

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

NEUROSCIENCE, EDUCATION, MEMORY, TECHNOLOGY AND DOUBLE CHECK OF LEARNED: KEY-POINTS FOR A SUCCESSFUL LEARNING	
NEUROCIÊNCIA, EDUCAÇÃO, MEMÓRIA, TECNOLOGIA E DUPLA VERIFICAÇÃO DO APRENDIDO: PONTOS-CHAVE PARA UMA APRENDIZAGEM BEM-SUCEDIDA – Roque Antônio de Moura; Blaha Gregory Correia Santos Goussain; Márcia Regina de Oliveira; Messias Borges Silva	07
LOGÍSTICA DE PERECÍVEIS: EMBALAGENS INTELIGENTES NO SEGMENTO DE FRUTAS	
PERISHABLE LOGISTICS: INTELLIGENT PACKAGING IN THE FRUITS SEGMENT – Jaqueline Carolino; Unis Raasch Pagel; Sérgio Medeiros Paulino de Carvalho	17
PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO AUTOCICATRIZANTE COM ADIÇÃO DE BACILLUS SUBTILIS E ADITIVO CRISTALIZANTE	
MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-HEALING CONCRETE CONTAINING BACILLUS SUBTILIS AND CRYSTALLINE ADMIXTURES – Tamiko Goto Rodrigues; Margareth da Silva Magalhaes; Kíssila Botelho Goliath	26
BARREIRAS A APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
BARRIERS TO THE APPLICATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN THE INDUSTRIAL SECTOR: A LITERATURE REVIEW – Mauricio Bueno da Silva; Talita Mariane Cristino; Antonio Faria Neto; Francisco Antonio Lotufo	34
FAULT DETECTOR SYSTEM APPLIED TO FUEL STORAGE STATIONS – Michael Jamesson Almeida Nunes; Lucilene Ferreira Mouzinho; Ronaldo da Silva Ferreira; Lucius Vinicius R. Machado Filho	42
RELATO DE AULA PRÁTICA: PRODUÇÃO EXPERIMENTAL DE BIODIESEL USUFRUINDO DE ÓLEO DE SOJA E ROTA METÁLICA	
PRACTICAL LESSON REPORT: EXPERIMENTAL BIODIESEL PRODUCTION USING SOYBEAN OIL AND METHYLIC ROUTE – Caetano Dartiere Zulian Fermينو; Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Matheus Medeiros Ribeiro; Laura Prenhaca Balsi; Gabriel de Almeida Bispo Damasceno; Emmanuel Zullo Godinho	52



Edição 217 de janeiro de 2024

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

ISSN - 1809-3957

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

CONSELHO EDITORIAL

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

COMITÊ CIENTÍFICO

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

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



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

Vol. 19 – N° 217 – JANEIRO/ 2024

EDITORIAL

A recente edição da Revista Sodebras está composta de seis artigos, das mais variadas áreas do conhecimento humano. O perfil interdisciplinar da Revista possibilita que temáticas diversificadas sejam tratadas e exploradas.

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

De acordo com a classificação dos periódicos avaliados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (QUALIS / CAPES), somos extrato B2, o que demonstra a seriedade do trabalho realizado pela revista.

Neste ano, marcado por guerras, conflitos, alertas climáticos, e diversas questões de interesse internacional, a Sodebras manteve o fluxo de publicação mensal em pontualidade, o que facilita para a difusão do conhecimento e contribui para a divulgação científica.

Boa leitura

Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior
Editor Adjunto – Revista SODEBRAS

Área: Interdisciplinar

9-5	<p>NEUROSCIENCE, EDUCATION, MEMORY, TECHNOLOGY AND DOUBLE CHECK OF LEARNED: KEY-POINTS FOR A SUCCESSFUL LEARNING</p> <p>NEUROCIÊNCIA, EDUCAÇÃO, MEMÓRIA, TECNOLOGIA E DUPLA VERIFICAÇÃO DO APRENDIDO: PONTOS-CHAVE PARA UMA APRENDIZAGEM BEM-SUCEDIDA</p> <p>Roque Antônio de Moura; Blaha Gregory Correia Santos Goussain; Márcia Regina de Oliveira; Messias Borges Silva</p>
-----	---

NEUROSCIENCE, EDUCATION, MEMORY, TECHNOLOGY AND DOUBLE CHECK OF LEARNED: KEY-POINTS FOR A SUCCESSFUL LEARNING

NEUROCIÊNCIA, EDUCAÇÃO, MEMÓRIA, TECNOLOGIA E DUPLA VERIFICAÇÃO DO APRENDIDO: PONTOS-CHAVE PARA UMA APRENDIZAGEM BEM-SUCEDIDA

Roque Antônio de Moura¹
Blahe Gregory Correia Santos Goussain²
Márcia Regina de Oliveira³
Messias Borges Silva⁴

Abstract - Individuals committed to the academic world report numerous benefits from applying active methods in the classroom, when students are the main protagonists in the teaching-learning process and when learning by doing, there is a strong stimulus to absorb knowledge and memorize. In this sense, the objective of this review research is to highlight the roles of neuroscience, education, memory, technologies and double checking of what was learned by students as key points for successful learning. The methodology used researched recent and available publications, also based on the findings and foundations of concepção, design, development, implementation and operationalization (CDIO) initiatives. The results lead to the discussion that learning and memorization work together, but do not happen simultaneously, for example, the transformation of short-term memories into consolidated memories. It is concluded that in learning by doing, students, the main protagonists, can also, in teamwork, create triggers to form priming memories, where exposure to smell, color, sound and particular situation can trigger what they learned, with an immediate response of the human body, unconsciously as a reflex.

Keywords: Learning. CDIO. Education. Neuroscience. Priming Memory.

¹ PhD in Biomedical Engineering. Full professor on FATEC SJC courses. Coordinator and teacher of postgraduate courses at UNITAU. Researcher of the USP Postdoctoral program in “Mapping, with digital technologies, of brain stimulation during learning with projects identifying: level of interest and impact on school dropout (CEP/CAAE: 60629922.9.0000.5501)”. Contact: roque.moura@usp.br.

² Master in Engineering in the Production Area. PhD candidate in Engineering at UNESP and Visiting Researcher at USP. Research entitled “Neuroscience applied in engineering education” by São Paulo State University. Contact: blaha.goussain@unesp.br.

³ PhD in Urban and Regional Planning. Teacher of undergraduate and postgraduate courses at UNITAU. She works as a professor and researcher in the Master's Program in Management and Regional Development at UNITAU. Chief Executive Officer of the UNITAU Research, Technology and Innovation Support Foundation. Contact: oliveira.marcia@unitau.br.

⁴ PhD in Chemical Engineering. Full Professor at UNESP and USP-EEL. Co-leader of the CDIO (conceive-design-implement-operate) Initiative in Latin America. Deputy coordinator at the local nucleus (Unesp - Guaratinguetá) of IEP3 - Institute of Education and Research in Pedagogical Practices at UNESP. Contact: messias.silva@usp.br.

Resumo – Indivíduos comprometidos com o mundo acadêmico relatam inúmeros benefícios da aplicação de métodos ativos em sala de aula, quando os alunos são os principais protagonistas no processo ensino-aprendizagem e ao aprenderem fazendo, há um forte estímulo para absorção do conhecimento e memorizar. Esta pesquisa objetiva uma revisão e destacar os papéis da neurociência, educação, memória, tecnologias e dupla verificação do que foi aprendido pelos alunos como pontos-chave para uma aprendizagem bem-sucedida. A metodologia utilizada pesquisou em publicações recentes e disponíveis, embasando-se também nos achados e fundamentos de iniciativas de concepção, desenvolvimento, implementação e operacionalização (CDIO). Os resultados levam a discussão de que aprendizagem e memorização trabalham juntos, mas não acontecem de forma simultânea, como por exemplo, a transformação de memórias de curto prazo em memórias consolidadas. Conclui-se que no aprender fazendo, os alunos, principais protagonistas, podem ainda no trabalho em equipe, criar gatilhos para formar memórias priming, onde a exposição ao cheiro, cor, som e situação particular, pode acionar o que aprendeu, com resposta imediata do corpo humano, de forma inconsciente como um reflexo.

Palavras-chave: Aprendizado. CDIO. Educação. Neuroscience. Memória Priming.

I. INTRODUCTION

To evol, humankind needs to break with old and common concepts to pursue, with experts supervision, a new way of making things happen, such as how to learning and technological development. The integration of neuroscience and education in the teaching and learning process can make difference on it, contributing to student undergraduation, enabling the development of evidence-based teaching, and learning methodologies, with the underlying principle that skills can be honed and improved through repetition (Amthor, 2017; Tieppo, 2019).

Moura *et al* (2022) mention that one of the functions of technology and collaborative intelligent machines is to relieve humans from monotonous and standardized tasks. However, the technology is a tool and can not entirely replace the human role in knowledge transmission within an educational environment. In fact, it is this interplay between technology and human engagement that humanizes education (Repef, 2022).

According to Pantano and Zorzi (2009), learning and memory are not continuous processes, it means, represents distinct stages. Mental or verbal rehearsal facilitates the transfer of learned content to the primary memory (working memory), while periodic review and repetitions of had learned, allows new information related to the initial learning to be added to the system, a process referred to as memory consolidation (Costa, 2006; Kovács, 2020).

If, there is, a lack of technology available, neuroscience, education, memory and double checking of what had learned, also will contribute like as key-points for successful learning, demanding, at least, basic concepts of neuroscience and its application, that means, the activation that had been practiced and absorbed by students, using smell, sound, color and particular situation to reinforce that them learned, or better, use of priming memory.

II. LITERATURE REVIEW

The brain is associated with functions such as memory, intelligence, reasoning, language, behavior, and cognition. It is located within the cranial cavity. The brain, which constitutes much of the encephalon, is responsible for the core of intelligence and learning in our body, making it the most complex organ in the human organism (Nicolelis, 2020; Tieppo, 2019; Kocak *et al.*, 2019; Ach, 2023).

Education, learning and neuroscience are three closely related concepts and each has its role. Education is a formal process of teaching and learning that takes place in a structured environment, learning is a broader concept that encompasses all forms of

knowledge acquisition, and neuroscience is the study of the nervous system, including the brain, e.g., early memory is a relatively new field. One that has made significant contributions to the teaching-learning process, for example, understanding how people learn and remember when memory triggers experienced situations (Nicolelis, 2020).

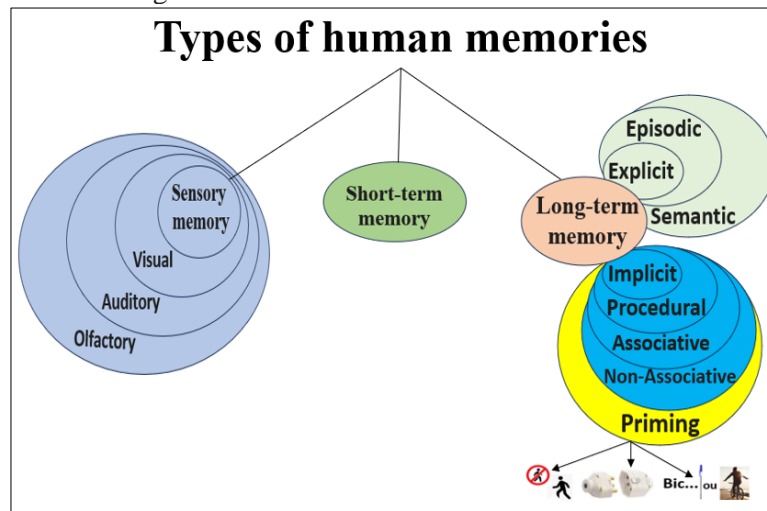
Education has become increasingly crucial for a country's development. In recent years, thanks for technological and scientific advancements and the continuous evolution of society, the role of the teacher has been recognized as a fundamental factor in students' performance. The literature asserts that efficient teachers are a crucial ingredient for students' success (Crawley *et al.*, 2014; Zhang, 2021).

Several factors can impact the quality of teaching in a learning environment, such as course design, a low level of interaction between students and instructors, the improper use of technology and infrastructure, i.e., developing your work activities in a comfortable workplace (ergonomically) that is a philosophical ideal to enhancing presenteeism due to commitment (Moura *et al.*, 2019; Stefana *et al.*; 2021; Almufarreh; Noaman; Saeed, 2023).

Classification of human memories

According to Nunes, Costa and Souza (2021), memory is defined as the brain's capacity to acquire, store, preserve, and recall information. Without memory, it becomes impossible to carry out daily activities, establish relationships, or acquire knowledge and make progress in our lives. The case of H.M. was pivotal in highlighting, for the first time, that declaratives and non-declarative memories rely on distinct neural circuits. Human memory can be categorized as illustrated in Figure 1 (Preilowski, 2009).

Figure 1 - Classification of human memories.



Source: Authors (2023).

Short-term memory is responsible for temporarily holding information for a brief period (seconds to minutes) while we engage in a task or contemplate a thought. Information is rapidly forgotten unless it is processed and transferred into long-term memory (Nunes, Costa, Souza, 2021; Kitamura *et al.*, 2009).

Long-term memory responsible for retaining information over a more extended period and subdivided: declarative memory and non-declarative memory (Cazzulino *et al.*, 2016; Meira *et al.*, 2018; Nunes, Costa, Souza, 2021).

A priming memory which falls under the category of implicit memory, occurs when exposure to a stimulus influences a subsequent response without conscious guidance or intent. This phenomenon is observed across various stimuli, such as words, images, sounds,

and scents. For instance, the word "bicycle" may serve as a trigger to evoke thoughts of "riding" or "falling." This is because the word "bicycle" primes your mind to think about other aspects related to the experience of riding a bicycle (Wyer *et al.*, 2010; Marquis, 2015; Nunes, Costa, Souza, 2021).

Procedural or implicit memory is gradual, involving the association of sequential stimuli, and it is stored after continuous training. It does not necessitate conscious action but is inferred from an individual's skills or performance during the task practice (Walker; Robertson, 2016).

Skill, competence and working team

Skill and competence are closely related. Skill is the ability to perform a task or action effectively and efficiently, acquired through training, practice, or experience. Competence is the combination of skills, knowledge, and attitudes that enable an individual to perform a task or activity typically developed over time through education, training, and experience. Together, both are essential for professional success and are increasingly valued in the job market (Lombardo; Eichinger, 2014; Requies *et al.*, 2018; Resende, 2008; Robles, 2012; Pratt, 2019; Moura *et al.*, 2022).

According to Crawley *et al* (2014), teamwork activities stimulate synergy among students, and technology allows for the widespread distribution of knowledge becoming the popular for all team members. In this sense, a quality education, with well-designed courses, enhances students' perception and reduces the tendency to drop out. The working team should focus on increasing academic success, stimulate the participation, and promoting socialization among students (Vanconcelos *et al.*, 2019; Anttila *et al.*, 2023; Ma; Shi; Hou, 2023; Vesić; Laković; Vesić, 2023).

III. METHODS

The methodology used researched recent and available publications, also based on the results and foundations of conception, design, implementation and operationalization (CDIO) initiatives.

Relevant publications on the research topic were compiled, by renowned authors, on platforms that host them, identifying factors that demonstrate to the main protagonists, the students, think about considering working in team and with projects, a very good way in their undergraduation and that will optimize their professional career.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

Regarding results, the Table 1 relates the CDIO Initiative in relation to development and how neuroscience, via priming memory, can enrich the way of students learn.

Table 1 - CDIO initiative, projects and priming memory.

Acronym	Meaning	Affective association CDIO, priming memory and project
C	Conceive	Idealize and create a project. Start after understanding the problem and estimated a viable solution. Requires technical skill. It is emotionally associated with the details of the work team members, such as, the smell. <i>“Someone who smelled like jasmine, dressed in pink, found the solution to the problem.”</i>
D	Design	Interdisciplinary group jointed. Everyone is looking for the solution. Requires technical and behavioral skills. Affectively associated with comments and technical tools that the team was unaware of, such as, for example, using a roughness meter on the part. <i>“Someone proactively, took a roughness meter from the pocket of his dirty uniform, cleaned it and measured the entire surface of the piece...”</i>
I	Implement	After finding a viable solution, it must be validated for stakeholders. All can iterate. Requires technical and emotional skill. Affectively associated to the technical and emotional comments and tools that the team unknowned of, such as, for example, using a paquimeter on the deep of the part's holes. <i>“Somenone, the one who smelled oil from the workshop, warned all members that a caliper better measures the depth and diameter of the tear...”</i>
O	Operate	After testing and validad the solution, all will take care of operating and put it into practice. Respecting those all involved requires behavioral and emotional skills. Affectively associated to the emotional comments and skills. All members in plant floor, but the team didn't know that the operator's dominant hand was her left. <i>“The project was ready and functional, but during the practical test it was observed that the operator is not right-handed. If don't adjust it, she will complain a lot (empathy) to put the set together...”</i>

Source: Authors (2023); Cdio (2020).

Regarding the skills and competencies to be improved or developed, education focused on project management, like as CDIO initiative, for sustainable development allows for the alignment of available methodologies, aiming to produce graduates better prepared for the job market. Learning and memorization not occur simultaneously. In learning, the brain is capable of learning new information through the formation of new neuronal connections and synapses. Priming memory as a passive, undeclared and implicit process, enhances learning by associating emotions and repeating them during the acquisition of knowledge (Pantano; Zorzi, 2009; Cdio, 2020; Kitamura *et al.*, 2009).

To learn, you must first memorize, however, memorization is not enough, as the information must be understood and associated with current facts and situations (Costa, 2006; Kitamura *et al.*, 2009; Repef, 2022).

To improve learning and associate projects, a catalizer is to repeat information periodically, allowing students to associate sensations, smells, color and particularities of the environment between students and finally successfully reproduce what was taught (Squire; Wixted, 2011; Weible, 2013; Walker; Robertson, 2016; Vikbladh *et al.*, 2019).

As a suggestion of this research, the adoption of the initiative CDIO projects promotes an educational approach, transforming students into main protagonists, working as a team with creativity, communication and problem solving skills, while there is an association the smell, color, sound, words of other students that strengthen learning (Cdio, 2020; De Moura; Oliveira; Messias, 2023).

According to Costa e Moura (2021), student performance also improves through learning with real problems or projects, as well as their memories and abilities in the final solution in an integrative and sustainable way, conceptualizing that teamwork based on learning through projects or real market problems can be an appropriate learning pedagogy to improve students' engagement in their studies e sometimes relating it to details, like as climate, color, smell for instance.

V. FINAL CONSIDERATIONS

This review article pursued to demonstrate and emphasize the close relationship among neuroscience or study of the nervous system, including the brain and important discovery about the stimulation with priming memory.

Technology used for practical purposes helps the development, application and use of machines, materials, and processes. Adaptive learning software, brain-computer interfaces, virtual reality, and augmented reality are already available at the market for counting to them. Else, if allied to double-checking, what the student learned, when rechecked, are key-points for a successful learning, besides creating new neural connections and strengthen consolidated memorization.

Education generally is a way of transmitting learning or also, absorb expertise, practices, abilities, values, beliefs, and habits. These premises can be easily found in the CDIO concepts, becoming student protagonist of their learning.

