethnopharmacology*, 65 (3), 283– 288.
- Lima, B. N. B.; Cabral, T. B.; Tavares Neto, R. P. C.; Tavares, M. I. B.; Pierucci, A. P. T. (2012). Estudo do amido de farinhas comerciais comestíveis. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 22 (5), 486–490.
- Ljung, L. (1998). *System identification*. In: Procházk, A.; Uhlíř, J.; Rayner, P. W. J.; Kingsbury, N. G. (eds). *Signal Analysis and Prediction. Applied and Numerical Harmonic Analysis*. Birkhäuser, Boston: Springer, 163-173.
- Oliveira, T. I. S.; Rosa, M. F.; Cavalcante, F. L.; Pereira, P. H. F; Moates, G. K. T.; Wellner, N.; Mazzetto, S. E.; Waldron, K. W.; Azeredo, H. M. C. (2016). Optimization of pectin extraction from banana peels with acid by using response surface methodology. *Food Chemistry*, 198: 113–118.
- Pekke, M. K.; Pan, Z.; Atungulu, G. G.; Smith, G.; Thompson, J. F. (2013). Drying characteristics and quality of bananas under infrared radiation heating. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6 (3), 58–70.
- Prill, M. A. S.; Neves, L. C.; Tosin, J. M. T.; Chagas, E. A. (2012). Atmosfera modificada e controle de etileno para bananas “prata-anã” cultivadas na Amazônia Setentrional brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 990–1003.
- Rabello, A. A.; Resende, U. C.; Gomes, F.; Machado, A. M. R.; Martins, E.; Soares, I. (2021). Utilização da radiação infravermelha na secagem de amostras de banana. *Brazilian Journal of Development*, 7 (4), 39317–39330.
- Rinaldi, M. M. (2010). *Conservação pós-colheita de banana nanicão e prata*. Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 1-29.
- Sá, A. A.; Gonçalves, M. I. A.; Vasconcelos, T. R.; Mendes, M. L.M.; Messias, C. M. B. O. (2021). Avaliação físico-química e nutricional de farinhas de banana verde com

casca elaboradas a partir de variedades distintas. *Brazilian Journal of Food Technology*, e2020020.

Sakare, P.; Niranjan, P.; Thombare, N.; Singh, R.; Sharma, S. C. (2020). Infrared drying of food materials: Recent advances. *Food Engineering Reviews*, 12 (3), 381–398.

Santos, J. C.; Silva, G. F.; Oliveira Júnior, A. M. (2010). Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde. *Exacta*, 8 (2), 219–224.

Sarawong, C.; Schoenlechner, R.; Sekiguchi, K.; Berghofer, E.; NG, P. K. (2014) Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 143: 33–39.

Seborg, D. E.; Edgar, T. F.; Mellichamp, D. A. (2010). *Process Dynamics and Control*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.

Sena, L. O., Viana E. S.; Reis, R. C.; Santana, T. S.; Barreto, N. S. E. (2022). *Métodos de conservação para a biomassa de banana verde: efeito nas características físico-químicas e microbiológicas*. In: Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas. São Paulo: Científica Digital. 1-14.

Silva, V. D. M.; Arquelau, P. B. F.; Silva, M. R.; Rodinei, A.; Melo, J. O. F.; Fante, C. A. (2020). Use of paper spray-mass spectrometry to determine the chemical profile of ripe banana peel flour and evaluation of its physicochemical and antioxidant properties. *Química Nova*, 43 (5), 579–585.

Thuto, W.; Banjong, K. (2019). Investigation of heat and moisture transport during microwave heating process. *Processes*, 7 (545), 2–24.

Tornizielo, I. F.; Ricci, M. G.; Rosa, M. T. M. G. (2021). Aplicação de ferramentas da qualidade na análise do desperdício da banana em uma distribuidora da cidade de Campinas-SP. *Brazilian Journal of Development*, 7 (9), 87267–87286.

Vu, H. T.; Scarlett, C. J.; Vuong, Q. V. (2018). Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: a review. *Journal of Functional Foods*, 40: 238–248.

Waszak, M. N.; Ferreira, C. C. D. (2011). Efeito hipoglicemiante das farinhas de banana verde e de maracujá no controle da glicemia em diabéticos. *Cadernos UniFOA*, 6 (1), 41–50.

Yue, P.; Waring, S. (1998). Resistant starch in food applications. *Cereal Foods World*, 43 (9), 690–695.

Zhang, J.; Jha, S. K.; Liu, C.; Hayashi, K. (2019). Tracing of chemical components of odor in peels and flesh from ripe banana on a daily basis using GC-MS characterization and statistical analysis for quality monitoring during storage. *Food Analytical Methods*, 12 (4), 947–955.

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-6016-036-1