

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

RESPONSABILIDADE PATRIMONIAL DO SÓCIO ANTE O ADVENTO DA LEI 13.874/2019	
PARTNER'S PATRIMONIAL LIABILITY BEFORE THE ADVENT OF LAW 13.874/2019 - Salatiel Pedrine Reis; Jakeline Martins Silva Rocha	08
EDUCAÇÃO ESPECIAL NO CONTEXTO DA PANDEMIA//PÓS-PANDEMIA DE COVID-19	
SPECIAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC/POST-PANDEMIC OF COVID-19 – Bianca Moretti Vieira Palmieri; Maria Lourdes Gisi	16
MICROBIAL L-GLUTAMINASE, A PROMISING AGENT WITH ANTITUMOR POTENTIAL: A LITERATURE REVIEW	
L-GLUTAMINASE MICROBIANA, UM AGENTE PROMISSOR COM POTENCIAL ANTITUMORAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA – Sarah Signe do Nascimento; Cristina Maria de Souza-Motta; Leonor Alves de Oliveira da Silva; Neiva Tinti de Oliveira	24
EVOLUÇÃO DAS NORMAS APLICADAS AO CONTROLE DE QUALIDADE DE FÁRMACOS E MEDICAMENTOS NO BRASIL	
EVOLUTION OF THE LAWS APPLIED TO THE QUALITY CONTROL OF DRUGS AND MEDICINES IN BRAZIL – Diego Muniz Martins; Crisálida Machado Vilanova; Maria do Livramento de Paula; Elizabeth Regina de Castro Borba	43
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTIAIS DO CULTIVO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO, NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA-AL	
EVALUATION OF THE SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DRIP-IRRIGATED WATERMELON CULTIVATION IN THE MUNICIPALITY OF DELMIRO GOUVEIA-AL – José Lincoln Pinheiro Araujo; Rebert Coelho Correia; Jony Eishi Yuri	55
MODELING IN THE PRODUCTION OF BIOGAS FROM SWINE MANURE USING FUZZY LOGIC	
MODELAGEM NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS USANDO LÓGICA FUZZY – Emmanuel Zullo Godinho; Fernando de Lima Caneppele; Ricardo Marques Barreiros; Murilo Miceno Frigo	62
ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND DOPADA COM QUITOSANA: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS	
PORTLAND CEMENT MORTAR DOPED WITH CHITOSAN: COMPRESSION RESISTANCE AND PHYSICAL CHARACTERIZATION – João Ricardo Pereira Da Silva; Eduardo Padrón Hernández; Patrícia Maria Albuquerque De Farias	74
AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA APLICANDO IOT NO CONTROLE	
AUTOMATION OF AN AQUAPONICS SYSTEM BY APPLYING IOT IN CONTROL – Lucas Cruz Balthazar; Raul Rodrigues Martins; Fábio Jesus Moreira De Almeida; Letícia Fernanda Neves Evangelista; Filipe Figueiredo Ramos; Bruno Luís Soares De Lima	87



Edição 209 de maio de 2023

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

ISSN - 1809-3957

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

CONSELHO EDITORIAL

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

COMITÊ CIENTÍFICO

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

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



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

Vol. 18 – N° 209 – MAIO/ 2023

EDITORIAL

Maio é comemorado o mês do trabalho. Nesse sentido, a Revista busca homenagear todos aqueles que militam no campo da ciência e buscam solucionar os problemas enfrentados pela sociedade. Como canal de divulgação de pesquisas acadêmicas, a SODEBRAS defende a valorização da ciência e o investimento em educação e novas tecnologias.

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.

Esta edição é composta por nove artigos das mais diversificadas áreas do conhecimento humano. São estudos realizados por pesquisadores especialistas, mestres e doutores, que contribuiram com textos oriundos de pesquisas inéditas.