Neuroscience, learning, and priming memory are interconnected, but they don't occur simultaneously. For example, implicit priming memory is a phenomenon in which exposure to a stimulus influences a response without conscious orientation or intention, i.e., the human body, in a reflex action, reacts. There are studies that people with memory problems can use priming memory to remember important information.

It's concluded that in learning by doing, students, the main protagonists, can also, in teamwork, create triggers to form priming memories, where exposure to smell, color, sound and particular situation can trigger what they learned, with an immediate response of the human body, unconsciously, as a reflex.

VI. REFERENCES

ACH. 2023. **Anatomia do corpo humano. Funções do cérebro humano.** Disponível em: <https://www.anatomiadocorpo.com/sistema-nervoso/cerebro/> Acesso em 16.set.2023.

ALMUFARREH, A.; NOAMAN, K.M.; SAEED, M.N. Academic teaching quality framework and performance evaluation using machine learning. **Appl. Sci.** 2023, 13, 3121. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13053121>.

AMTHOR, FRANK. 2017. **Neuroscience for Dummies.** Traduzido por Samantha Batista. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. 384 p.: il; 17cm x 24cm. Tradução de: Neuroscience for Dummies. ISBN: 978-85-508-0173-5. CDD 612.8.

ANTTILA, S.; LINDFORS, H.; HIRVONEN, R.; MÄÄTTÄ, S.; KIURU, N. Dropout intentions in secondary education: Student temperament and achievement motivation as antecedents. **Journal of Adolescence**, 95, 248–263. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/jad.12110>.

CAZZULINO, A. S., MARTINEZ, R., TOMM, N. K., AND DENNY, C. A. (2016). Improved specificity of hippocampal memory trace labeling. **Hippocampus**, 26, 752–762. DOI: 10.1002/hipo.22556.

CDIO. 2020. **Initiative CDIO**. Available: <http://www.cdio.org/> Access in set.2023.

COSTA, J. C. L.; MOURA, R. A. **Aprendizagem com solução de problemas reais para aprimoramento discente na injunção socioprofissional**. III Fórum de Metodologias Ativas. 2021. ISSN 2763-5333. www.forumdemetodologiasativas.cps.sp.gov.br.

COSTA, V. (2006). Neurofarmacologia da cognição e memória: uma teoria unificadora do desequilíbrio neuro modulador em psiquiatria e amnésia. 66(2), 0–431. DOI: 10.1016/j.mehy.2005.09.037.

CRAWLEY, E. F.; JOHAN M.; SÖREN Ö.; DORIS R. B.; KRISTINA E. **Rethinking Engineering Education**. The CDIO Approach 2nd Edition. Springer. ISBN 978-3-319-05560-2 ISBN 978-3-319-05561-9 (eBook). 2014. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. DOI:10.1007/978-3-319-05561-9.

DE MOURA, R. A.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, M. B. 2023. **Neurociência para leigos: o papel do hipocampo no aprendizado e na memorização consolidada.** ODS n. 04. October 2023. XII CICTED (conference: congresso internacional de ciência, tecnologia e desenvolvimento). Universidade de Taubaté. Unitau. Conference paper.

KITAMURA T, SAITOH Y, TAKASHIMA N, MURAYAMA A, NIIBORI Y, AGETA H, *et al.* **Adult neurogenesis modulates the hippocampus-dependent period of associative fear memory.** Cell 2009;139(4):814–27.

KOÇAK, M., GARCÍA-ZORITA, C., MARUGÁN-LÁZARO, S., ÇAKIR, M. P., & SANZ-CASADO, E. (2019). Mapping and clustering analysis on neuroscience literature in Turkey: a bibliometric analysis from 2000 to 2017. **Scientometrics**. DOI: 10.1007/s11192-019-03259-w.

KOVÁCS, K. A. (2020). Episodic Memories: How do the Hippocampus and the Entorhinal Ring Attractors Cooperate to Create Them? **Frontiers in Systems Neuroscience**, 14, 559168–. DOI:10.3389/fnsys.2020.559186.

LOMBARDO, M. M.; EICHINGER, R. W. **Competências Lominger**. For Your Improvement: A guide for development and coaching. For learners, managers, mentors and feedback givers. 4TM Edition. ISBN 978-1-933578-17-0. ISBN 978-1-933578-59-0. 2014.

MA, G.; SHI, W.; HOU, P. Exploring University Teacher Construction for Higher Education Sustainability in China: Perspective from Policy Instruments. **Sustainability**, 15, 362. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010362>.

MARQUIS, L. (2015). Priming. The International Encyclopedia of Political Communication. **Priming memory**. (), 1–10. DOI: 10.1002/9781118541555.wbiepc069.

MEIRA, T., LEROY, F., BUSS, E.W. *et al.* A hippocampal circuit linking dorsal CA2 to ventral CA1 critical for social memory dynamics. **Nat Common** 9, 4163 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06501-w>.

MOURA, R.; RICETTO, M.; LUCHE, D.; TOZI, L. AND SILVA, M. (2022). **New Professional Competencies and Skills Learning towards Industry 4.0**. In Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2:

CSEDU, ISBN 978-989-758-562-3, pp. 622-630. ISSN 2184-5026. DOI: <http://dx.doi.org/10.5220/0011047300003182>.

MOURA, R. A.; JESUS, N. M. R.; SOUZA, R. S. Antropometria e ergonomia como ferramentas de vanguarda produtivas nas indústrias do futuro. **Revista Sodebras [online]**. v. 14. n.157, p.109-112. ISSN. 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.157.109>.

NICOLELIS, MIGUEL. 2020. **O verdadeiro criador de tudo**. Neurociência. 1ª Ed. São Paulo. 954 p. Editora Critica. ISBN: 9786555351118.

NUNES, M. L.; COSTA, J. C.; SOUZA, D. G. **Organizadores**. E61 Entendendo o funcionamento do cérebro ao longo da vida. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2021. 211 p. ISBN 978-65-5623-143-3. CDD 23. ed. 612.8233.

PANTANO, T.; ZORZI, J. L. (2009). **Neurociência Aplicada à Aprendizagem**. Editora Pulso. ISBN: 9788589892636. 195 p.

PRATT, M.K. 2019. **Definição Habilidades comportamentais (soft skills)**. Disponível em. What is soft skills? - Definition from WhatIs.com (techtarget.com) Acesso em 08.mar.2021.

PREILOWSKI, B. (2009). Erinnerung an einen Amnestiker (und ein halbes jahrhundert Gedächtnisforschung). **Fortschritte der Neurologie psychiatrie**, 77(10), 568–576. DOI: 10.1055/s-0028-1109664.

REPEF. 2022. **Rede de Educadores e pesquisadores da Educação Freinet. III Encontro da rede de movimentos Freinet da América: diálogos entre Célestin Freinet e Paulo Freire / REPEF (org.)**. – Itapetininga: Edições Hipótese, 2022. 248p. ISBN: 978-65-87891-23-1. CDU – 370.

REQUIES, J.; AGIRRE, I.; BARRIO, V. L.; GRAELLS, M. Evolution of project-based learning in small groups in environmental engineering courses. **Journal of Technology and Science Education**. v. 8, n. 1, p. 45-62, 2018. DOI: 10.3926/jotse.318.

RESENDE, E. **Compreendendo o seu CHA: conheça o perfil de competências, habilidades e aptidões de seu cargo ou profissão**. v.1, 1-141, São Paulo: Summus, 2008.

ROBLES, Marcel M. Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. **Business Communication Quarterly**, v. 75, n. 4, p. 453-465, 2012.

SQUIRE, L. R.; WIXTED, J. T. 2011. The cognitive neuroscience of human memory since H.M. **Annual Review of Neuroscience**, 34:259–88, 2011.

STEFANA, E.; MARCIANO, F.; ROSSI, D.; COCCA, P.; TOMASONI, G. Wearable devices for ergonomics: a systematic literature review. **Sensors**. 21. 777. 2021. DOI: 10.3390/s21030777.

TIEPPO, C. 2019. **Uma viagem pelo cérebro: a via rápida para entender a neurociência**. 1ª Ed. Editora Conectomus. 237 p. ID: 3521915.

VANCONCELOS R.; MARIANO A. M.; SANTOS M. R.; SIMÃO MONTEIRO S. B.; ATIQUÉ M.; BAUMANN B. Fatores-chave de Evasão: Um estudo bibliométrico dos últimos 6 anos. **International Symposium on Project Approaches in Engineering Education**. v. 9, p.386 – 393. 2019. 11th International Symposium on Project Approaches in Engineering and 16th Active Learning in Engineering Education Workshop, PAEE/ALE 2019. Hammamet. 10 June 2019 through 12 June 2019. Code 153787.

VESIĆ, D.; LAKOVIĆ, D.; VESIĆ, S. L.J. Use of Information Technologies in Higher Education from The Aspect of Management, **International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education (IJCRSEE)**, 11(1), 143-151. 2023. DOI: 10.23947/2334-8496-2023-11-1-143-151.

VIKBLADH, O. M., MEAGER, M. R., KING, J., BLACKMON, K., DEVINSKY, O., SHOHAMY, D., *et al.* (2019). Hippocampal contributions to model-based planning and spatial memory. **Neuron** 102, 683.e4–693.e4. DOI: 10.1016/j.neuron.2019.02.014.

WALKER, M. P., AND ROBERTSON, E. M. (2016). Memory processing: ripples in the resting brain. **Curricula. Biol.** 26, R239–R241. DOI: 10.1016/j.cub.2016.02.028.

WEIBLE, ALDIS P. (2013). Lembrando de assistir: O córtex cingulado anterior e a memória remota. **Pesquisa Comportamental do Cérebro**, 245, 63–75. DOI:10.1016/j.bbr.2013.02.010.

WYER, NA, CALVINI, G., NASH, A., & MILES, N. (2010). Priming em contextos interpessoais: Implicações para afeto e comportamento. **Boletim de Personalidade e Psicologia Social**, 36(12), 1693–1705.

ZHANG, T. Design of English Learning Effectiveness Evaluation System Based on K-Means Clustering Algorithm. **Mob. Inf. Syst.** 5937742, 2021. [CrossRef].

VII. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-3	<p>LOGÍSTICA DE PERECÍVEIS: EMBALAGENS INTELIGENTES NO SEGMENTO DE FRUTAS</p> <p>PERISHABLE LOGISTICS: INTELLIGENT PACKAGING IN THE FRUITS SEGMENT</p> <p>Jaqueline Carolino; Uonis Raasch Pagel; Sérgio Medeiros Paulino de Carvalho</p>
-----	---

LOGÍSTICA DE PERECÍVEIS: EMBALAGENS INTELIGENTES NO SEGMENTO DE FRUTAS

PERISHABLE LOGISTICS: INTELLIGENT PACKAGING IN THE FRUITS SEGMENT

Jaqueline Carolino¹

Uonis Raasch Pagel²

Sérgio Medeiros Paulino de Carvalho³

Resumo – Propõe-se apresentar as embalagens inteligentes como soluções ao longo da cadeia logística de produtos alimentares perecíveis. No entanto, devido a amplitude e as especificidades dos produtos que podem utilizar as referidas embalagens, para viabilizar a realização deste estudo, a análise aqui desenvolvida ocupa-se apenas dos alimentos in natura, mais especificamente, frutas. Para tanto, realizou-se uma pesquisa aplicada, qualitativa e descritiva que no seu desenvolvimento foram utilizadas múltiplas fontes de informações, com ênfase ao uso de dados secundários, pesquisa bibliográfica e sites especializados. Como principal conclusão, tem-se que as embalagens inteligentes possuem melhor funcionalidade em termos de comunicação e, por isso, podem garantir aos consumidores a segurança do produto ao longo da cadeia de suprimentos com destaque para produtos perecíveis, no caso as frutas. No entanto, alguns obstáculos para o espraio desse tipo de dispositivos ainda devem ser transpostos, tais como o custo-benefício e o tipo de material utilizado.

Palavras-chave: Embalagem Inteligente. Logística de Perecíveis. Frutas.

Abstract - It is proposed to present intelligent packaging as a solution along the logistics chain of perishable food products. However, due to the breadth and specificities of the products that can use these packages, to make this study possible, the analysis developed here deals only with in natura foods, more specifically, fruits. For that, applied, qualitative, and descriptive research was carried out, and in its development, multiple sources of information were used, emphasizing the use of secondary data, bibliographic research and specialized websites. As a main conclusion, intelligent packaging has better functionality in terms of communication and, therefore, can guarantee product safety to consumers throughout the supply chain, with emphasis on perishable products, in this case, fruits. However, some obstacles to the spread of this type of device still need to be overcome, such as cost-effectiveness and the type of material used.

Keywords: Intelligent Packaging. Perishable Logistics. Fruits.

¹ Doutora em Propriedade Intelectual e Inovação (INPI); Docente da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Contato: jaqueline.carolino@ufes.br.

² Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (UFES); Doutorando em Propriedade Intelectual e Inovação (INPI). Contato: uonispagel@gmail.com.

³ Doutor em Política Científica e Tecnológica (UNICAMP); Especialista Sênior e Docente da Academia de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento (INPI). Contato: sergiom@inpi.gov.br.

I. INTRODUÇÃO

Entende-se por produtos perecíveis (ou alteráveis) aqueles descritos como bens que têm uma vida útil curta e/ou são propensos à deterioração após a colheita ou produção. E, a preservação desses produtos, incluindo suas características biológicas, físicas e químicas, requer uma complexa estrutura logística ao longo de toda a sua cadeia de distribuição. Nesta categoria incluem-se os alimentos.

Basicamente, as atividades logísticas são desdobradas em atividades-chave (ou atividades primárias) e atividade de suporte (ou atividades de apoio). As atividades-chave são constituídas por padrões de serviço ao cliente, transportes, administração de estoques, fluxo de informações e processamento de pedidos. Apesar dessas atividades serem os principais fatores que contribuem para a disponibilidade e a condição física de bens e serviços há uma série de atividades de suporte que são constituídas por armazenagem, manuseio de materiais, compras, embalagem, cooperação entre produção/operação e manutenção de informações (Ballou, 1993). A logística é uma parte especializada da cadeia de suprimentos (*supply chain*). A cadeia de suprimentos é uma estrutura que engloba processos que fazem parte do ciclo de vida do produto e seu gerenciamento torna-se crucial quando se trata de produtos perecíveis (Pedrosa, *et al.*, 2017). Afinal, a logística de perecíveis, ainda, em muitos casos, envolve a cadeia do frio que consiste na manutenção do produto sob temperatura controlada desde a produção até o consumidor final.

Neste ambiente, percebe-se que é crescente a preocupação não só em desenvolver técnicas para transportar, armazenar, acondicionar, como também em produzir novos tipos de embalagens que, em condições adequadas, permite a comercialização de produtos com o mínimo de perdas e danos possíveis, bem como favorece a questão da segurança alimentar.

Nota-se indiscutível a importância que as embalagens adquirem nestas circunstâncias. A função das embalagens evoluiu ao longo dos anos, atualmente, na busca pelo atendimento das exigências do consumidor, associadas às suas funções clássicas (proteção, conservação e transporte), a embalagem tem ainda as funções de *marketing* e segurança alimentar (para tanto, até mesmo interagindo com o produto embalado e/ou com o ambiente que o cerca) (Sarantopoulos; Dantas, 2012; Damasceno; Paiva, 2019). Neste contexto, encontra-se em desenvolvimento uma tecnologia denominada, “embalagem inteligente”. Segundo Carolino (2020), o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a esta tecnologia vem crescendo significativamente na última década, sobretudo, com soluções aplicadas à indústria de alimentos.

Devido a amplitude e as especificidades dos produtos que podem utilizar as referidas embalagens, para viabilizar a realização deste estudo, a análise aqui desenvolvida ocupa-se apenas dos alimentos *in natura*, mais especificamente, frutas.

A escolha por este segmento justifica-se pelo fato da fruticultura, no contexto da agricultura brasileira, apresentar-se enquanto um campo com amplo potencial de desenvolvimento agroindustrial⁴ e abertura de novos nichos de mercado tanto nacional como internacional.

⁴ Entende-se agroindústria como “ambiente físico equipado e preparado onde um conjunto de atividades relacionadas à transformação de matérias-primas agropecuárias provenientes da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura são realizadas de forma sistemática” (MAPA, 2021). Neste contexto, ressalta-se que o complexo agroindustrial das frutas pode ser agrupado, basicamente, nos seguintes subgrupos: frutas frescas (*in natura*), castanhas/amêndoas (inclui nozes e coco, por exemplo), doces de frutas, polpas, sucos, pectinas e frutas secas.

No Brasil, a fruticultura abrange cerca de 3 milhões de hectares que geram em torno de 6 milhões de empregos diretos. Em termos de produção, o país ocupa o terceiro lugar no *ranking* mundial de produtores de frutas, com um total de 45 milhões de toneladas produzidas, ficando posterior a China e a Índia. A produção brasileira é destinada basicamente ao mercado consumidor interno com participações menores no comércio mundial, representada por somente 2,5% (FAO, 2021; Vidal, 2021).

Entre os fatores que influenciam essas perdas ao longo das cadeias produtivas e ao fraco desempenho em exportação de frutas pode ser citados a ausência de estruturas para armazenamento, falta de logística, desconhecimento do produtor, transporte precário e não adequado ao tipo de produto e, dentre muitos outros, o uso de embalagens inapropriadas.

Em solo brasileiro há uma diversidade na produção de frutas. As mais comuns são laranja, banana, melancia, abacaxi, uva e maçã. No entanto, há produção de açaí, cupuaçu, graviola, manga, pêssego, mamão, melão, coco, cacau, ameixa, pera, figo, dentre outras. Essa diversidade é possível devido a extensão territorial do país, posição geográfica e condições de clima e solo.

No entanto, por se tratar de alimento perecível sua vida útil em atmosfera normal é limitada. Essa limitação está, principalmente, associada aos efeitos do oxigênio e o crescimento de microrganismos que promovem alteração de cor, odor e textura, o que conduz a perda da qualidade. Acredita-se que, do volume total produzido de frutas, o país desperdice cerca de 30% desde a colheita até o consumidor final (Soares; Freire Jr., 2018). Dessa forma, questiona-se: como as embalagens inteligentes podem contribuir para a manutenção e preservação da qualidade do produto ao longo da cadeia de suprimentos aplicada à fruticultura?

Diante da problemática descrita, este estudo objetiva apresentar as chamadas embalagens inteligentes como soluções ao longo da cadeia logística de produtos alimentares perecíveis (mais especificamente no segmento de frutas *in natura*).

II. METODOLOGIA

Realizou-se, quanto a sua natureza, uma pesquisa aplicada; quanto aos objetivos, uma pesquisa qualitativa e descritiva que no seu desenvolvimento foram utilizadas múltiplas fontes de informações, com ênfase ao uso de dados secundários, pesquisa bibliográfica e *sites* especializados.

A pesquisa bibliográfica teve como finalidade fundamental o estudo. O levantamento da literatura se concentrou em livros; artigos científicos e publicações periódicas das bases de dados Scopus e SciELO; e em teses e dissertações da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

A pesquisa em *sites* especializados de órgãos públicos ligados ao tema em questão, tais como Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), entre outros, teve fundamental importância para a caracterização do estudo. A coleta dos dados compreendeu o período de abril a dezembro de 2023.