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

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-1	RESPONSABILIDADE PATRIMONIAL DO SÓCIO ANTE O ADVENTO DA LEI 13.874/2019 PARTNER'S PATRIMONIAL LIABILITY BEFORE THE ADVENT OF LAW 13.874/2019 Salatiel Pedrine Reis; Jakeline Martins Silva Rocha
7-8	EDUCAÇÃO ESPECIAL NO CONTEXTO DA PANDEMIA//PÓS-PANDEMIA DE COVID-19 SPECIAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC/POST-PANDEMIC OF COVID-19 Bianca Moretti Vieira Palmieri; Maria Lourdes Gisi

RESPONSABILIDADE PATRIMONIAL DO SÓCIO ANTE O ADVENTO DA LEI 13.874/2019

PARTNER'S PATRIMONIAL LIABILITY BEFORE THE ADVENT OF LAW 13.874/2019

Salatiel Pedrine Reis¹
Jakeline Martins Silva Rocha²

Resumo – *A desconsideração da personalidade jurídica é aplicada no direito brasileiro desde antes de sua positivação no ordenamento jurídico pátrio em 1990, e a partir daí, cresceu em proporção e hipóteses de incidência, entretanto, sob a ótica empresarial o uso indiscriminado desse instituto fragiliza a segurança jurídica para empresários. Nesse sentido, a Lei 13.874/2019 alterou regras da desconsideração com vistas a proporcionar segurança para atividade empresarial. Diante desse cenário, buscou-se neste artigo, conhecer o atual entendimento sobre a responsabilidade jurídica do sócio pós vigência da Lei 13.874/2019 através de pesquisa bibliográfica doutrinária e jurisprudencial e compará-lo com as alterações advindas da novel legislação, com vistas a conhecer as possibilidades de responsabilização patrimonial atualmente vigentes, levando-se em conta dois importantes atores envolvidos na organização da atividade empresarial: sócios e administradores.*

Palavras-chave: *Responsabilidade. Sócio. Administrador. Incidente de Desconsideração da Personalidade jurídica.*

Abstract – *Disregard of legal personality has been applied in Brazilian law since before its positivization in the national legal system in 1990, and since then, it has grown in proportion and incidence hypotheses, however, from a business perspective, the indiscriminate use of this institute weakens the legal security for entrepreneurs and investors. In this sense, Law 13,874/2019 amended disregard rules in order to provide security for business activity. Given this scenario, this article sought to know the current understanding of the legal responsibility of the partner after the effectiveness of Law 13.874/2019 through doctrinal and jurisprudential bibliographical research and compare it with the changes arising from the new legislation, with a view to knowing the current possibilities of liability liability, taking*

¹ Engenheiro Químico pela Faculdade de Aracruz (2010). Graduando em Direito da FACELI – Faculdade de Ensino Superior de Linhares/ES. Contato: salatiel.eq@gmail.com.

² Bacharel em Direito pela Universidade Federal do Maranhão (1996). Advogada. Mediadora Judicial habilitada pelo TJES. Especialista em Direito Empresarial e em Educação pela FVC. Mestre em Gestão Social, Educação e Desenvolvimento Regional pela FVC. Professora efetiva do bloco de direito privado da FACELI - Faculdade de Ensino Superior de Linhares/ES. Professora de direito privado no Centro Universitário Vale do Cricaré- UNIVC (São Mateus/ES). Conselheira 12ª Subseção OAB/ES (2022 a 2024). Contato: jakeline.rocha@faceli.edu.br.

into account two important actors involved in the organization of the business activity: partners and administrators.

Keywords: *Responsibility. Partner. Administrator. Incident of Disregard of Legal Personality.*

I. INTRODUÇÃO

O incidente de desconsideração da personalidade jurídica (IDPJ) mostra-se uma prática cada vez mais rotineira nos processos cíveis e trabalhistas em geral, como forma de satisfação de créditos. Segundo Barbosa *et al.* (2022, p. 96) o direito brasileiro adota a teoria da empresa que se caracteriza como atividade habitual para circulação de bens e serviços, sempre com o escopo de lucro. Para Tartuce (2019, p. 154) a pessoa jurídica é dotada de direitos e deveres da ordem civil independentemente das pessoas físicas que a compõe, o que confere autonomia em relação aos seus sócios, nesse sentido, a regra é de que a responsabilidade dos sócios em relação às dívidas sociais seja sempre subsidiária.

Diante disso depreende-se do parágrafo único do art. 49-A do Código Civil (Lei 10.406/2002) que a autonomia patrimonial das pessoas jurídicas é um instrumento lícito de alocação e segregação de riscos, porém, tal transferência é muitas vezes utilizada de forma indevida com fins de transferência total dos riscos para credores que muitas vezes não tem condição de assumi-lo, daí a importância do instituto da desconsideração da personalidade jurídica - IDPJ.

Para Silva (2019), embora previamente existente em construções doutrinárias e gradualmente aplicável na jurisdição nacional, o IDPJ positivou-se pela primeira vez através do Código de Defesa do Consumidor (Lei 8.078/1990), que serviu como base para outros ramos do direito, onde se destaca o caso do direito trabalhista, além de outros diplomas legais como o próprio Código Civil, a Lei de Proteção ao Meio Ambiente (Lei 9.605/1998) e a Lei Antitruste (Lei 12.529/2011), constituindo um movimento expansivo do instituto, em normas e jurisprudência.

Dada a importância do IDPJ, as palavras de Pamplona Filho e Gagliano (2021, p. 101), alertam que nos casos que ensejam o IDPJ, o afastamento do manto protetivo da personalidade deve ser temporário, estendendo-se somente até a satisfação do crédito pretendido. Para tanto, deve haver a prova de prejuízos causados pela pessoa jurídica a terceiros, somados aos requisitos legais: a) desvio de finalidade; b) confusão patrimonial e c) prejuízo para credores.

Nesse sentido observa-se que embora o IDPJ seja necessário para corrigir indevidos desvios, se aplicado indiscriminadamente pode representar insegurança jurídica a quem busque licitamente o desenvolvimento da atividade empresarial. Sob essa perspectiva, para atualização do arcabouço normativo nacional, com vistas ao incentivo ao empreendedorismo, foi editada através da Medida Provisória nº 881, de 30 de abril de 2019 um conjunto de medidas que mais tarde se tornaria a Lei 13.874/2019, conhecida como “Lei da Liberdade Econômica”, que entre outros temas reforça a autonomia da personalidade jurídica.

Acerca desse fortalecimento à autonomia da personalidade jurídica, a nova legislação, trouxe maior clareza e objetividade na aplicação do instituto, abrangendo ainda a desconsideração inversa e a desconsideração em caso de grupo econômico, conferindo maior proteção à figura do empreendedor, através de alterações no Código Civil, com vistas a limitar os efeitos da responsabilidade patrimonial aos administradores e sócios beneficiados direta ou indiretamente pelo abuso, conforme redação do próprio art. 50 do Código Civil após modificação advindas da nova lei.

Neste sentido, embora juristas como Hadad e Varga (2021) defendam que a Lei da Liberdade Econômica trouxe avanços no sentido de conceituar desvio de finalidade e

confusão patrimonial, tornando a lei mais objetiva, surgem duas questões acerca dos limites estabelecidos para ocorrência de tal responsabilidade: A primeira diz respeito ao aspecto qualitativo, ou seja, até quando ocorre o benefício pelo abuso da personalidade jurídica, que justifique que a pessoa natural possa ser incluída no rol para uma possível desconsideração da personalidade jurídica; e a segunda, que diz respeito ao aspecto quantitativo, que leva em conta o critério de equivalência entre as participações e equidade entre os sócios.

Diante disso, sem pretensão de exaurir o tema desconsideração de personalidade jurídica, este trabalho propõe estudar as alterações acerca da matéria trazidas com o advento da Lei 13.874/2019 em relação à responsabilidade dos sócios, consubstanciada na extensão de atos administrativos, bem como os limites das vantagens auferidas pelo sócio de uma sociedade empresarial limitada, que ensejam sua responsabilidade patrimonial.

II. METODOLOGIA

Utilizou-se de extensa pesquisa bibliográfica acerca da abordagem doutrinária acerca do tema, em especial acerca das alterações promovidas pela Lei 13.874/2019 e seus reflexos, bem como o estudo de julgados e posicionamentos de tribunais superiores acerca da problemática proposta, com vistas a identificar a aplicação das novidades legislativas em âmbito judicial e as hipóteses ensejadoras da relativização da personalidade jurídica no caso concreto, através da análise de decisões envolvendo sócios, em especial aqueles minoritários e sem poder de gerência, sobre os quais a lei se manteve silente.

III. RESULTADOS

3.1 – Posicionamentos doutrinários acerca das alterações advindas da Lei da Liberdade Econômica

Em análise sistemática acerca das alterações advindas da Lei da Liberdade Econômica, Tomadevicius Filho (2019) afirma que seu objetivo está consubstanciado em seu art. 2º, onde encontram-se dispostos os princípios que norteiam a lei, que podem ser divididos em duas categorias: a liberdade como a regra e a boa-fé nas relações entre particular e Estado, destacando que “devido às reclamações quanto a facilidade para a desconsideração da personalidade jurídica, a Lei n. 13.874 resgatou a disposição existente no Código Civil de 1916, pela reafirmação do conceito de pessoa jurídica”.