O trabalho foi estruturado em duas partes além da introdução. A primeira parte discorre brevemente sobre as embalagens inteligentes e suas aplicações em alguns casos selecionados para a fruticultura. E, por fim, na segunda parte, elaboram-se as considerações finais.

III. RESULTADOS

3.1 – Embalagens Inteligentes: Aplicações na Fruticultura

As funções básicas da embalagem tradicionais em relação ao produto são de proteção, conservação e transporte. No entanto, atualmente, a embalagem agrega outras funções, que caracterizam as atuais necessidades da sociedade de consumo, destacando-se a atração no ponto de venda, o aumento do tempo de prateleira (*shelf life*) do produto e a facilidade de manuseio (Sarantopoulos; Dantas, 2012). Essas funções estão sendo enriquecidas pelo desenvolvimento das denominadas embalagens inteligentes.

De acordo com Carolino (2020), são consideradas embalagens inteligentes aquelas cujos dispositivos/acessórios inteligentes foram incorporados e/ou agregados ao material da embalagem ou à própria embalagem interna ou externamente de forma a monitorar e não interagir com o produto e/ou com o ambiente interno informando mudanças efetivas ocorridas no produto embalado.





Teixeira, Soares e Stringheta (2021) definem embalagens inteligentes como aquelas que possuem maior aprimoramento em relação à comunicação e ao consumidor, pois fornecem informações dinâmicas sobre a qualidade real do produto. Adicionalmente, Machado e Santos (2023) descrevem-nas como qualquer tipo de recipiente que seja capaz de exercer alguma funcionalidade específica, além da tradicional barreira física entre o alimento e o ambiente. Em linhas gerais, essa tecnologia têm o potencial de garantir qualidade e a segurança dos alimentos, aumentar a atratividade do produto pelos consumidores e fabricantes e reduzir os impactos ambientais (Ongaratto; Vital; Prado, 2022).

Enquadram-se nessa categoria de acessórios inteligentes: indicadores de tempo-temperatura, indicadores de amadurecimento e frescor, indicadores de oxigênio, indicadores de etileno, indicadores de microrganismos patogênicos e toxinas, indicadores de dióxido de carbono, sensores de violação, biossensores (detecção de patógenos) e acessórios com outras funcionalidades. E, esses acessórios seriam ainda, por exemplo, tecnologias à prova de adulteração, anti-falsificação e antirroubo (Day, 2008; Sarantopoulos; Dantas, 2012).

Diversos tipos de embalagens inteligentes têm sido desenvolvidos, mas, basicamente, de acordo com as tecnologias aplicadas, essas embalagens podem ser classificadas basicamente em três sistemas: indicadores, sensores e portadores de dados.

No Quadro 1 estão apresentados os sistemas de embalagens inteligentes, com suas respectivas aplicações e funcionalidades em exemplos selecionados de frutas.

Quadro 1 – Exemplos selecionados de embalagens inteligentes utilizadas em frutas *in natura*.

Sistemas	Aplicações	Funcionalidades
		<p>Indicadores autoadesivos de tempo-temperatura. Quando expostos ao calor mudam de cor indicando o processo de deterioração do produto embalado (Zebra, 2022).</p>
Indicadores		<p>Indicadores de temperatura Sua aplicação é simples, basta aderi-lo sobre uma superfície lisa e seca. Ao ser exposto a uma temperatura abaixo dos limites especificados durante o transporte ou armazenamento sua cor mudará de incolor para violeta de forma irreversível e quase imediata (cerca de 30 minutos) (Stream Peak, 2022).</p>
Sensores		<p>O sensor funciona reagindo com o gás etileno liberado pela fruta à medida que amadurece. Inicialmente o sensor se apresenta na cor vermelha e passa para laranja e finalmente amarelo (Ripense, 2022).</p>
Portadores de dados		<p>Sensor nanotecnológico com inteligência artificial denominado Yva (fruta, em tupi-guarani), similar a uma etiqueta QR Code. É um sistema de codificação de informações por meio de imagens, similar a uma etiqueta de identificação. possui a capacidade de rastrear e monitorar o grau de maturação das frutas que amadurecem depois da colheita (Embrapa, 2020).</p>

Fonte: Elaborado a partir de divulgação no Google imagens (2022).

Casualmente, em aplicações em embalagens para alimentos, o termo “indicador” é frequentemente substituído pelo termo “sensor”. Isso resulta da “sensação” dos indicadores ou ação de monitoramento, expressa através de uma mudança visual, embora os indicadores não possuam as mesmas características dos sensores (O’Grady; Kerry, 2008).

Os indicadores são substâncias que indicam a presença, ausência, concentração ou reação de outra substância por meio de uma alteração característica, principalmente de cor. Os indicadores, ao contrário dos sensores, não são compostos de componentes receptores e transdutores; os indicadores têm a função de fornecer informações por meio de alterações visuais, basicamente por mudança de cor (O’Grady; Kerry, 2008; Ghaani *et al.*, 2016). Dentre as categorias mais usuais de indicadores tem-se os indicadores tempo-temperatura, os indicadores de frescura e os indicadores de gás.

Os sensores são dispositivos capazes de detectar produtos químicos, patógenos e toxinas em alimentos. Estes podem ser classificados como químicos ou biológicos. Interagem com a atmosfera interna e detectam a presença de gases, umidade e outros marcadores de qualidade (Ghaani *et al.*, 2016). Têm a função de informar a qualidade e a segurança do produto tanto aos consumidores quanto aos produtores.

Já os portadores de dados são dispositivos fixados às embalagens que, por meio do armazenamento e distribuição de dados, permitem e/ou favorecem a comunicação por toda a cadeia de abastecimento, incluindo o rastreamento (Yam; Takhistov; Miltz, 2005). Como principais exemplos tem-se os códigos de barras, o *Quick Response* (códigos QR), etiquetas de identificação de rádio frequência (RFID - *radio frequency identification*).

Para cada produto e situação terá um sistema com uma função específica a ser utilizado. Neste sentido, em contraste com embalagens tradicionais (passivas), as embalagens inteligentes possuem a capacidade de monitorar e informar a qualidade e segurança dos alimentos durante todo o trajeto da cadeia de suprimentos até o consumidor.

São inúmeras as possibilidades de utilização dos sistemas inteligentes em embalagens para alimentos e especificamente para as frutas. Além de auxiliarem na redução do desperdício, na gestão da armazenagem, também melhoram a experiência do consumidor.

No entanto, algumas barreiras ainda devem ser transpostas para estes dispositivos, o principal é o custo de desenvolvimento e produção. Também preocupação com os materiais utilizados, principalmente nos indicadores e sensores, pois a maioria dos que são usados atualmente são produzidos em materiais sintéticos, não renováveis e não biodegradáveis. Como há uma necessidade imperativa de melhorar a sustentabilidade das embalagens de alimentos, a escolha dos sensores também deve refletir o futuro desses dispositivos.

Vale lembrar que o processo de desenvolvimento de embalagens inteligentes requer habilidades e competências multidisciplinares (por exemplo, ciência dos alimentos, materiais, eletrônica e *design*), o que torna o processo de desenvolvimento complexo.

IV. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou apresentar as embalagens inteligentes como soluções ao longo da cadeia logística de produtos alimentares perecíveis (mais especificamente na cadeia de suprimentos do segmento de frutas *in natura*).

Ao contrário das embalagens passivas, as embalagens inteligentes podem contribuir para melhorar o gerenciamento da cadeia de suprimentos, pois além de

possuírem melhor funcionalidade em termos de comunicação ainda podem reduzir a quantidade de alimentos desperdiçados, melhorar a segurança alimentar e garantir a qualidade desses produtos aos consumidores.

Especificamente sobre o caso aqui tratado, as frutas *in natura*, as embalagens inteligentes são sistemas que podem ser aplicados para mitigar as condições de deterioração e prolongar a vida útil desses produtos que são altamente perecíveis. Neste contexto, durante a pesquisa foram identificados basicamente três sistemas: indicadores, sensores e portadores de dados.

Embora ainda em seus estágios iniciais, as inúmeras oportunidades para as aplicações da tecnologia de embalagem inteligente na prevenção da deterioração de frutas são um motivador para pesquisas e desenvolvimento.

No entanto, apesar das inegáveis vantagens, alguns entraves são impostos para uma produção em escala industrial desse tipo de embalagens. Problemas, principalmente, como custo-benefício e tipo de material utilizado são destacados.

V. REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). **O que é agroindústria?** Brasília, DF: Mapa, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroindustria/o-que-e-agroindustria>. Acesso em: 9 jan. 2024.

CAROLINO, J. **Tendências Tecnológicas em Embalagens Ativas e Inteligentes para Alimentos**: uma análise através dos depósitos de patentes nos segmentos de café, carne bovina e frutas. 2020. 168. f. Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) – Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, 2020.

DAMASCENO, I. A. M.; PAIVA, M. J. M. Uso de Embalagens Ativas para Conservação e Aumento da Vida de Prateleira de Produtos Alimentícios: uma breve revisão. **Revista Sodebras [online]**, v. 14, n. 18, p. 34-39, fev. 2019. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2019.158>.

DAY, B. P. F. Active Packaging of Food. In.: KERRY, J.; BUTLER, P. (Eds.). **Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods**. New York: John Wiley & Sons Ltd., 2008. p. 1-18. Disponível em: <http://imtk.ui.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/Smart-Packaging-Technologies-for-Fast-Moving-Consumer-Goods.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Nanossensor de baixo custo rastreia frutas e monitora a sua qualidade**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/50305807/nanossensor-de-baixo-custo-rastreia-frutas-e-monitora-a-sua-qualidade>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GHAANI, M.; COZZOLINO, C. A.; CASTELLI, G.; FARRIS, S. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 1-11, 2016.

MACHADO, R. A.; SANTOS, E. M. P. Inovações Tecnológicas em Embalagens de Produtos de Origem Animal: Embalagens Inteligentes e Ativas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 370-377, 2023.

O'GRADY, M. N.; KERRY, J. P. Smart packaging technologies and their application in conventional meat packaging systems. In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Meat biotechnology**. New York: Springer, 2008. p. 425-451.

ONGARATTO, G. C.; VITAL, A. C. P.; PRADO, I. N. Embalagens Ativas e Inteligentes para Proteção da Carne e seus Derivados: Revisão. **Pubvet**, v. 16, n. 4, p. 1-11, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Divisão de estatística**. Roma, 2021. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 22 fev. 2023.

PEDROSA, A. J. L.; ROCHA, G. F.; SILVA, R. N. P; SOUSA, M. A. L. A Cadeia de Abastecimento da Carne Bovina e sua Importância para o Município de Eirunepé. **Revista Sodebras [online]**, v. 12, n. 138, p. 12-16, jun. 2017. ISSN 1809-3957.

RIPENSE. **How ripe do you like it?**. [S.l.], 2022. Disponível em: http://www.ripesense.co.nz/ripesense_why.html. Acesso em: 13 abr. 2022.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; DANTAS, T. B. H. Qualidade e novas Tecnologias. In: SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; REGO, R. A. (Orgs.). **Brasil Pack Trends 2020**. 1. ed. Campinas: ITAL, 2012. p. 69-85. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/documentos.php>. Acesso em: 19 mar. 2023.

SOARES, A. G.; FREIRE JÚNIOR, M. Perdas de frutas e hortaliças relacionadas às etapas de colheita, transporte e armazenamento. In: ZARO, M. (Org.). **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Caxias do Sul: Educs, 2018. Disponível em: <https://www.uces.br/site/midia/arquivos/e-book-desperdicio-de-alimentos-velhos-habitos.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

STREAM PEAK. **ColdMark**: Single-Use Descending Temperature Label which Monitors Temperature. Singapura, 2022. Disponível em: <https://streampeak.com.sg/products/packaging-indicators/temperature-indicators-labels/coldmark/>. Acesso em: 05 mar. 2023.

TEIXEIRA, S. C.; SOARES, N. F. F.; STRINGHETA, P. C. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2021.

VIDAL, M. F. Produção Comercial de Frutas na Área de Atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, a. 6, n. 168, jun. 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/822/1/2021_CDS_168.pdf. Acesso em: 27 fev. 2023.

YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. **Journal of food science**, Chicago, v. 70, n. 1, p. R1-R10, 2005.

ZEBRA. **Indicadores de Temperatura de Alimentos**. Lincolnshire, 2022. Disponível em: <https://www.zebra.com/br/pt/products/temperature-monitoring-sensing/food-temperature-indicators.html>. Acesso em: 25 mar. 2023.

VI. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Exatas e Engenharias

3-1	<p>PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO AUTOCICATRIZANTE COM ADIÇÃO DE BACILLUS SUBTILIS E ADITIVO CRISTALIZANTE</p> <p>MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-HEALING CONCRETE CONTAINING BACILLUS SUBTILIS AND CRYSTALLINE ADMIXTURES Tamiko Goto Rodrigues; Margareth da Silva Magalhaes; Kíssila Botelho Goliath</p>
3-4	<p>BARREIRAS A APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA</p> <p>BARRIERS TO THE APPLICATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN THE INDUSTRIAL SECTOR: A LITERATURE REVIEW Mauricio Bueno da Silva; Talita Mariane Cristino; Antonio Faria Neto; Francisco Antonio Lotufo</p>
3-4	<p>FAULT DETECTOR SYSTEM APPLIED TO FUEL STORAGE STATIONS Michael Jamesson Almeida Nunes; Lucilene Ferreira Mouzinho; Ronaldo da Silva Ferreira; Lucius Vinicius R. Machado Filho</p>
3-6	<p>RELATO DE AULA PRÁTICA: PRODUÇÃO EXPERIMENTAL DE BODIESEL USUFRUINDO DE ÓLEO DE SOJA E ROTA METÍLICA</p> <p>PRACTICAL LESSON REPORT: EXPERIMENTAL BODIESEL PRODUCTION USING SOYBEAN OIL AND METHYLIC ROUTE Caetano Dartiere Zulian Fermino; Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Matheus Medeiros Ribeiro; Laura Prenhaca Balsi; Gabriel de Almeida Bispo Damasceno; Emmanuel Zullo Godinho</p>

PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO AUTOCICATRIZANTE COM ADIÇÃO DE BACILLUS SUBTILIS E ADITIVO CRISTALIZANTE

MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-HEALING CONCRETE CONTAINING BACILLUS SUBTILIS AND CRYSTALLINE ADMIXTURES

Tamiko Goto Rodrigues¹
Margareth da Silva Magalhaes²
Kíssila Botelho Goliath³

Resumo – A sustentabilidade no setor da Construção Civil não envolve apenas a redução da geração de resíduos, mas também ações que promovam o uso consciente dos recursos naturais. A formação de fissuras no concreto representa a incapacidade do material em resistir aos esforços de tração, o que compromete a durabilidade da estrutura. A utilização de materiais que promovam a autocicatrização do concreto pode ser uma forma eficaz e econômica de reverter tais danos, além de reduzir a necessidade de intervenções externas. Adições químicas e biológicas têm sido utilizadas para promover a autocicatrização do concreto. No entanto, estes produtos podem alterar as propriedades frescas e de endurecimento do concreto. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a influência do uso de adições química e biológica nas propriedades do concreto. Foram utilizadas três concentrações de bactérias do tipo, bacillus subtilis e um teor de cristalizante no concreto fresco. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados em diferentes idades. Os resultados mostraram que as adições tiveram pouca influência na resistência à compressão do concreto. Porém, este efeito dependeu da concentração de bactérias utilizadas, e à medida que o teor aumentou, a resistência diminuiu.

Palavras-chave: Autocicatrização. Bacillus Subtilis. Adição Cristalizante. Concreto.

Abstract - Sustainability in the Civil Construction industry is not only about reducing the waste generation, but it also involves actions that promote the conscious use of natural resources. Cracking formation in concrete represents the material's inability to resist tensile stress, which compromises the structural durability. The use of materials that promote the self-healing of concrete can be an effective and economical way to reverse such problem, in addition to reducing

¹ Discente de mestrado em Estruturas no PGECIV/UERJ; Bacharel em Engenharia Civil (UNESA) e Especialista em Instalações Prediais (UNYLEYA). Contato: tamikorodrigues@yahoo.com.br.

² Doutora em Estruturas e Materiais (COPPE/UFRJ); Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Contato: margareth.magalhaes@eng.uerj.br.

³ Doutora em Estruturas (PUC/RIO); Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Contato: kissilagoliath@gmail.com.

the need for external interventions. Chemical and biological additions have been used to promote self-healing on concrete. However, these products can change the concrete properties. Thus, the main objective of this work is to evaluate the influence of two healing agent on the physical and mechanical properties of concrete. In this study were used one chemical admixture and the other biological. Three concentration of Bacillus Subtilis and one content of crystallizing admixture were used in the fresh concrete. Compressive strength tests were carried out at different ages. The results showed that the admixture had less influence on the compressive strength of concrete. However, this effect depends on the bacterial content, what else, as Bacillus Subtilis content increase, the strength decrease.

Keywords: *Self-healing. Bacillus Subtilis. Crystallizing Admixture. Concrete.*

I. INTRODUÇÃO

As manifestações patológicas em elementos de concreto, que surgem ao longo do tempo, podem comprometer a durabilidade e a vida útil das construções (Oliveira e Nunes, 2017). Segundo Castro *et al.* (2017), a mais comum e mais generalizada, é a oxidação seguida da corrosão das armaduras, que tem como consequência, a redução da seção das barras da armadura, causando a fissuração do concreto, e a perda de aderência entre o concreto e a armadura. Ao longo dos anos, diversas metodologias foram desenvolvidas para reparos e reforços de estruturas danificadas por essa e outras causas.

A autocicatrização é um conceito emergente de fornecimento de materiais de alta qualidade combinada com a capacidade de curar danos. Há décadas, esses materiais têm recebido enorme atenção por parte de pesquisadores e da indústria da construção, principalmente com foco em tipos de agentes de cura e métodos para avaliar a eficiência da autocicatrização (Li e Herbert, 2012, Wu *et al.*, 2012, Van Tittelboom e De Belie, 2012).

De acordo com Huang *et al.* (2016), a autocicatrização de fissuras no concreto pode ser agrupada em quatro categorias, de acordo com os mecanismos: autocicatrização autógena, autocicatrização com base em agentes adesivos, autocicatrização com base em adições minerais, e autocicatrização com base em bactérias.

Os principais mecanismos de autocicatrização autógena são a hidratação adicional do cimento não hidratado, a recristalização da portlandita lixiviada da pasta, e a formação de calcita (Reddy *et al.*, 2020). A autocicatrização baseada em agentes adesivos é atribuída ao endurecimento dos agentes adesivos nas bordas das fissuras. A autocicatrização à base de adições minerais é atribuída a reações das adições, que são adicionadas à mistura do concreto durante sua produção. Após a fissuração do concreto, a água penetra nas fissuras e essas adições minerais passam a reagir com a água, formando produtos de reação, que preenchem as fissuras. As principais adições minerais para autocicatrização são as adições expansivas e as cristalizantes (Sisomphon *et al.*, 2012).

Finalmente, a autocicatrização de fissuras por ação de bactérias é realizada pela precipitação de carbonato de cálcio, que pode ser causada por várias vias metabólicas (Huang *et al.*, 2016). O mecanismo principal é baseado na decomposição de ureia e cálcio, para produzir carbonato de cálcio (Jonkers *et al.*, 2010). Os pesquisadores propuseram uma variedade de bactérias para precipitação de carbonato de cálcio e cura de fissuras no concreto, como *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Sphaericus*, *Bacillus Pasteurii* ou *Bacillus Megaterium* (Jogi e Lakshmi, 2021).

Em geral, dois métodos são utilizados pelos pesquisadores para adicionar bactérias ao concreto: o método direto e o método em cápsulas. No método direto, as bactérias são despejadas na água, que será adicionada à mistura de concreto durante a fase de mistura. Jogi e Lakshmi (2021), Tang e Xu (2021) e Pourfallahi *et al.* (2020)

realizaram estudos que demonstraram que, embora um maior número destas bactérias morre no processo da mistura, muitas delas sobrevivem e participam do processo de autocura. Diferentes pesquisadores verificaram que, no segundo método, o encapsulamento protege as bactérias contra tensões, fazendo com que uma porcentagem muito elevada delas sobreviva às fases de mistura e hidratação, e seja envolvida no processo de autocura (Jogi e Lakshmi, 2021, Lv *et al.*, 2020, Van Tittelboom *et al.*, 2011, Mostavi *et al.* 2015, Wang *et al.* 2014). No entanto, esta forma de autocura é complexa, pois é necessário encapsular todos os ingredientes (esporos bacterianos, nutrientes e precursores) dentro do concreto, durante a fase de mistura, e mantê-los em estado inerte até o momento em que apareça uma fissura, onde a cura será necessária. Embora seja um tratamento necessário e eficaz, o uso de adições minerais e biológicas pode afetar as propriedades do concreto endurecido. Assim, o objetivo desta pesquisa é investigar a influência de dois agentes cicatrizantes nas propriedades físicas e mecânicas do concreto.

Neste estudo foram utilizadas uma adição cristalizante e bactérias do tipo *Bacillus subtilis*, as quais foram adicionadas ao concreto imobilizadas em cápsula de hidrogel. Como fonte de alimento para as bactérias, foi utilizado o lactato de cálcio. Este estudo também investigou o efeito do uso de três concentrações de *Bacillus subtilis* (10^6 células/ml, 10^7 células/ml e 10^8 células/ml). Ensaios de resistência à compressão foram realizados nos concretos aos 7, 28, 35, 88, 133 e 175 dias de idade.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Materiais e misturas

Os materiais utilizados na fabricação dos concretos foram cimento Portland CP IIF, da classe de resistência de 32 MPa, conforme a NBR 16697 (2018), areia com diâmetro máximo de 4,75 mm e massa específica de $2,59 \text{ g/cm}^3$, brita com tamanho máximo de 19 mm. e massa específica de $2,69 \text{ g/cm}^3$, e água. Um agente cicatrizante comercial, em pó, chamado de Penetron, foi utilizado no concreto com cristalizante (CA), e uma bactéria chamada *Bacillus subtilis* foi utilizada na fabricação de três concretos, denotados como biológicos (CB1, CB2 e CB3). O produto biológico é comercializado com o nome de Serenade, pela Bayer, e possui uma concentração de 13,68 g de bactérias por litro de produto. Como fonte de alimento para as bactérias foi utilizado o lactato de cálcio, e o hidrogel foi utilizado para encapsulação das bactérias.

Cinco misturas foram produzidas. Uma mistura não continha cristalizante ou bactéria (rotulada como referência, CC). Outra mistura foi produzida com adição cristalizante (CA) e outras três misturas foram produzidas com três teores de bactérias (CB1, CB2 e CB3). O cristalizante foi utilizado na proporção de 1% em relação à massa de cimento. Os concretos biológicos foram fabricados a partir de uma solução formada pela bactéria *Bacillus subtilis* e pelo lactato de cálcio encapsuladas no hidrogel. Foram utilizados três teores de bactéria nas soluções, 10^6 células/ml (CB1), 10^7 células/ml (CB2) e 10^8 células/ml (CB3). As proporções dos materiais foram mantidas constantes em todas as misturas, e foi igual a 1:1,68:2,23 (cimento:areia:brita) com relação água/cimento de 0,59. Os detalhes da mistura estão listados na Tabela 1.

Para a confecção dos corpos de prova, primeiramente foi misturado o agregado graúdo com aproximadamente 90% de água, em seguida foi adicionado o cimento e misturado por 1 minuto na betoneira. Em seguida, a areia e o restante da água foram adicionados a esta mistura, e misturados até a mistura ficar homogênea. Quando foi utilizado aditivo cristalizante (mistura CA), este foi adicionado misturado com o cimento Portland.

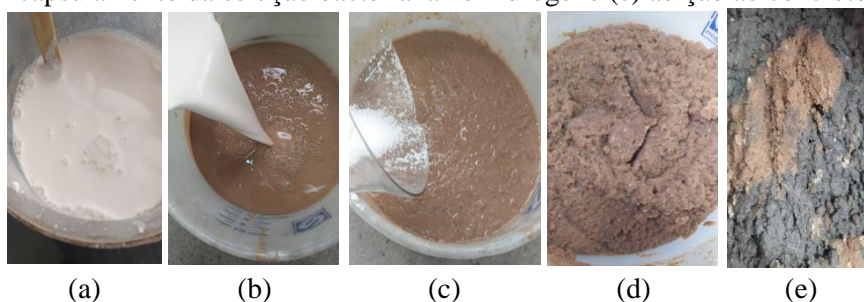
Tabela 1 - Quantidade de ingredientes nos concretos.

Materiais	CC	CB1	CB2	CB3	CA
Cimento (kg/m ³)	421,31	421,31	421,31	421,31	421,31
Areia (kg/m ³)	708,41	708,41	708,41	708,41	708,41
Brita (kg/m ³)	940,92	940,92	940,92	940,92	940,92
Água (kg/m ³)	247,20	247,20	247,20	247,20	247,20
Bactérias (l/m ³) ¹	-	0,52	5,21	52,10	-
Lactato de cálcio (kg/m ³)	-	0,07	0,70	7,00	-
Hidrogel (kg/m ³)	-	0,1	1,00	10,00	-
Adição cristalizante (kg/m ³)	-	-	-	-	4,21

¹ Litros de bactérias por m³ de concreto.

Para a fabricação dos concretos biológicos, primeiro foram preparadas soluções bacterianas com lactato de cálcio e *bacillus subtilis*. Neste estudo, as bactérias foram imobilizadas em cápsula de hidrogel, pois está demonstrado que a imobilização das bactérias, antes da mistura no concreto, pode prolongar a vida útil das bactérias (Wang *et al.*, 2014). A Figura 1 mostra a sequência de preparação do concreto biológico. O lactato de cálcio foi inicialmente diluído em uma pequena fração de água (Figura 1a), que seria utilizada na fabricação do concreto. Em seguida, o lactato diluído foi adicionado ao *bacillus subtilis* (Figura 1b). Posteriormente, as cápsulas de hidrogel foram colocadas na solução bacteriana (Figura 1c), antes de serem adicionadas à mistura de concreto (Figura 1d). A razão lactato de cálcio/bactéria e a razão solução bacteriana/hidrogel foram mantidas constantes em todos os concretos biológicos. Finalmente, a mistura foi adicionada ao concreto fresco (Figura 1e) e, cuidadosamente misturada. A mistura continuou por mais um minuto para garantir que as bactérias estivessem uniformemente dispersas na mistura.

Figura 1 – a) Diluição do lactato de cálcio em água, b) mistura da solução com as bactérias, (c) e (d) encapsulamento da solução bacteriana no hidrogel e (e) adição ao concreto fresco.



Fonte: o autor.

Antes da moldagem dos corpos de prova, foram medidos os valores de abatimento do tronco de cone, conforme a NBR16889 (2020), o qual variou entre 200-220 mm. Após 24 horas da moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram retirados dos moldes e curados em tanque com água, até a idade de ensaio, a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Observou-se que o concreto com maior concentração de bactérias (CB3) apresentou atraso no endurecimento, necessitando de mais um dia para ser desmoldado. Conforme relatado por Luo e Qian (2016), o lactato de cálcio pode atrasar o tempo de pega do cimento.

2.2 – Ensaio experimentais

A resistência à compressão e o módulo de elasticidade dos concretos foram determinados para três corpos de prova cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de

altura, e a densidade e porosidade foram determinadas para três corpos de prova cilíndricos com 100 mm de diâmetro e 50 mm de altura. A resistência à compressão foi determinada conforme a NBR 5739 (2018), aos 7, 28, 35, 88, 133 e 175 dias de idade. O módulo de elasticidade foi determinado conforme a NBR 8522-1 (2009), aos 35 dias de idade, e a massa específica e porosidade, com base na NBR 9778 (2009), aos 88 dias de idade.

III. RESULTADOS

Os valores médios de massa específica, porosidade, resistência à compressão (fc) e módulo de elasticidade (E), dos corpos de prova, de referência (CC), com cristalizante (CA) e com bactérias (CB1, CB2 e CB3), são apresentados na Tabela 2, juntamente com os seus respectivos desvios-padrão.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios.

	CC	CA	CB1	CB2	CB3
Massa específica (g/ cm ³)	2,17±0,03	2,22±0,03	2,10±0,08	2,16±0,06	2,09±0,08
Porosidade (%)	18,13±0,92	17,83±0,79	19,81±1,19	17,05±1,41	18,28±1,45
fc aos 7 dias (MPa)	19,75 ± 0,88	19,36 ±0,59	18,24 ±0,86	15,02 ±0,15	15,24 ±0,86
fc aos 28 dias (MPa)	25,52 ±0,97	23,09 ±0,54	24,13 ±1,79	19,14 ±0,60	20,51 ±0,19
fc aos 35 dias (MPa)	26,87 ±2,98	25,55 ±1,12	24,30 ±1,25	19,50 ±0,55	21,06 ±1,11
fc aos 88 dias (MPa)	30,19 ±2,42	26,59 ±0,74	27,21 ±1,34	19,90 ±1,63	22,67 ±0,15
fc aos 133 dias (MPa)	29,89 ±2,19	27,28 ±0,48	27,13 ±1,58	20,18 ±0,66	22,93 ±0,38
fc aos 175 dias (MPa)	29,41 ±1,11	28,72 ±0,72	28,10 ± 0,84	21,28 ±0,41	21,44 ± 0,79
E (GPa)	30,61 ±2,73	25,68 ±1,61	24,04 ±1,61	18,34 ±2,72	20,22 ±0,90

Fonte: o autor.

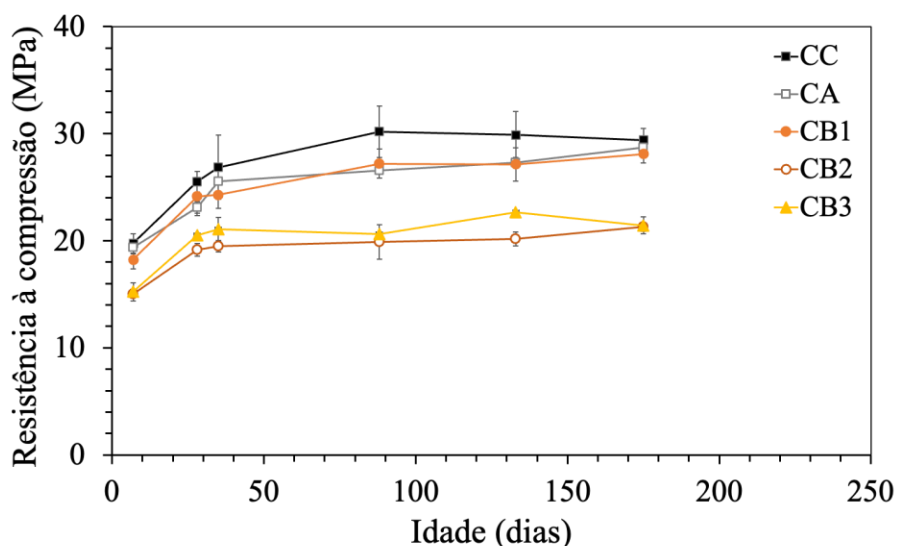
Poucas alterações foram observadas nos valores de porosidade dos concretos de referência (CC), cristalizante (CA) e com bactéria (CB1). A massa específica do concreto cristalizante também não foi significativamente alterada, assim como as massas específicas dos concretos com bactérias.

A evolução da resistência à compressão, representada graficamente na Figura 2, mostra que o ganho de resistência ao longo do tempo, depende do tipo de agente cicatrizante usado nas misturas (bactéria ou adição cristalizante) e da proporção de bactérias, utilizado nos concretos biológicos. A resistência à compressão do concreto de referência (CC), aos 7 dias, foi de aproximadamente 77% de sua resistência à compressão aos 28 dias, semelhante aos concretos com bactérias, cujas resistências do CB1, CB2 e CB3, aos 7 dias, ficaram entre 74% e 78% das respectivas resistências aos 28 dias. Porém, quando adicionado 1% de aditivo cristalizante na mistura do concreto, a resistência alcançada aos 7 dias de idade foi superior à do concreto de referência, sendo igual a 84% de sua resistência aos 28 dias. Este resultado pode ser atribuído ao efeito *filler*, causado pelas partículas mais finas do aditivo cristalizante.

De acordo com a Figura 2, é possível observar que a adição do cristalizante não influenciou significativamente a resistência à compressão do concreto, aos 7, 28, 35 e 175 dias, no entanto, aos 88 e 133 dias, a resistência à compressão do concreto CA foi reduzida em até 12%, quando comparada com a resistência à compressão do concreto CC. Comportamento semelhante foi observado para o concreto CB1. De acordo com o trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2021), a adição do cristalizante (na proporção entre 0,8% e 1,2%) não aumenta a resistência à compressão do concreto aos 28 dias.

Em relação à concentração de bactérias, é possível observar que, com o aumento da concentração de 10^6 células/ml (CB1) para 10^7 células/ml (CB2) e 10^8 células/ml (CB3), os valores de resistência à compressão do concreto em todas as idades foram reduzidos. As reduções do CB2 foram 17%, aos 7 dias, 21%, aos 28 dias, 20%, aos 35 dias, 27%, aos 88 dias, 26%, aos 135 dias, e 24% aos 175 dias. Já para o CB3 foram 17%, aos 7 dias, 15%, aos 28 dias, 13%, aos 35 dias, 24%, aos 88 dias, 16%, aos 135 dias e 24% aos 175 dias. Tang e Xu (2021) relataram que o benefício secundário do uso de hidrogel para o encapsulamento de bactérias é o fornecimento contínuo de água para a atividade bacteriana. Porém, Araújo (2020) relatou que a microcápsula de hidrogel pode aumentar os vazios na matriz cimentícia, gerando assim uma redução nas propriedades mecânicas. Neste trabalho, a porosidade (ver Tabela 2) de CB1 e CB2 não foi aumentada. Este efeito pode ser devido à adição de produtos que não aumentam a resistência à compressão do concreto.

Figura 2– Evolução da resistência à compressão em função da idade do concreto.



Fonte: o autor.

Os resultados na Tabela 2 indicam também que os concretos com aditivo cristalizante e biológicos apresentaram menor rigidez em relação ao concreto de referência (CC), demonstrado pelos menores valores do módulo de elasticidade. Os módulos de elasticidade do CA, CB1, CB2 e CB3 foram reduzidos em 16%, 21%, 40% e 34%, respectivamente, quando comparados ao concreto CC. Os autores acreditam que o uso do hidrogel para encapsulamento pode ter afetado o módulo de elasticidade.

IV. CONCLUSÃO

A adição de aditivo cristalizante e de bactérias na mistura do concreto para promover a autocicatrização de fissuras no concreto pouco alterou a evolução da resistência à compressão do concreto com o tempo, sendo menos significativa no concreto com cristalizante. Contudo, as resistências à compressão dos concretos com adições foram reduzidas, na maioria das idades, quando comparadas com o concreto de referência, sem as adições.

A resistência à compressão dos concretos com adição cristalizante e de bactérias (com concentração de 10^6 células/ml) foram mais próximos da resistência do concreto de

referência. Por outro lado, as concentrações de bactérias mais elevadas (10^7 células/ml e 10^8 células/ml), afetaram negativamente a resistência à compressão do concreto.

Em relação ao módulo de elasticidade, a tendência foi semelhante à relatada para os ensaios de resistência à compressão.

Neste trabalho não foram observadas reduções significativas de massa específica e aumento na porosidade dos concretos com adições.

V. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. A. S. **Avaliação de propriedades físicas e mecânicas em concretos produzidos com materiais da cidade de Manaus com o uso de redutores de permeabilidade por cristalização**. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**, Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522-1. **Concreto endurecido - Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação. Parte 1: Módulos estáticos à compressão**, Rio de Janeiro. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**, Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16889. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**, Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697. **Cimento Portland**, 2018.

CASTRO, A. A., BOLDRIM M. H., OLIVEIRA M. A. M., OLIVEIRA M.L., NUNES M. A. C., SACRAMENTO W. P. Revisão bibliográfica das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado por corrosão das armaduras. **Revista Sodebras [online]**. v. 12, n. 136, Abr./2017, p. 182-187. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N136.pdf>>. Acesso em 04 nov.2023.

HUANG, H., Ye G., QUIAN C., SCHLANGEN E. Self-healing in cementitious materials: Materials, methods and service conditions. **Materials & Design**, v. 92, p. 499-511, 2016.

JOGI, P. K.; LAKSHMI, T.V.S V. Self healing concrete based on different bacteria: a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 43, p. 1246-1252, 2021.

JONKERS, H.M., THIJSSSEN A., MUYZER G., COPUROGLU O., SCHLANGEN E. Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete, **Ecol. Eng.** 36 (2010) 230–235,

LI, V. C.; HERBERT, E. Robust self-healing concrete for sustainable infrastructure. **Journal of Advanced Concrete Technology**, v. 10, n. 6, p. 207-218, 2012.

LUO, M., QIAN, C. Influences of bacteria-based self-healing agents on cementitious materials hydration kinetics and compressive strength. **Construction and Building Materials**, v. 121, p. 659-663, 2016.

LV, LEYANG *et al.* Light induced self-healing in concrete using novel cementitious capsules containing UV curable adhesive. **Cement and Concrete Composites**, v. 105, p. 103445, 2020.

MOSTAVI, E., ASADI S., HASSAN M.M., ALANSARI M. Evaluation of self-healing mechanisms in concrete with double-walled sodium silicate microcapsules. **Journal of materials in civil engineering**, v. 27, n. 12, p. 04015035, 2015.

OLIVEIRA, A.S., GOMES O.F.M, FERRARA L., FAIRBAIRN E.M.R., TOLEDO FILHO R.D. An overview of a twofold effect of crystalline admixtures in cement-based materials: From permeability-reducers to self-healing stimulators. **Journal of Building Engineering**, v. 41, 102400. 2021.