Sobre o alcance da nova legislação, Leonardo e Rodrigues Jr. (2019) afirmam que o novel art. 49-A do Código Civil apresenta clara natureza de regra de interpretação cível, consubstanciada no reforço da personalidade jurídica, e como tal, deve ser levada em conta na aplicação do direito, a partir de sua vigência, mesmo que em áreas do direito aparentemente não abrangidos pela Lei 13.874/2019, como o direito do consumidor, direito trabalhista, direito tributário, direito ambiental e direito comercial, dessa forma, depreende-se que os efeitos da novel legislação alcançariam diferentes áreas de repercussão econômica do país.

Os renomados juristas ainda tecem críticas o dispositivo, pois há equívoco ao equiparar os administradores aos sócios, associados e instituidores, pois nesse ponto, tem-se que os administradores, terceiros, que não sejam sócios, na prática possuem autonomia diferente dos demais, e no caso de uma eventual desconsideração de personalidade jurídica, em relação ao administrador, não se desconsidera, mas se atribui diretamente a alguém diverso da pessoa jurídica a responsabilidade de atos praticados na qualidade de administrador da pessoa jurídica.

Quanto ao elemento volitivo, ao destrinchar o processo legislativo, percebe-se que na MP 881/19, estava presente a necessidade de dolo de lesar credores como requisito para o IDPJ, contudo, ao longo do processo legislativo, tal exigência foi suprimida, visto que poderia representar um ônus insuportável para o credor lesado, comprovar tal dolo, acerca desse tema leciona Pamplona Filho & Gagliano (2021, p. 155):

A desnecessidade de se comprovar o dolo específico – a intenção, o propósito, o desiderato – daquele que, por meio da pessoa jurídica, perpetrou o ato abusivo moldou a teoria objetiva, mais afinada à nossa realidade socioeconômica e sensível à condição a priori mais vulnerável daquele que, tendo o seu direito violado, invoca o instituto da desconsideração.

Sobre sua aplicação, Correa (2021) pontua que não se trata de qualquer ato ilícito praticado pela pessoa jurídica que enseja a IDPJ, mas aqueles estipulados na própria redação do art. 50 do Código Civil, quais sejam, o desvio de finalidade e confusão patrimonial, nos termos dos §§ 1º e 2º do supracitado artigo, onde também se observa que a nova redação se incumbiu de consolidar posicionamentos das cortes superiores no sentido de afastar a mera ocorrência de grupo econômico ou expansão ou alteração da finalidade original da personificação como hipótese de incidência da desconsideração, nos termos dos §§ 4º e 5º do art. 50 do Código Civil.

Todavia, ainda subsiste a problemática acerca da extensão dos benefícios diretos e indiretos decorrentes do desvio de finalidade, conforme apregoado pela parte final do caput do novel art. 50 do Código Civil, nesse sentido, observa-se que a doutrina de modo majoritário reconhece a dificuldade de se estabelecer quem de fato foi beneficiado pelo mau uso da personalidade jurídica, pois os benefícios tendem a se estender a uma coletividade de sócios ou acionistas, diante disso, observa-se o deslocamento dessa incerteza para a própria organização interna da pessoa jurídica, e a partir dessa diferenciação, limitar o alcance da desconsideração, entretanto, tal diferenciação deve inevitavelmente passar pelo crivo do judiciário a fim de evitar possíveis tentativas de ocultação de patrimônio e frustração de execuções com uso de pessoas diversas daquelas que realmente detém tal responsabilidade.

Já em relação à extensão de tal responsabilidade, sob o aspecto do direito legislado, a extensão da responsabilidade é definida pela redação do art. 1.052 do Código Civil, que limita tal responsabilidade ao valor da quota de participação, todavia, na prática forense tem se observado a construção jurisprudencial, pela inaplicabilidade do artigo supracitado em casos de desconsideração, no sentido de que em se tratando IDPJ, o sócio minoritário também poderá ser responsabilizado, desde que tenha participado das hipóteses elencadas na lei (AgInt no REsp 1757106/SP, Rel. Ministro MARCO AURÉLIO BELLIZZE, TERCEIRA TURMA, julgado em 02/09/2019, DJe 13/09/2019).