OLIVEIRA, M.; NUNES, M. Relação entre a qualificação da mão de obra e a qualidade do concreto. **Revista Sodebras [on line]**. v. 12, n. 143, Nov./207, p. 179-185. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N136.pdf>>. Acesso em 04 nov. 2023

POURFALLAHI, M.; NOHEGOO-SHAHVARI, A.; SALIMIZADEH, M. Effect of direct addition of two different bacteria in concrete as self-healing agent. *In: Structures*. Elsevier. p. 2646-2660, 2020.

REDDY, P.V Y., RAMESH B., KUMAR L. P. Influence of bacteria in self healing of concrete-a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 33, p. 4212-4218, 2020.

SISOMPHON, K.; COPUROGLU, O.; KOENDERS, E. A. B. Self-healing of surface cracks in mortars with expansive additive and crystalline additive. **Cement and Concrete Composites**, v. 34, n. 4, p. 566-574, 2012.

TANG, Y., XU J. Application of microbial precipitation in self-healing concrete: A review on the protection strategies for bacteria. **Construction and Building Materials**, v. 306, p. 124950, 2021.

VAN TITTELBOOM K., DE BELIE N., VAN LOO D., JACOBS, P. Self-healing efficiency of cementitious materials containing tubular capsules filled with healing agent. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 4, p. 497-505, 2011.

VAN TITTELBOOM, K., DE BELIE N. Self-healing in cementitious materials - A review. **Materials**, v. 6, n. 6, p. 2182-2217, 2013.

WANG J.Y., SNOECK D., VAN VLIERBERGHE S., VERSTRAETE W, DE BELIE N. Application of hydrogel encapsulated carbonate precipitating bacteria for approaching a realistic self-healing in concrete. **Construction and building materials**, v. 68, p. 110-119, 2014.

WU, M, JOHANNESSON B., GEIKER M. A review: Self-healing in cementitious materials and engineered cementitious composite as a self-healing material. **Construction and Building Materials**, v. 28, n. 1, p. 571-583, 2012.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, FAPERJ, pelo apoio financeiro ao projeto.

VII. COPYRIGHT

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

BARREIRAS A APLICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

BARRIERS TO THE APPLICATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES IN THE INDUSTRIAL SECTOR: A LITERATURE REVIEW

Mauricio Bueno da Silva¹
Talita Mariane Cristino²
Antonio Faria Neto³
Francisco Antonio Lotufo⁴

Resumo – O alto consumo de energia do setor industrial tem exigido a adoção de tecnologias energeticamente eficientes (TEEs). Apesar dos benefícios atrelados às TEEs e do escopo disponível para a adoção de tais medidas nas indústrias, tem sido difícil convencer as partes interessadas a implementá-las em sua extensão plena devido à prevalência de fatores críticos e limitantes conhecidos como barreiras. Na literatura é possível identificar centenas de barreiras. Observa-se, contudo, múltiplas redações para uma mesma barreira. Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar quantas e quais são as barreiras efetivamente apontadas na literatura. Como resultado, um total de 27 barreiras foram identificadas em 96 artigos recuperados da base de dados Scopus. Esses resultados podem ajudar na formulação de medidas de superação dessas barreiras.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Setor Industrial. Barreiras.

Abstract - The high energy consumption of the industrial sector has required the adoption of energy-efficient technologies (EETs). Despite the benefits attached to EETs and the scope available for industry to adopt such measures, it has been difficult to convince stakeholders to implement them to their full extent due to the prevalence of critical and limiting factors known as barriers. Hundreds of barriers have been identified in the literature. However, there are multiple wordings for the same barrier. Therefore, the aim of this research is to identify how many and which barriers are actually mentioned in the literature. As a result, a total of 27 barriers were identified in 96 articles retrieved from the Scopus database. These results can help formulate measures to overcome these barriers.

Keywords: Energy Efficiency. Industrial Sector. Barriers.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharias, Universidade de São Paulo (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciência de Guaratinguetá, Brasil. Contato: mb.silva@unesp.br.

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciência de Guaratinguetá, Brasil. Contato: talita.cristino@unesp.br.

³ Pesquisador em Eficiência Energética, Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharias, Universidade de São Paulo (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciência de Guaratinguetá, Brasil. Contato: antonio.faria-neto@unesp.br.

⁴ Docente no Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciência de Guaratinguetá, Brasil. Contato: francisco.lotufo@unesp.br.

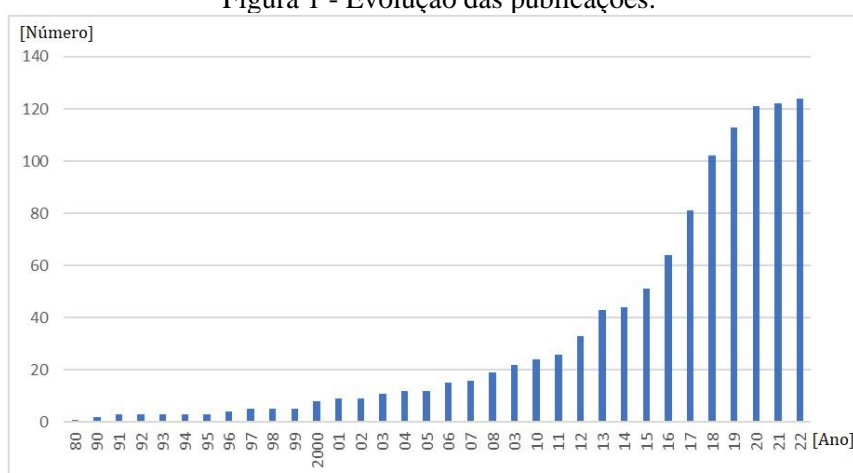
I. INTRODUÇÃO

A energia é considerada o principal motor das economias industriais, razão pela qual o seu consumo vem aumentando significativamente ao longo dos anos, trazendo consigo uma série de efeitos indesejáveis, tais como: o aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), que impactam fortemente nas mudanças climáticas; o esgotamento dos recursos naturais e o aumento dos preços da energia (Cristino *et al.*, 2022) (Smith; Wilson; Hassall, 2022). O setor industrial tem desempenhado um papel importante no consumo de energia, uma vez que representa aproximadamente metade (47% - 56%) do consumo total de energia mundial, e contribui com cerca de 25% do total de emissões de GEE (Johansson *et al.*, 2019). Portanto, é fundamental reduzir o consumo energético deste setor, e o melhor caminho para isso, é a adoção de Tecnologias Energeticamente Eficientes (TEEs) (Jalo *et al.*, 2021).

De acordo com Smith, Wilson, Hassall (2021), há potencial para o aumento na eficiência energética (10 a 40%) de empresas industriais. E estima-se que a adoção de TEEs pelo setor industrial pode ainda contribuir para a redução das emissões de CO₂ a uma taxa de 4% ao ano, com perspectiva de manter os níveis de aquecimento global abaixo de 2°C até 2030 (Palm; Backman, 2020). A adoção de TEEs agrega outros benefícios para a indústria e sociedade, tais como o aumento da competitividade, preservação de recursos não renováveis, aumento da segurança do fornecimento de energia, e a transição para um sistema energético sustentável e neutro em emissões de carbono (Solnørdal; Thyholdt, 2019).

Apesar de todos esses benefícios, a adoção das TEEs tem sido muito restrita devido à prevalência de fatores críticos e limitantes chamados barreiras (Cristino *et al.*, 2017) (Haraldsson; Johansson, 2019) (Lobato *et al.*, 2021). A existência de tais barreiras leva a uma diferença entre o nível real de desempenho energético e aquele que, teoricamente, poderia ser alcançado com a adoção das TEEs. Esta discrepância é chamada de “lacuna na eficiência energética” (Hirst; Brown, 1990) (Cristino *et al.*, 2022). A literatura aponta que para preencher tal lacuna é imperativo superar essas barreiras. No entanto, antes de superá-las é essencial identificar quais são elas. Isso tem impulsionado o desenvolvimento de diversas pesquisas com esse objetivo, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Evolução das publicações.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como esses estudos foram realizados em diversos países e contextos diferentes, centenas de barreiras foram identificadas. Assim, observa-se que existem múltiplas redações para uma mesma barreira, suscitando assim as seguintes questões: Quantas e

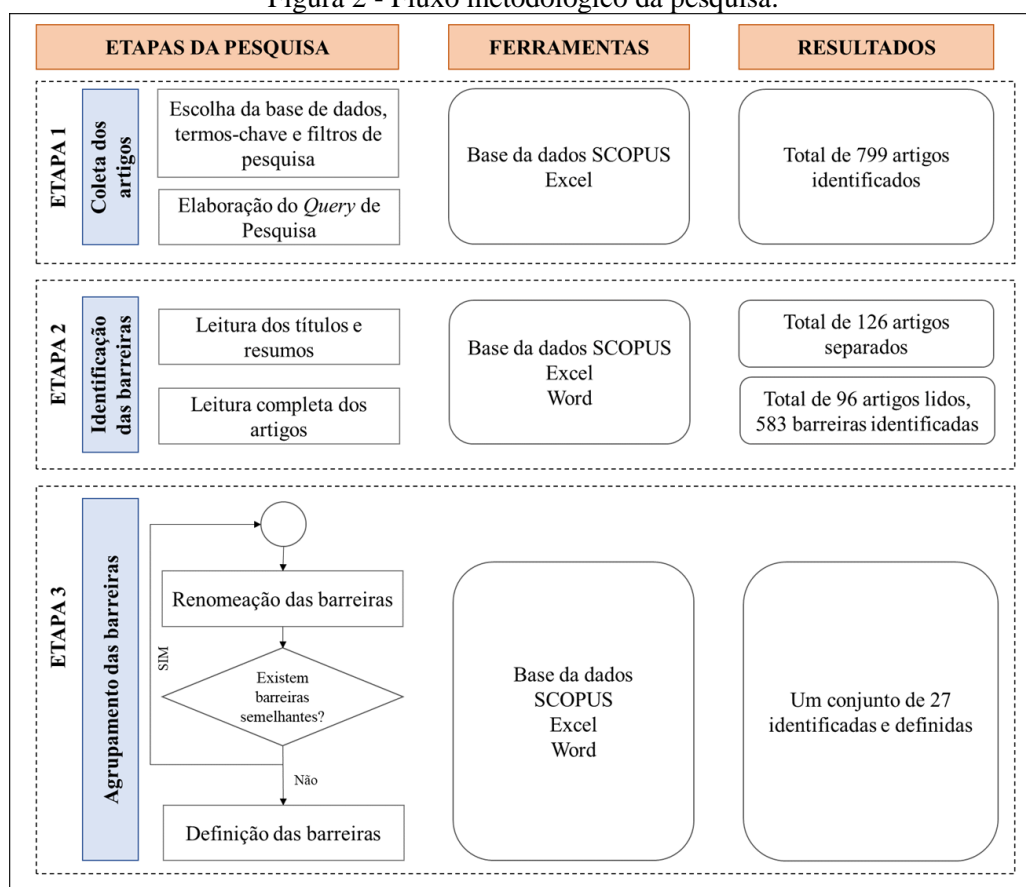
quais são as barreiras efetivamente apresentadas na literatura? Quais são as mais importantes? É importante responder tais questões, para que assim medidas de superação que promovam a adoção das TEEs sejam propostas. Portanto, o objetivo geral da pesquisa é responder tais questões. Para isso, uma revisão da literatura foi desenvolvida em 96 artigos, recuperados na base de dados Scopus.

Este manuscrito está organizado em 4 seções. A seção 1 introduz o assunto da pesquisa. A seção 2 apresenta uma discussão detalhada da abordagem metodológica empregada na pesquisa. A seção 3 apresenta as barreiras identificadas. As conclusões são resumidas na Seção 4.

II. METODOLOGIA

A revisão de literatura foi desenvolvida em três etapas conforme detalhado no fluxograma ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo metodológico da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesta etapa foi construída uma *query*, ou seja, uma solicitação de informações a um banco de dados, capaz de reunir uma amostra significativa de artigos relacionados as barreiras à adoção TEEs no setor industrial, e a plataforma Scopus foi a base de dados escolhida para a coleta dos artigos, uma vez que é “o maior banco de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares” (Elsevier, 2019).

Primeiramente, os artigos Cattaneo (2019), Zuberi e Patel (2019), Cagno, Neri e Trianni (2018) foram examinados a fim de identificar termos que pudessem ser usados para construir uma busca inicial na base de dados Scopus. Esta busca inicial foi realizada nos títulos, resumos e palavras-chaves. O período coberto se estendeu de 1980 a 2022, e somente artigos técnicos e revisões de periódicos foram considerados. Foram

identificados mais de 10.140 artigos nos quais foram possíveis identificar 150 palavras-chave. As palavras-chave foram inspecionadas, e 67 delas estavam estritamente relacionadas aos termos-chave da pesquisa e empregadas para formular a *query* final. A busca filtrou um total de 799 artigos na base de dados Scopus.

A próxima etapa foi filtrar os artigos que citaram uma determinada barreira. Inicialmente, o título e o resumo dos 799 artigos foram lidos para identificar aqueles que objetivaram tratar das barreiras à adoção das TEEs. Essa triagem resultou em 126 artigos. Posteriormente, esses artigos foram lidos em detalhe a fim de separar aqueles que realmente abordam as barreiras a adoção das TEEs daqueles que não apresentaram nenhuma barreira, resultando em 96 artigos. Um total de 583 barreiras foram identificadas nesses 96 artigos. Como havia muitas barreiras repetidas foi importante organizar esses resultados para obter um conjunto final de barreiras, sem repetições. Assim, a primeira redução foi feita para unificar as barreiras cujos nomes têm redação semelhante. Por exemplo, as barreiras “Falta de Incentivos Políticos” e “Incentivos Políticos Inadequados” são a mesma barreira. Com isso, ao final desta etapa, o número de barreiras reduziu de 583 para 228. As 228 barreiras foram submetidas a um processo cíclico de análise de suas definições, e dentro de que contexto foram retiradas, e das citações para identificar as barreiras iguais. As 228 barreiras foram reduzidas a um conjunto final de 27 barreiras independentes.

III. RESULTADOS

A partir da revisão da literatura foi possível identificar 27 barreiras que impedem a adoção das TEEs no setor industrial, conforme apresentado na Quadro 1.

Quadro 1 – Barreiras identificadas na literatura e suas definições.

Barreira	Definição
Bar_01 - Incerteza sobre o preço futuro da energia	As distorções nos preços da energia causadas pelas incertezas políticas e econômicas podem diminuir artificialmente o preço da energia, tornando os investimentos em eficiência energética menos atrativos.
Bar_02 - Risco de afetar o processo produtivo ou a qualidade do produto	A implantação de novas tecnologias impõe riscos ligados à diminuição da capacidade e do volume de produção, impactando na qualidade do produto.
Bar_03 - Desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia	O desconhecimento dos padrões internos de consumo de energia dificulta diagnósticos energéticos.
Bar_04 - Baixa difusão das TEEs	As TEEs estão restritas a um nicho, por isso são mais caras e pouco difundidas no meio industrial.
Bar_05 – Informações limitadas	Os fabricantes e seus distribuidores fornecem informações limitadas sobre os custos e benefícios decorrentes da adoção das TEEs.
Bar_06 - Falta de regulamentação adequada de padrões de eficiência energética	A falta de padrões ou classificações (por exemplo, por meio de etiquetagem) para apresentar o desempenho energético de equipamentos.
Bar_07 - As características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações	As características técnicas das tecnologias a serem implantadas podem ser muito particulares a determinadas instalações.
Bar_08 - Preço elevado das TEEs	Os altos preços das TEEs quando comparadas as convencionais.
Bar_09 - Falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria	A indústria não se interessa por eficiência energética, devido ao pequeno peso que o consumo de energia tem no custo final do produto, ou porque a empresa já se considera energeticamente eficiente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 1 – Continuação

Barreira	Definição
Bar_10 - Falta de interesse por parte dos fornecedores nas TEEs	As tecnologias convencionais podem ser mais lucrativas, para os fabricantes quando comparadas as TEEs.
Bar_11 - Baixa disponibilidade de capital interno	Falta de orçamento destinado aos investimentos em eficiência energética.
Bar_12 - Custos dos diagnósticos energéticos	Custos relacionados a auditorias de energia, além de despesas para realizar estudos de viabilidade do investimento.
Bar_13 - Dificuldades em obter financiamento	Os fornecedores de capital podem ter dificuldades para avaliar as solicitações de investimentos em TEEs.
Bar_14 - Critérios imperfeitos para a avaliação do retorno de investimento	Existem critérios inadequados, utilizados pelos tomadores de decisão, para a avaliação dos investimentos em TEEs.
Bar_15 - Risco em aumentar o preço do produto	As TEEs podem exigir treinamento de pessoal e desenvolvimento de novos procedimentos de manutenção e operação da fábrica, que podem impactar o preço final do produto.
Bar_16 - Inércia comportamental	Muitos indivíduos se sentem confortáveis em ambientes estáticos, negando-se a aceitar e experimentar outras alternativas tecnológica.
Bar_17 - Cadeia de decisões gerenciais complexa	Os diversos níveis de gerência podem interferir na tomada de decisão em favor da adoção de TEEs.
Bar_18 - Outras prioridades para investimentos	A baixa importância dada a gestão de energia e a escassez de recursos financeiros leva a empresa a priorizar outros investimentos.
Bar_19 - Falta de competência técnica em eficiência energética	A indústria não possui em seu quadro técnico especialista em eficiência energética.
Bar_20 - Racionalidade limitada	Os profissionais tendem a tomar decisões satisfatórias, em vez de buscar decisões ótimas, por conta de restrições de tempo, atenção, recursos, dentre outros.
Bar_21 - Incentivos contraditórios (<i>Split Incentives</i>)	A adoção de TEEs pode envolver a participação de vários departamentos, alguns de forma efetiva, outros apenas superficialmente. Ainda assim todos podem receber o mesmo reconhecimento e isso incomoda alguns gestores.
Bar_22 - Falta de credibilidade e confiança nas informações sobre as TEEs	A falta de informações confiáveis leva a indústria a não acreditar nos benefícios advindos da adoção de TEEs.
Bar_23 - Falta de políticas governamentais	A falta de intervenção governamental para criar incentivos e subsídios fiscais.
Bar_24 - Resistência em substituir equipamentos em bom estado	Máquinas antigas, mas produtivas e que ainda possuem valor contábil, criam resistência à sua substituição por outras mais eficientes.
Bar_25 - Divulgação inadequada das TEEs	As informações divulgadas pelos fornecedores sobre as TEEs não são claras e objetivas, impactando negativamente na tomada de decisão.
Bar_26 - Longo tempo de retorno dos investimentos em TEEs	O tempo de retorno longo sobre o investimento realizado não torna as TEEs atraentes.
Bar_27 - Falta de poder e influência dos gestores ligados ao uso da energia	O pessoal encarregado do gerenciamento de energia não tem poder e influência na tomada de decisão para implantar TEEs.

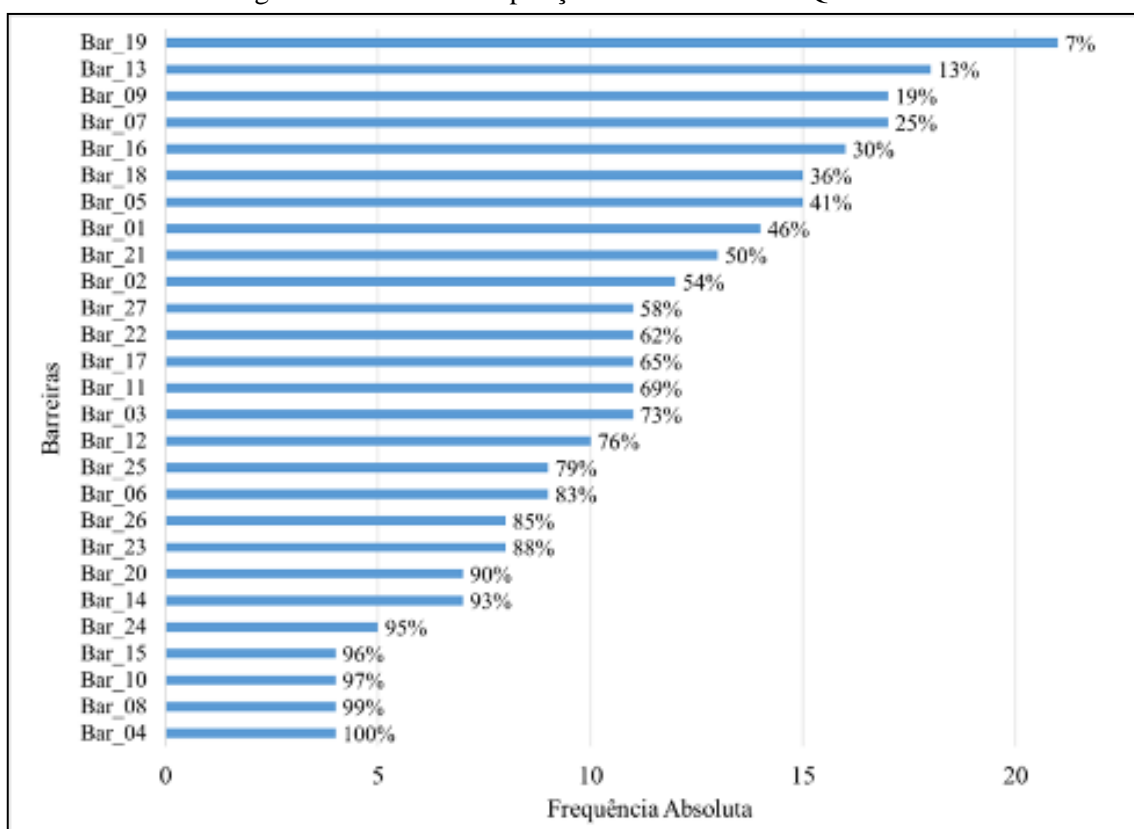
Fonte: Elaborado pelos autores.

Essas barreiras não foram igualmente exploradas na literatura, algumas receberam mais atenção do que outras, sugerindo que a comunidade científica atribui a elas diferentes níveis de importância.

Como a distribuição de frequência é uma ferramenta amplamente utilizada para fazer uma análise descritiva de dados, este estudo lançou mão desta técnica para apontar as barreiras mais analisadas dentro dos 96 artigos dos quais elas foram retiradas. Se a frequência com que uma barreira é discutida na literatura puder ser correlacionada à sua importância, então a análise de frequência classifica as barreiras por ordem de importância dentro do contexto temporal em que o estudo foi conduzido.

A Figura 3 apresenta as distribuições de frequência absoluta (barras) e relativa (porcentagem) das barreiras apresentadas no Quadro 1.

Figura 3 – Número de aparições das barreiras na Quadro 1.



Observa-se que a frequência relativa de aparição de cada uma das barreiras varia de 1% a 7% do número total de aparições. Essa distribuição mostra que um terço dessas barreiras (Bar_19, Bar_13, Bar_09, Bar_07, Bar_16, Bar_18, Bar_05, Bar_01, Bar_21) são responsáveis por 50% do total de aparições na literatura. Sugerindo que elas foram as mais estudadas e que talvez sejam consideradas as mais importantes.

Já considerando as frequências absolutas, é possível perceber que a barreira com o maior número de aparições é a Bar_19 (“falta de competência em eficiência energética”), uma vez que foi citada em 21 dentre os 96 artigos revisados. Seu destaque se dá, pois, muitas indústrias se ressentem de não ter em seus quadros profissionais com competência técnica em eficiência energética. A falta desse tipo de profissional dificulta a identificação de oportunidades de se aumentar a eficiência dos processos produtivos.

A segunda barreira mais estudada foi a Bar_13 (“dificuldade em obter financiamento”). Essa barreira foi citada 18 vezes na literatura. E vale ressaltar que sua existência se dá, pois, os fornecedores de capital tendem a não confiar em novas tecnologias por conta dos altos riscos, por isso preferem investir em soluções clássicas, mesmo não sendo energeticamente eficientes.

O terceiro lugar é ocupado pelas barreiras Bar_07 (“as características técnicas das TEEs não são adequadas a determinadas instalações”) e Bar_09 (“falta de interesse por eficiência energética por parte da indústria”). Ambas foram citadas em 17 artigos.

A barreira Bar_16 (“inércia comportamental”) foi citada por um total de 16 artigos, ocupando assim a quarta posição entre as mais estudadas.

Já a quinta posição é ocupada pelas barreiras Bar_05 (“os fornecedores de TEEs não divulgam de forma eficiente os benefícios decorrentes da adoção dessas tecnologias”) e Bar_18 (“outras prioridades para investimentos”). Ambas foram citadas 15 vezes na literatura.

A sexta barreira mais comentada é a Bar_01 (“incerteza sobre o preço futuro da energia”), seguida pela barreira Bar_21 (“incentivos contraditórios – *split incentives*”). Ambas com 14 e 13 aparições, respectivamente.

Vale ressaltar que as barreiras Bar_04 (“Baixa difusão das TEEs”), Bar_08 (“Preço elevado das TEEs”), Bar_10 (“Falta de interesse por parte dos fornecedores nas TEEs”), Bar_15 (“Risco em aumentar o preço do produto”) foram as menos estudadas na literatura, com apenas quatro aparições na literatura cada uma delas.

IV. CONCLUSÃO

Este artigo identificou 27 barreiras que impedem a adoção de TEEs no setor industrial, por meio de uma revisão de literatura em 96 artigos recuperados na base de dados Scopus. Foi possível analisar o nível de importância atribuído a elas pela comunidade científica, com base em seu número de aparições. Assim, foi possível identificar que as barreiras “falta de competência em eficiência energética” e “dificuldade em obter financiamento” são consideradas as mais estudadas na literatura. Como limitação da pesquisa, viu-se a necessidade de se estudar as medidas que podem ser propostas para a superação dessas barreiras. Assim, sugere-se essa lacuna seja preenchida em um estudo posterior. Um novo estudo pode ser desenvolvido para avaliar o grau de importância das barreiras identificadas para diferentes contextos geográficos, de acordo com a percepção de especialistas da área. Vale ressaltar a importância de um estudo nesse sentido seja considerado para o cenário brasileiro, uma vez que seu setor industrial é o principal consumidor de energia no país, e além disso, não se encontrou na literatura nenhum estudo sobre as barreiras à adoção de TEEs no setor industrial brasileiro.

V. REFERÊNCIAS

CAGNO, E.; NERI, A.; TRIANNI, A. Broadening to sustainability the perspective of industrial decision-makers on the energy efficiency measures adoption: Some empirical evidence. **Energy Efficiency**, v. 11, p. 1193-1210, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9621-0>.

CATTANEO, C. Internal and external barriers to energy efficiency: which role for policy interventions? **Energy Efficiency**, v. 12, p. 1293-1311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-019-09775-1>.

CRISTINO, T. M. *et al.* Eficiência energética em edifícios: Análise bibliométrica e identificação dos métodos estatísticos aplicados. **Sodebras [on line]**, v. 12, n. 144, p. 155-159, dez./2017. Disponível em: www.sodebras.com.br/edicoes/N144.pdf. Acesso em 05 jun. 2023.

CRISTINO, T.M. *et al.* The evolution of knowledge and trends within the building energy efficiency field of knowledge. **Energies**, v. 15, n. 3, 691, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15030691>.

CRISTINO, T. M. *et al.* Barreiras à adoção de painéis fotovoltaicos integrados as edificações: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Sodebras [on line]**, v. 17, p. 113-127, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.193.113>.

ELSEVIER. **Scopus - An eye on global research: 5,000 publishers. Over 71M records and 23,700 titles.** Available in: <https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0017/114533/SC_FS_overview_WEB.pdf 2019>. Accessed in: 15 May 2022.

HARALDSSON, J.; JOHANSSON, M. T. Barriers to and Drivers for Improved Energy Efficiency in the Swedish Aluminium Industry and Aluminium Casting Foundries. **Sustainability**, v. 11, n.7, 2043, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11072043>.

HIRST, E; BROWN, M. Closing the efficiency gap: barriers to the efficient use of energy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 3, p. 267-281, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(90\)90023-W](https://doi.org/10.1016/0921-3449(90)90023-W).

JALO, N. *et al.* Do energy efficiency networks help reduce barriers to energy efficiency? -A case study of a regional Swedish policy program for industrial SMEs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 151, 111579, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111579>.

JOHANSSON, I. *et al.* Designing Policies and Programmes for Improved Energy Efficiency in Industrial SMEs. **Energies**, v. 12, n.7, 1338, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/en12071338>.

LOBATO, C.G. *et al.* Lean System: Analysis of scientific literature and identification of barriers for implementation from a bibliometric study. **Gestao e Produção**, 28(1), e4769, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9649.2020v28e4769>.

PALM, J.; BACKMAN, F. Energy efficiency in SMEs: Overcoming the communication barrier. **Energy Efficiency**, v. 13, p. 809-821, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09839-7>.

SMITH, K.M.; WILSON, S.; HASSALL, M.E. Could focusing on barriers to industrial energy efficiency create a new barrier to energy efficiency? **Journal of Cleaner Production**, v. 310, 127387, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127387>.

SMITH, K.M.; WILSON, S.; HASSALL, M.E. Barriers and drivers for industrial energy management: The frontline perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 335, 130320, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130320>.

SOLNØRDAL, M. T.; THYHOLDT, S. B. Absorptive capacity and energy efficiency in manufacturing firms – An empirical analysis in Norway. **Energy Policy**, v. 132, p. 978-990, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.069>.

ZUBERI, M. J. S.; PATEL, M. K. Cost-effectiveness analysis of energy efficiency measures in the Swiss chemical and pharmaceutical industry. **International Journal energy Research**, v. 43, p. 313-336, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/er.4267>.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES - Código Financeiro 001), e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - processo 2021 / 01423-9) pelo apoio a esta pesquisa.

VII. COPYRIGHT

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

FAULT DETECTOR SYSTEM APPLIED TO FUEL STORAGE STATIONS

Michael Jamesson Almeida Nunes¹

Lucilene Ferreira Mouzinho²

Ronaldo da Silva Ferreira³

Lucius Vinicius R. Machado Filho⁴

Abstract – *In this work, a fault detection system applied to fuel storage stations will be presented, the objective of which was to identify the types of fuel through identification bands. The fuels used were ethanol, diesel oil and regular gasoline and additives. The bands were obtained by associating the frequency attenuation levels of a light beam (hertz), when passing through a transparent container containing a type of fuel and the resistance levels (ohms) and captured by an LDR sensor. 03 frequency variation bands and one with resistance and frequency variation associated with fuels were identified. The ranges and their variations were S-50 gasoline (90 to 140 Hz), a reduction of 64.28%; gasoline with additives (60 to 112 Hz) reduction of 53.57%; diesel (93 to 172 Hz) reduced by 54.07% and ethanol with variation in resistance (40 to 39 Ω) and frequency (71 to 164 Hz), with a reduction of 54.07%. These results allowed the system to identify fuels within the expected margins, allowing it to avoid accidents and detect supply failures. In future work, it is hoped that the system will be able to identify other types of fuels and contamination as well as failures in the supply process and can be produced on a commercial scale.*

Keywords: *Fault Detection System. Frequency and Resistance Attenuation Levels. Fuel Supply Process Failures.*

I. INTRODUCTION

In view of the great sociocultural and technological transformations that have occurred since the mid-twentieth century, the search for new sources of energy and its consumption have become increasingly greater across the planet (Alves, 2022). One of the main characteristics of modern societies is the high rate of energy consumption and the associated types of energy sources and are two of the main indices related to human social, economic, technological, and cultural development (Radmehr, Henneberry, 2018).

¹Engenheiro Eletricista pelo Instituto Federal do Maranhão – IFMA. Campus Monte Castelo, São Luís – MA, Brasil. Contato: michaeljamesson20@gmail.com.

²Doutora em Processamento da Informação pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, Brasil; Professora Titular do Departamento de Eletroeletrônica – DEE do Instituto Federal do Maranhão, Campus Monte Castelo-IFMA. Contato: mouzinho@ifma.edu.br.

³Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica pela Universidade de Aveiro-UA, Portugal. Contato: ronaldoferreira@ua.pt.

⁴Engenheiro de Informática e Mestrando em Desenvolvimento de Jogos Digitais pela Universidade de Aveiro-UA, Portugal. Contato: luciusviniciusf@ua.pt.

Shayanmehr, 2021). Among the energy sources currently known, fossil fuels occupy a prominent position and are used in the most diverse sectors of human activity (Deora *et al.*, 2022). These types of fuels are mainly used in thermal power plants in the form of oil, for the generation of electricity and in the heating of homes in the form of natural gas (Karakurt & Aydin, 2023). Among the numerous sectors of the industry that use petroleum derivatives as fuels, the automobile sector stands out, whose main petroleum derivative, used as fuel in vehicles, is gasoline (Domagała & Kadłubek, 2023), followed by diesel fuel (Muñoz *et al.*, 2023), and ethanol (Wang *et al.*, 2022). In recent decades, major investments have been made in modernizing and increasing the efficiency of this sector, reflected in the manufacture of increasingly economical vehicles (Sinigaglia *et al.*, 2022), and less pollutants (Roy & Pandey, 2022) and in parallel to this, on the part of the petrochemical industry, the production of better-quality fuels for the automotive sector (Burkardt *et al.*, 2023). This process begins in the refineries that goes through its transport and ends in its storage, in the gas stations before reaching its destination, the consumer. Therefore, during the fueling and storage process, there should be the lowest possible risk of failures that result in leaks, contamination and accidents that cause economic losses and put human life at risk, since the fueling process is usually carried out by the driver who transports the fuel to the filling stations. To ensure safety and prevent accidents, it is necessary to follow the safety regulations for gas stations. There are several rules to be followed, which involve the most diverse aspects of gas stations, such as the use of Personal Protective Equipment (PPE) by employees, compliance with court decisions, (NR 7, 2023), (NR 20, 2018), (NR 10, 2023), (NBR 14639, 2014), (NBR IEC 60079-10-0, 2019), in addition to the Norms and decrees that make the issuance of reports and documents mandatory. More information on safety and prevention at gas stations can be found at ANP (2023). Some solutions have been found and adopted to mitigate these problems. An example of this is the use of fuel supply and drain valves, monitored online (Gabdrafikov *et al.*, 2022); Electric lock systems that can only be opened with the consent of the fuel owner, which prevents theft and leakage (Joshitha *et al.*, 2020); Replacement of single-layer underground fuel storage tanks with double-layer tanks, to prevent leakage and contamination of groundwater and financial losses (Wu, Zhang & Zhang, 2017); Detection of leaks in fuel container tanks, at gas stations through the Flame Ionization Detector method (Korlapati *et al.*, 2022); Use of intelligent systems for monitoring and prevention of accidents due to gas and fuel leaks, using fault trees (Trofimenko *et al.*, 2023); detection of adulteration of hydrous ethanol used in Otto cycle vehicles through Machine Learning (Marchezan, 2021). Although these techniques are modern and efficient, they are not necessarily low-cost, which makes them economically unfeasible in certain cases. Based on this, the system presented in this work will be a low-cost and therefore economically viable alternative, whose objective was to identify the types of fuels by means of identification strips, thus allowing to avoid failures during the fuel supply process, generated mainly by human errors, reducing economic and environmental losses and risks to human integrity through accidents.

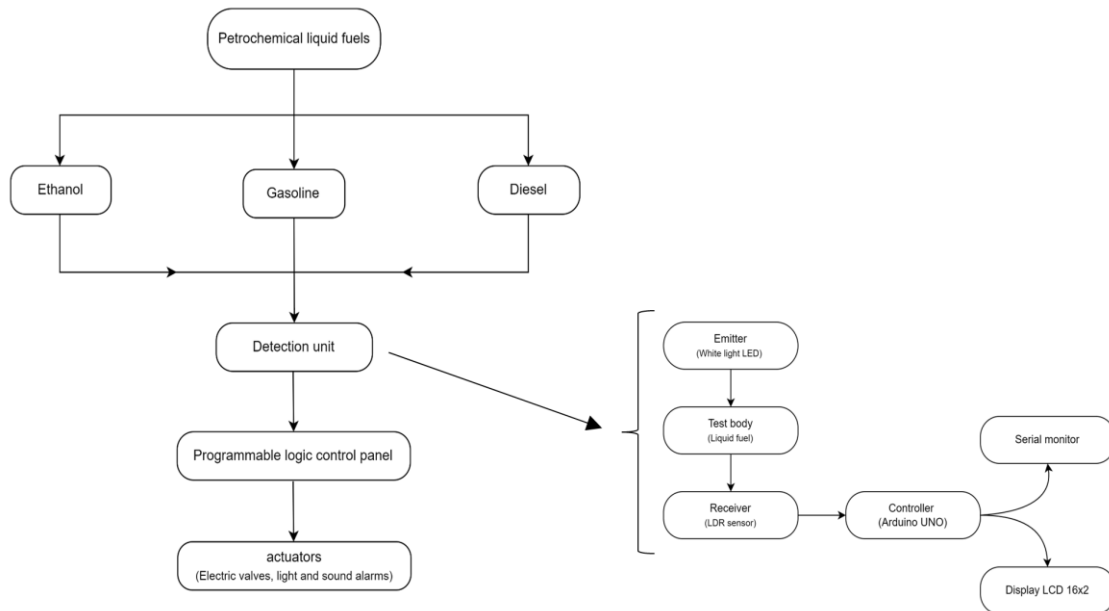
II. METHODOLOGY

The methodology adopted is divided into three parts. The first is characterized by representing the functioning of the system and its sub-processes, by means of a block diagram. Each block represents a sub-process and its occurrence. The second consists in the elaboration of a computer program to control the system. The third part is characterized by describing the development and testing of the system.

2.1 – Representation of the system by means of a block diagram

The first block, called *the petrochemical liquid fuel* block, was the place responsible for storing the fuels. This location is divided into three parts and represented by block diagrams, Figure 01. The following types of fuels were stored in this place: ethanol, gasoline (additives and S-50) and diesel (common). The second block, called *the detection unit*, was the place where the fuel identifications took place. In it is a transparent cylindrical container arranged vertically where a fuel sample from the first block was poured. A beam of light was horizontally shining on this container, which passed through it, having its intensity attenuated due to the fuel before reaching the LDR (Light Dependent Resistor Sensor) sensor. The LDR sensor is an electronic component that can vary its resistance depending on the intensity of light that falls on it, allowing it to indicate light attenuation. This attenuation is a characteristic property for each of the types of fuels, which makes it possible to identify them. The data related to this attenuation, collected by the sensor, were sent to a system database. The third block, called *the logical-programmable control panel*, is where the data received by the sensor was processed and information on the types of fuels was presented. And, finally, in the fourth block, the *actuators* responsible for the action of preventing fuels from being dumped into the wrong reservoirs, leaks or any other accident are presented. If the system fails, the fuel flow is automatically interrupted and emits audible and light warning signals.

Figure 1 - Complete system (left). Detection unit (right).



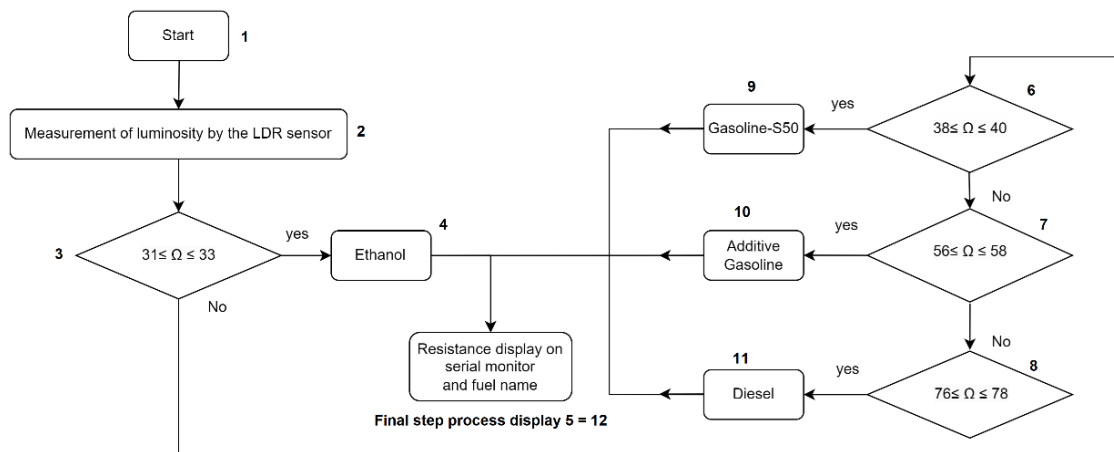
Source: Authors, 2023.

2.2 – Representation of the system control algorithm

The flowchart of the system control algorithm is illustrated in Figure 02, and consists of 12 steps. The first (1) begins with the initialization of the system and from where necessary information is sent for the operation of the physical components, allowing the release of the fuel to be analyzed by the system. In the second step (2), the LDR sensor will be activated and responsible for detecting a sample of fuel in the transparent glass container. In the third step (3), a reading of the resistance range (Ω ohms) associated with the attenuation of the light beam emitted crossing (horizontally)

the container containing the fuel will be performed, reaching the LDR sensor in the opposite direction. In the fourth step (4), it will be verified if the data are between $31 \leq \Omega \leq 33$ (ohms), which corresponds to ethanol. If so, the resistance value and the name of the associated fuel (ethanol) will be displayed on the serial monitor of the system control panel (step 5). Otherwise, this resistance range will be ignored and a new resistance will be evaluated by verifying which fuel corresponds. This process described in steps (4) to (5) will occur in an analogous manner for resistance ranges between $38 \leq \Omega \leq 40$ for diesel; $56 \leq \Omega \leq 58$ for petrol-S50 and $76 \leq \Omega \leq 78$ for petrol with additives, which characterise steps (6) to (12) respectively.

Figure 2 - System control block diagram.

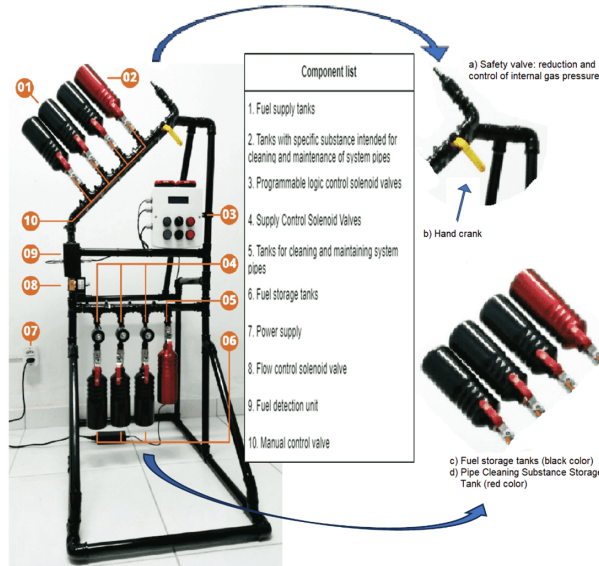


Source: Authors, 2023.

2.3 – System development

Figure 3 illustrates the prototype of the developed system and its integral parts numbered from 1 to 10 (Component list). A total of 26 components were used to compose the system, in quantities indicated in Table 1. AutoCAD® 2013 software was used to model the support structure. This structure was built using PVC and galvanized iron pipes, both with a diameter of 140 mm. Liquids flowed through the galvanized iron pipes, going from the tanks located at the top to the tanks located at the bottom. Figure 3c and 3d illustrates the liquid storage tanks. They were formed by aluminum bottles known as *squeezes*, with a storage capacity of 500 ml, with dimensions of 66 x 210 mm. In total, 8 of them were used, 6 in black and 2 in red. The black tanks were used for fuels, and the red ones were used for liquids used to clean the internal piping and avoid contamination of the fuel tanks. Figure 3a illustrates a safety valve, used for pressure reduction and outgassing. This valve is manually activated by means of a manual lever (Figure 3b), by means of a visual and audible message, emitted by the display of the detection system (component 3) which is responsible for the operation and control of the system.

Figure 3 - System prototype.



Source: Authors, 2023.

Table 1 - System components.

Item	Electronic component	Quantity	Item	Electronic component	Quantity
01	Arduino UNO R3	01	14	Diffuse green led 3 mm for indication of the valves	04
02	Borne KRE2 6 pines	01	15	Island prototyping board 10 cm x 10 cm	02
03	Borne KRE2 7 pines	01	16	Cabos press 10 mm IP68	03
04	Buttonhole M22 NA 10 A - green	01	17	Relays 10 A / 5 V	04
05	Buttonhole M22 NA 10 A - red	01	18	Selector NA+NF M22 10 A	01
06	Buttonhole M22 NA+NF 10 A - black	01	19	Sensor LDR 12 mm	01
07	USB Cape 5 m (Use in sensor and analysis LED)	01	20	Fiberglass isolated prototyping shield	01
08	Two-way cables 0.75 mm (5 meters)	01	21	Red luminous light alert 12 V	02
09	Plastic mounting box – Panel 180x180x80 mm	01	22	Light alert M22 LED 12 V - Green	01
10	CI ULN2803 – driver darlington/coupler	01	23	Light alert M22 LED 12 V - Red	01
11	Threaded metal connector – for sensors and led.	02	24	Siren 12 V - audible alarm	01
12	Display LCD 16x2 characters com backlight amber	01	25	socket 18 pines	01
13	External bivolt power supply. Out: 12 V / 5 A	01	26	Solenoid valve 12 V - Side Contact Model - nitrile seal	01

Source: Authors, 2023.

2.3.1 – System testing

The developed system was subjected to a sequence of consecutive tests, corresponding to the number of 10. The fuels used during these tests were S-50 gasoline, diesel, ethanol, and gasoline with additives. The number of storage tanks at the top (and bottom) of the system, used to store fuels, was 3. This quantity does not make it possible to carry out tests with the 4 types of fuels in a single time. With this, a sequence of 10 tests were carried out using S-50 gasoline, diesel, and ethanol. Then, the

S-50 gasoline was replaced by gasoline with additives, and a new sequence of 10 tests was carried out, that is, the system was submitted to a new sequence of 10 tests, using gasoline with additives, diesel, and ethanol. The resulting data allowed the generation of a scatter plot (Figure 4), in which it was possible to evaluate the relationship between the variables frequency (Hz) and resistance (Ω). Figure 4 also seeks to identify ranges or regions, containing patterns that could provide information associated with each type of fuel, making it possible to identify them.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The methodology adopted allowed us to obtain a dataset containing 40 elements. This set was divided into 4 subsets containing 10 elements each. These subsets were associated with the respective fuels: S-50 gasoline, diesel, ethanol, and gasoline with additives. Table 2 shows the frequencies (Hz) and resistances (Ω) obtained after the system tests.

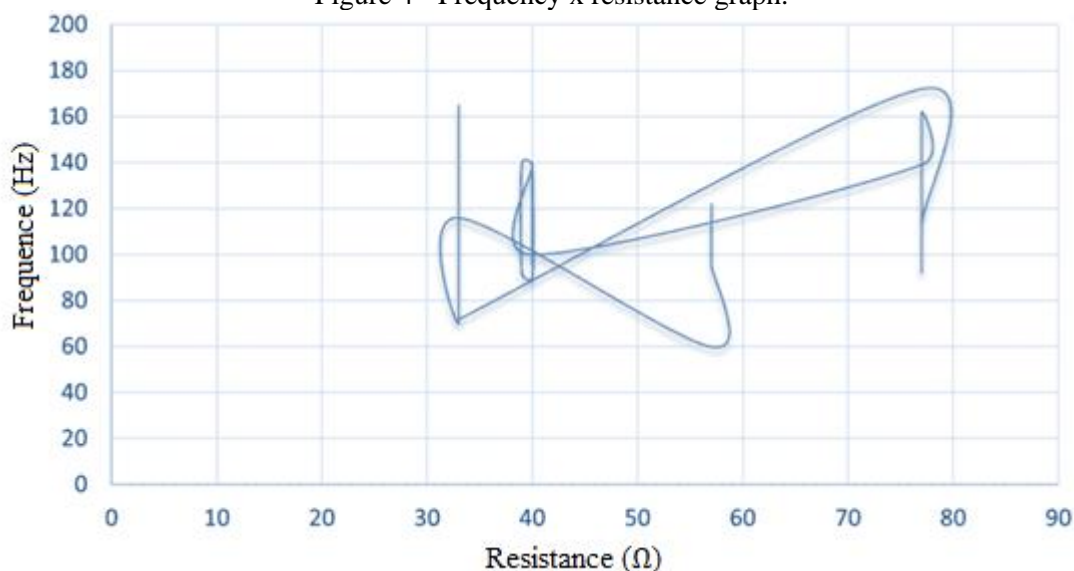
Table 2 - Frequencies (Hz) and resistances (Ω), obtained after system tests.

Fuels	S-50 Gasoline		Diesel		Ethanol		Additivated gasoline	
	Hz	Ω	Hz	Ω	Hz	Ω	Hz	Ω
1	96	40	139	77	72	33	60	57
2	100	40	162	77	72	33	96	57
3	140	40	104	77	116	33	96	57
4	100	40	130	77	117	33	97	57
5	137	40	99	77	163	33	105	57
6	90	40	130	77	115	33	108	57
7	92	39	142	77	119	33	108	57
8	140	39	93	77	164	33	108	57
9	139	40	113	77	71	33	109	57
10	100	40	172	77	116	33	112	57

Source: Authors, 2023.

From these results, a data scatter plot was generated. The choice of this graph is due to the need to graphically represent the relationship between the frequency (Hz) and resistance (Ω) variables, shown in Table 2. This graph was called the *Frequency (Hz) x Resistance (Ω) graph* and is illustrated in Figure 4.

Figure 4 - Frequency x resistance graph.



Source: Authors, 2023.

In Figure 4, there are 4 bands arranged (almost) vertically, associated with 4 frequency and resistance ranges, respectively. Each range corresponds to a type of fuel identified by the system. The first range corresponds to ethanol. This range is the first from left to right, and is between the ranges of 71 Hz to 164 Hz and 33 Ω to 33 Ω. The second range corresponds to S-50 gasoline, which is between the ranges of 90 Hz to 140 Hz and resistances from 39 Ω to 40 Ω. Next, the third range was identified, associated with gasoline with additives. This range is between the 60 Hz to 112 Hz and 57 Ω to 57 Ω ranges. The fourth range, associated with diesel, is between the 93 Hz to 172 Hz and 77 Ω to 77 Ω ranges. All bands showed variations in frequency values. For the resistance values, only one of the bands showed variation. The highest frequency variation occurred for S-50 gasoline, with a reduction of 64.28%, with no change in resistance. The second biggest change occurred for diesel, with a reduction of 54.07%. The third was for gasoline with additives, with a reduction of 53.57%. The fourth biggest change was for ethanol, with a reduction of 43.33%. The ethanol range was the only one that showed variation in resistance. This change corresponded to a resistance of 1 Ω, i.e. from 40 Ω to 39 Ω, corresponding to a reduction of 2.5%. These results indicate that the system was able to identify fuel types through the expected identification margins, which avoids filling wrong tanks and supply failures, such as leaks, which increases operational safety due to little human intervention during the fueling process. The system does not detect tampering or contamination of fuels unlike other jobs (Cavalcanti, 2019), (João, 2021), (Campos, *et al.* 2022), (Ponte, 2017), and internal leaks to the tanks (Trofimenko, Y. V. *et al.*, 2023) and (Korlapati, N. V. S. *et al.*, 2022). Its main advantage is its low cost. Despite being an intelligent (control) system, this low cost is due to the value of the materials and technique used to build the prototype. This makes it economically viable for industrial-scale production. Thus, the results suggest that the system, in addition to detecting the failure, avoids filling in the wrong tanks, also avoiding economic losses and accidents, that is, it optimizes the supply process.

IV. FINAL CONSIDERATIONS

The proposed system was able to fulfill the objective of identifying fuel types based on values belonging to expected identification margins. The importance of this is due to avoiding failures in the supply process, such as filling fuel in the wrong tanks or leaks. This also increases operational safety due to little human intervention during the process. The system was tested using 4 fuel samples that were used to verify the attenuation levels, by means of an LDR sensor, of a light beam passing through a transparent glass container, containing these samples. This allowed us to obtain a set of 40 data, subdivided into 4 groups containing 10 data, where each data corresponds to a system test. These subgroups were associated with 4 vertical segments, in a scatter plot created from the total amount of data. The segments represented the attenuation ranges of the light beam in hertz (Hz). Regarding the resistances in Ohms (Ω), only the interval associated with gasoline with additives showed a variation, a reduction from 40 to 30 Ω . On the other hand, the light attenuation intervals and their respective reduction percentages were ethanol from 71 Hz to 164 Hz (-43.33%); (b) S-50 gasoline 90 Hz to 140 Hz (-64.28%) (c) gasoline with additives 60 Hz to 112 Hz (-53.57%) and (d) diesel 93 Hz to 172 Hz (-54.07%). The system had some limitations, such as a small number of 40 data points and being able to identify only four types of fuels. It is also not able to identify contamination and the level of quality of the fuels. In future work, improvements can be added to this system so that it is possible to evaluate the levels of contamination and/or purity of fuels and also the ability to analyze other types of fuels.

V. REFERENCES

- ALVES, José Eustáquio Diniz. Crescimento demoeconômico no Antropoceno e negacionismo demográfico. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v.18, n.1, p. e5942-e5942, 2022.
- BURKARDT, P., OTTENWÄLDER, T., KÖNIG, A., VIELL, J., MITSOS, A., WOUTERS, C., ... & DAHMEN, M. Toward co-optimization of renewable fuel blend production and combustion in ultra-high efficiency SI engines. **International Journal of Engine Research**, 24(1), 29-41, 2023.
- CAMPOS, Mateus Mendes. **Sistema híbrido ultrassônico-capacitivo para análise da qualidade de óleo combustível**. 2022.
- CAVALCANTI, Luiz Antônio Pimentel. Protótipo para análise da qualidade de gasolina tipo C comum utilizando sensores de gás tipo semiconductor. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 6.12: 109-116, 2019.
- DEORA, P. S., VERMA, Y., MUHAL, R. A., GOSWAMI, C., & SINGH, T. Biofuels: An alternative to conventional fuel and energy source. **Materials Today: Proceedings**, 48: 1178-1184. 2022.
- DOMAGAŁA, Joanna; KADŁUBEK, Marta. Economic, Energy and Environmental Efficiency of Road Freight Transportation Sector in the EU. **Energies**, 16.1: 461, 2022.
- FARIA, Talita Magali de. **Análise exploratória da qualidade dos combustíveis na região do Distrito Federal e entorno por meio da análise de componentes principais**. 2019.
- FIRMINO, C. L., GARCIA, D. V., JUNIOR, L. S., & PACHECO, M. T. T. Discriminação entre gasolinas comum e adulterada por técnica de espectroscopia Raman e análise de componente principal (PCA) e lógica paraconsistente anotada (LPA). **Brazilian Journal of Development**, 8(1), 390-410, 2022.

GABDRAFIKOV, F., KHARISOV, D., GALIEV, I., & KHUSAINOV, R. Modernization of the fuel supply system in the internal combustion engine by electronic control of the ring valve. *In: BIO Web of Conferences. EDP Sciences*, 2022.

HIDAYAT, Achmad Syarif; KUSUMAWARDHANI, Apriani; RAHMADIANSAH, Andi. Design of fuel detection system in transparent pipe using image processing method based on Raspberry-Pi. *In: Third International Seminar on Photonics, Optics, and Its Applications (ISPhOA 2018). SPIE*, p. 40-50, 2019.

JOÃO, Afonso Filipe. **Sensores eletroquímicos e dispositivo analítico combinado a smartphone fabricados por impressão 3D para o controle de qualidade de combustíveis**. 2021.

JOSHITHA, K. L., NISHANTHINI, S., HARSHINI, B. J., & SADHANA, T. Raspberry PI Based Automated Authentication and Monitoring System for The Examination Centers. *In: 2022 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS). IEEE*, p.1-5, 2022.

KARAKURT, Izzet; AYDIN, Gokhan. Development of regression models to forecast the CO2 emissions from fossil fuels in the BRICS and MINT countries. **Energy**, 263: 125650, 2023.

KORLAPATI, N. V. S., KHAN, F., NOOR, Q., MIRZA, S., & VADDIRAJU, S. Review and analysis of pipeline leak detection methods. **Journal of Pipeline Science and Engineering**, 100074, 2022.

MARCHEZAN, André Ricardo; GIESBRECHT, Mateus. Detecção de Adulteração do Etanol Hidratado utilizado nos Veículos de Ciclo Otto através de Aprendizado de Máquina via OBD. *In: Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI*, v.1, n.1, 2021.

MARTINS, Vítor Santos. **Sistema de telemetria IoT aplicado à detecção de adulteração de gasolina**. 2018. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Telecomunicações) - Departamento de Engenharia de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, 2018.

MODESTO, Larissa Alves de Mello; FLUMIGNAN, Danilo Luiz; MONTEIRO, Marcos Roberto. **Método colorimétrico quantitativo e kit portátil para detecção do teor (%) de metanol em etanol, gasolina, bebidas alcoólicas destiladas e vinagre**. 2023.

MUÑOZ, P., FRANCESCHINI, E. A., LEVITAN, D., RODRIGUEZ, C. R., HUMANA, T., & PERELMUTER, G. C. Comparative analysis of cost, emissions and fuel consumption of diesel, natural gas, electric and hydrogen urban buses. **Energy Conversion and Management**, 257: 115412, 2022.

NORMA REGULAMENTADORA NO. 7 (NR-7). <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-7-nr-7>, 2023.

NORMA REGULAMENTADORA NO. 10 (NR-10). <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>, 2023.

NORMA REGULAMENTADORA NO. 20 (NR-20). <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos>

colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-20-nr-20, 2018.

ABNT – NBR 14639. Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento — Instalações elétricas. <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/38352/nbr14639-armazenamento-de-liquidos-inflamaveis-e-combustiveis-posto-revendedor-veicular-servicos-e-ponto-de-abastecimento-instalacoes-elétricas>, 2014.

ABNT – NBR IEC 60079 -10. Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas. <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/41151/nbriec60079-10-1-atmosferas-explosivas-parte-10-1-classificacao-de-areas-atmosferas-explosivas-de-gas>, 2022.

PONTE, Valmara Silveira. Identificação da Adulteração de Álcool Combustível Por Adição de Água Usando Led Infravermelho. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS ANP. <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes-palestras/2023>.

RADMEHR, Riza; HENNEBERRY, Shida Rastegari; SHAYANMEHR, Samira. Renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth nexus: a simultaneity spatial modeling analysis of EU countries. **Structural Change and Economic Dynamics**, 57: 13-27, 2021.

ROY, Suchita; PANDEY, Rahul. (2022). A Review on Motor and Drive System for Electric Vehicle. **Planning of Hybrid Renewable Energy Systems, Electric Vehicles and Microgrid: Modeling, Control and Optimization**, 601-628, 2022.

SINIGAGLIA, Tiago., FREITAG, T. E., MACHADO, A., PEDROZO, V. B., ROVAI, F. F., GUILHERME, R. T. G., ... & MARTINS, M. E. S. Current scenario and outlook for biogas and natural gas businesses in the mobility sector in Brazil. **International Journal of Hydrogen Energy**, 47.24: 12074-12095, 2022.

TROFIMENKO, Yu V.; GRIGOREVA, T. Yu; CHEKANOV, A. Yu. Application of Risk Modeling to Assess the Effectiveness of Motor Transport Decarbonization. *In: 2023 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications. IEEE*, p. 1-6, 2023.

WANG, X., GAO, J., CHEN, Z., CHEN, H., Zhao, Y., HUANG, Y., & CHEN, Z. Evaluation of hydrous ethanol as a fuel for internal combustion engines: A review. **Renewable energy**, 194: 504-525, 2022.

WU, Qiong; ZHANG, Xiaofeng; ZHANG, Qianjin. Current situation and control measures of groundwater pollution in gas station. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing*, p. 012005, 2017.

VI. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to tanks the Instituto Federal do Maranhão (Brasil) and Universidade de Aveiro (Portugal), for supporting this work.

VII. COPYRIGHT

The authors declare that they are solely responsible for the material contained in this work.

RELATO DE AULA PRÁTICA: PRODUÇÃO EXPERIMENTAL DE BIODIESEL USUFRUINDO DE ÓLEO DE SOJA E ROTA METÍLICA

PRACTICAL LESSON REPORT: EXPERIMENTAL BIODIESEL PRODUCTION USING SOYBEAN OIL AND METHYLIC ROUTE

Caetano Dartiere Zulian Fermino¹
Matheus Augusto Santos Antoniazzi²
Matheus Medeiros Ribeiro³
Laura Prenhaca Balsi⁴
Gabriel de Almeida Bispo Damasceno⁵
Emmanuel Zullo Godinho⁶

Resumo – Durante a aula laboratorial, foi explorada e dissertada a produção de biodiesel a partir do óleo de soja, utilizando a rota metílica. Este método, crucial para fontes de energia sustentáveis, resulta em biodiesel, um potencial substituto do diesel convencional, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e dependência de combustíveis fósseis. O relatório destaca o procedimento e resultados, ressaltando a importância do processo na busca por soluções sustentáveis. A abordagem em terceira pessoa enfatiza a relevância dos métodos experimentais na formação acadêmica e profissional. Sendo assim, o objetivo deste estudo relata a realização da síntese de biodiesel a partir de óleo de soja virgem utilizando a rota metílica, por meio do processo de transesterificação, buscando-se obter um biodiesel de qualidade e analisando suas propriedades físicas e químicas. Os resultados obtidos neste estudo não apenas corroboram a eficiência do método empregado, mas também fornecem insights valiosos para aprimoramentos futuros e aplicações mais amplas na indústria de biocombustíveis. Ao concluir, o estudo reflete sobre sua contribuição significativa na promoção de alternativas energéticas sustentáveis e sublinha a importância de práticas experimentais na construção de um futuro energético mais eficiente, oferecendo insights valiosos

¹ Técnico em Química (Colégio Athena), Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU/SP). Contato: ferminocaetano867@gmail.com.

² Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU-SP); Estudante de Bacharelado em Física (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual); Estudante de Licenciatura em Pedagogia (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual). Contato: augustoantoniazzi04@gmail.com

³ Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU/SP). Contato: math.ribe2305@gmail.com.

⁴ Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU/SP). Contato: laurabalsi@gmail.com.

⁵ Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU/SP). Contato: gabrielbispo222@gmail.com.

⁶ Docente UNISAGRADO; Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu - SP). Contato: emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br.

sobre as nuances na produção de biodiesel. A experiência prática enriqueceu o conhecimento técnico, destacando a relevância de abordagens inovadoras.

Palavras-chave: *Biodiesel. Transesterificação. Sustentabilidade. Fontes de Energia.*

Abstract - *During the laboratory class, the production of biodiesel from soybean oil using the methylation route was explored and discussed. This method, crucial for sustainable energy sources, results in biodiesel, a potential substitute for conventional diesel, reducing greenhouse gas emissions and dependence on fossil fuels. The report highlights the procedure and results, emphasizing the importance of the process in the search for sustainable solutions. The third-person approach emphasizes the relevance of experimental methods in academic and professional training. Thus, the aim of this study is to synthesize biodiesel from virgin soybean oil using the methyl route, through the transesterification process, in order to obtain a quality biodiesel and analyze its physical and chemical properties. The results obtained in this study not only corroborate the efficiency of the method employed, but also provide valuable insights for future improvements and wider applications in the biofuels industry. In conclusion, the study reflects on its significant contribution to promoting sustainable energy alternatives and underlines the importance of experimental practices in building a more efficient energy future, offering valuable insights into the nuances of biodiesel production. Practical experience has enriched technical knowledge, highlighting the relevance of innovative approaches.*

Keywords: *Biodiesel. Transesterification. Sustainability. Energy Sources.*

I. INTRODUÇÃO

A ensino teórico e sua prática em experimentos é crucial para um bom desenvolvimento das tecnologias sustentáveis. Dentre essas tecnologias, podemos ressaltar a produção de biodiesel a partir dos mais diversos compostos biológicos, que contempla os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Esses objetivos estabelecem uma visão global para promover um futuro mais sustentável, abordando questões que vão desde a erradicação da pobreza até a ação climática. A produção de biodiesel, como uma alternativa mais ecológica aos combustíveis convencionais, contribui diretamente para a ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e a ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) (Tilman; Clark, 2014).

Dessa forma, a integração de práticas sustentáveis na educação alinha-se à ODS 4 (Educação de Qualidade) e à ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis), ou seja, a produção de biodiesel não é mais apenas um processo químico; é um elo entre a educação, a ciência aplicada e a busca coletiva por um futuro mais sustentável (Sterling, 2013).

A produção de biodiesel a partir do óleo de soja, utilizando a rota metílica, representa um campo de pesquisa e desenvolvimento fundamental no contexto da busca por fontes de energia sustentável tem ganhado destaque devido aos seus benefícios ambientais e ao potencial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis (Leal Filho, 2019). O uso de óleo de soja como matéria-prima oferece uma alternativa viável, pois a soja é amplamente cultivada em todo o mundo, facilitando a disponibilidade de matérias-primas para a produção escala (Freedman; Pryde; Mounts, 1984).

A rota metílica, que envolve a transesterificação do óleo de soja, é um dos métodos mais utilizados para a produção de biodiesel. Esse processo converte os triglicerídeos do óleo de soja em ésteres metílicos, que são mais apropriados para uso como combustível em motores a diesel. A transesterificação é uma reação catalisada que permite a produção de biodiesel de maneira mais eficaz (Freedman; Butterfield; Pryde, 1986).

A metodologia experimental inclui a mistura controlada de óleo e metanol, a adição de catalisador, o aquecimento em sistema de refluxo, a remoção de impurezas e a

análise detalhada das fases do processo. Os resultados obtidos serão essenciais para compreender a eficiência do método e seus potenciais aplicações, contribuindo para o avanço da produção de biodiesel de forma sustentável e economicamente viável.

Sendo assim, o objetivo deste estudo relata a realização da síntese de biodiesel a partir de óleo de soja virgem utilizando a rota metílica, por meio do processo de transesterificação, buscando-se obter um biodiesel de qualidade e analisando suas propriedades físicas e químicas.

II. METODOLOGIA

Foi abordado neste tópico a metodologia experimental da produção de biodiesel a partir do óleo de soja por meio da rota metílica.

2.1 – *Materiais*

Os reagentes utilizados no processo foram: Óleo de soja (adquirido em um supermercado local); Metanol (CH_3OH) 99,9%; Hidróxido de potássio (KOH) 50,0%; Água destilada; Funil de separação; Balão de fundo redondo; Béquer; Fita indicadora de pH; Sistema de refluxo (extrator soxhlet); Banho termostático; agitador e rotaevaporador.

2.2 - *Descrição da Síntese do Biodiesel através da Transesterificação do Óleo de Soja Virgem*

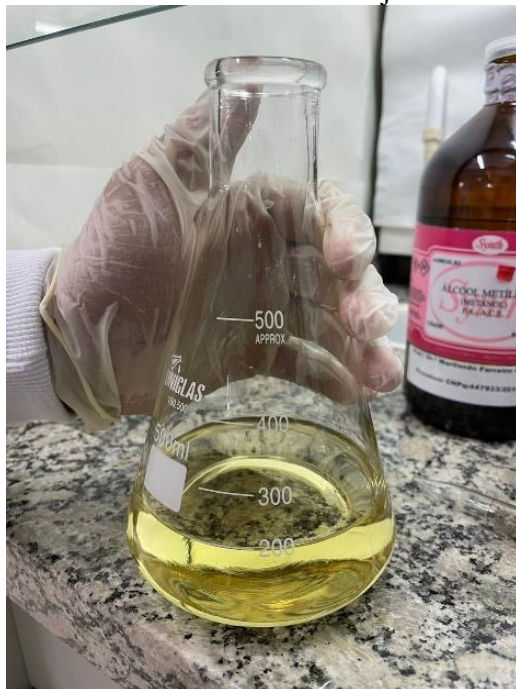
Para obter o biodiesel por meio da rota metílica, misturou-se em um balão de fundo redondo o óleo (Figura 1) e o álcool metílico (CH_3OH) (Figura 2) na proporção de 1,4 L de óleo para 0,35 L de metanol. Em seguida, adicionou-se 1,4 g de hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) (Figura 3). Prosseguindo, foi conectado um condensador de refluxo e houve o aquecimento, em banho-maria, por cerca de 12 horas, mantendo a temperatura em torno de 60 °C (Figura 4) (Knothe, 2005).

Logo após, tornou-se necessário colocar a mistura num rotaevaporador para remover o excesso de metanol utilizado no processo que não participou da reação de transesterificação. Então, a mistura foi colocada em repouso em um funil de separação, ocorrendo assim o resfriamento e a separação do glicerol, líquido com coloração mais escura que ficou na parte inferior e do biodiesel, líquido com coloração mais clara da parte superior (Figura 5).

Desta forma, foi colocada água destilada no biodiesel, aproximadamente um terço do volume de biodiesel, agitou-se a nova mistura e esperou-se até a formação de duas fases para que ocorresse a divisão em um funil de separação (Figura 6). Verificou-se que o biodiesel estava livre de impurezas e com pH neutro (pH = 7,0) fazendo o uso de uma fita indicadora.

Posteriormente, o excesso de água foi removido ao transferir o biodiesel para um béquer e aquecê-lo em sistema aberto até a evaporação completa. (Figura 7) Dessa maneira, foram conduzidos os processos experimentais para a produção de biodiesel, com um acompanhamento detalhado.

Figura 1 - Coleta da amostra de óleo de soja em um Erlenmeyer.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 2 - Pipetagem da amostra de Metanol.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 3 - Coleta da amostra de Hidróxido de Sódio.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 4 - Banho Maria da Solução homogeneizada.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 5 – Produto da reação colocado no funil para separação de fases.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 6 – Adição de água no produto com separação de fases visíveis.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Figura 7 - Separação da Amostra e aquecimento em Becker.



Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução dos passos experimentais, a equipe alcançou com sucesso a produção de biodiesel a partir do óleo de soja, conforme estabelecido nos objetivos. Para monitoramento, empregou-se um indicador de pH, revelando que o valor da amostra permaneceu em 7, conforme mencionado previamente. Os resultados obtidos durante a execução da prática revelaram uma série de aspectos relevantes para a produção de biodiesel a partir do óleo de soja. A variação desses parâmetros evidenciou a necessidade de um cuidadoso controle dos processos, visando maximizar não somente a eficiência da reação e produto, como também os dados estatísticos, pois esses dados bem apresentados e explanados podem gerar um bom resultado (Godinho *et al.*, 2023).

A escolha do óleo de soja como matéria-prima, respaldada pela literatura segundo Freedman, Pryde e Mounts (1984) é justificada pela sua ampla disponibilidade global, oferecendo uma base sólida para a produção em larga escala de biodiesel. Essa seleção é estratégica, considerando a necessidade de soluções acessíveis e práticas para enfrentar a crescente demanda por combustíveis mais sustentáveis.

A rota metálica, enfatizada no relatório como um método crucial, é corroborada pela literatura científica. A transesterificação do óleo de soja, catalisada por hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio, é reconhecida como uma técnica eficaz para converter triglicerídeos em ésteres metílicos, mais adequados como combustíveis (Canakci; Van Gerpen, 2001).

A metodologia experimental apresentada reflete uma abordagem cuidadosa e sistemática para a produção de biodiesel, alinhada com os princípios discutidos na literatura científica. O controle de temperatura durante a transesterificação, conforme ressaltado pelos autores citados anteriormente é crítico para otimizar a eficiência desse processo.

A utilização de um rotaevaporador para remover o excesso de metanol e a subsequente separação do biodiesel e do glicerol por meio de um funil de separação estão em conformidade com as práticas estabelecidas na produção de biodiesel, como indicado

por estudos anteriores. A adição de água destilada e o subsequente teste de pH demonstram a preocupação com a qualidade do biodiesel produzido, em linha com a literatura. A remoção de impurezas é crucial para garantir que o biodiesel atenda aos padrões de qualidade necessários para seu uso como combustível (Freedman; Butterfield; Pryde, 1986).

Além disso, a literatura oferece insights sobre as propriedades do biodiesel em relação à estrutura dos ésteres metílicos, destacando a dependência das propriedades do combustível em relação à estrutura dos ésteres (Knothe, 2005). Também, revisões abrangentes sobre a produção de biodiesel enfatizam a importância contínua da pesquisa e desenvolvimento nesse campo para atender às crescentes demandas por soluções energéticas sustentáveis (Vicente *et al.*, 2010).

Sendo assim, através de uma análise dos resultados obtidos, vemos que a busca por alternativas sustentáveis de energia, como o biodiesel de óleo de soja pela rota metílica, é essencial para enfrentar os desafios energéticos, devido ao seu potencial impacto ambiental e econômico. A continuidade desse trabalho pode explorar otimizações no processo de produção, considerando aspectos como a escolha do catalisador, condições de reação e fontes alternativas de matéria-prima, visando a maximização da eficiência e a minimização do impacto ambiental.

Em suma, a experiência prática descrita no relatório ressalta a relevância contínua da pesquisa na produção de biodiesel para atender às demandas crescentes por soluções energéticas sustentáveis.

IV. CONCLUSÃO

Em síntese, a produção de biodiesel a partir da transesterificação do óleo de soja virgem revelou-se um processo promissor e eficiente, evidenciando a viabilidade da rota metílica para a obtenção desse biocombustível. A meticulosa execução da metodologia experimental permitiu a obtenção de um biodiesel de qualidade, de acordo com a Resolução ANP Nº 920 de 04/04/2023. As propriedades físicas e químicas do biodiesel sintetizado apresentaram-se em conformidade com os padrões estabelecidos, ressaltando a aplicabilidade prática desse método.

A análise econômica e ambiental destaca-se como um ponto crucial, indicando que a produção de biodiesel a partir de óleo de soja virgem pode não apenas atender às demandas energéticas, mas também contribuir significativamente para a redução das emissões de gases poluentes. A viabilidade técnica desta abordagem reforça a importância contínua da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que impulsionem a transição para fontes de energia mais limpas e renováveis.

V. REFERÊNCIAS

- CANAKCI, M; VAN GERPEN, J. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. **Transactions of the ASAE**, v.44, n.6, p.1429-1436, 2001.
- FREEDMAN, B; BUTTERFIELD, R. O; PRYDE, E. H. Transesterification kinetics of soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.63, n.10, p. 1375-1380, 1986.
- FREEDMAN, B; PRYDE, E. H; MOUNTS, T. L. Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.61, n.10, p. 1638-1643, 1984.
- GODINHO, E. Z; BARREIROS, R. M; BELADELI, M. N; FLORIANO, C. R; ANTONIAZZI, M. A. S. Germination of soybean seeds submitted to treatment with

nutritional complex. **Revista Sodebras [on line]**, v. 18, n. 213, p. 123-131, 2023. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2023.18.213.123>

KNOTHE, G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. **Fuel Processing Technology**, v.86, n.10, p.1059-1070, 2005.

LEAL FILHO, W.; BRANDLI, L. L.; LANGE SALVIA, A.; RAYMAN-BACCHUS, L. **Achieving the Sustainable Development Goals through Sustainable Food and Agriculture**, Springer, 2019.

STERLING, S. Learning for resilience, or the resilient learner? Towards a necessary reconciliation in a paradigm of sustainable education. **Environmental Education Research**, v. 19, n. 6, p. 765-782, 2013.

TILMAN, D.; CLARK, M. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 518-522, 2014.

VICENTE, G., *et al.* Biodiesel production from biomass: an overview. In Biomass Conversion. **Springer**, p.49-72, 2010.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos em nome de todos o auxílio do professor Emmanuel e do Centro Universitário do Sagrado Coração – UNISAGRADO no desenvolvimento do experimento de Biodiesel

VII. COPYRIGHT

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