Por fim, acerca da eficácia consubstanciada nas alterações no Código Civil, Tomasevicius Filho (2019, p. 115) afirma não serem suficientes para proporcionar a proteção pretendida pelo legislador, já que, segundo o jurista, pela recorrente aplicação da legislação consumerista e, sobretudo em matéria trabalhista, para alcançar o objetivo, o correto seria a inserção de capítulo específico na Consolidação das Leis do Trabalho.

3.2 – Análise da jurisprudência afeta ao tema após vigência da Lei 13.874/19.

Acerca dos posicionamentos dos tribunais após vigência da Lei 13.874/2019, observa-se que a jurisprudência tem caminhado ao encontro da redação legislativa do art. 50 do Código Civil, dessa forma, tem-se firmado tese de que a responsabilidade patrimonial quando do IDPJ possui como requisito a participação na prática tida como abuso de personalidade ou confusão patrimonial, é o que se depreende do julgado do STJ a seguir:

CIVIL E SOCIETÁRIO. AGRAVO INTERNO NO RECURSO ESPECIAL. DESCONSIDERAÇÃO DA PERSONALIDADE JURÍDICA. EX-SÓCIO MINORITÁRIO. AUSÊNCIA DE PODERES DE GERÊNCIA OU ADMINISTRAÇÃO. INEXISTÊNCIA DE IMPUTAÇÃO DE ATOS FRAUDULENTOS. EXCLUSÃO DE RESPONSABILIDADE. AGRAVO INTERNO NÃO PROVIDO.

1. A desconsideração da personalidade jurídica, em regra, deve atingir somente os sócios administradores ou quem comprovadamente contribuiu para a prática dos atos caracterizadores do abuso da personalidade jurídica. Precedentes.

2. As obrigações que geram solidariedade entre cedente e cessionário, nos termos do art. 1.003 do CC, são aquelas vinculadas diretamente às quotas sociais, não alcançando outras decorrentes da eventual prática de ato ilícito. Precedentes.

3. No caso dos autos, foi afastada a responsabilidade de ex-sócia ao fundamento de que jamais participou da gestão da sociedade, tampouco teve sua conduta vinculada à prática de ato abusivo ou fraudulento.

Ao assim concluir, o acórdão recorrido harmoniza-se com o entendimento desta Corte Superior, atraindo a incidência da Súmula 83/STJ.

4. Agravo interno não provido.

(AgInt no REsp 1924918/SP, Rel. Ministro RAUL ARAÚJO, QUARTA TURMA, julgado em 12/02/2022, DJe 14/12/2022).

Com o mesmo teor, também pode ser citado o Acórdão em Recurso Especial também proferido pelo STJ (REsp 1861306/SP, Rel. Ministro RICARDO VILLAS BÔAS CUEVA. TERCEIRA TURMA. Julgado em 02/02/2021. DJe 08/02/2021), onde se decidiu pela tese de que a desconsideração da personalidade jurídica, em regra, deve atingir somente os sócios administradores ou que comprovadamente contribuíram para a prática dos atos caracterizadores do abuso da personalidade jurídica, entretanto, tal entendimento não tem sido aplicado na seara trabalhista do TST (Ag- AIRR - 0059000-14.2008.5.02.0019. 1ª Turma. Relator Ministro Hugo Carlos Scheuermann. DEJT 14/12/2022), onde o relator destacou em seu voto:

Com efeito, o e. TRT registrou que "É pacífico, na Jurisprudência Laboral, que o Incidente de Desconsideração da Personalidade Jurídica norteia-se pela adoção da Teoria Menor, com fulcro no parágrafo 5º do artigo 28 do Código de Defesa do Consumidor - diante do permissivo estabelecido no artigo 8º da CLT - que requer a demonstração apenas da inadimplência do executado e da ausência de bens aptos à satisfação do crédito.

Já em relação ao critério das quotas de participação, tem-se que para os tribunais superiores, independe a quota de participação de um determinado sócio, mas sua efetiva participação em atos defesos em lei, é o que se depreende do Acórdão proferido pelo STJ (AgInt nos EDcl no AgInt no AREsp 1226128/SP, Rel. Ministro NANCY ANDRIGHI. TERCEIRA TURMA. Data Julgamento 15/12/2020. DJe 18/12/2020), ao determinar que "são inaplicáveis as regras de responsabilidade ordinárias dos sócios, em se tratando de desconsideração da personalidade jurídica, fundada na existência de abuso de direito". Dessa forma, há no STJ jurisprudência consolidada (AgInt no REsp 1757106/SP, Rel. Ministro MARCO AURÉLIO BELLIZZE, TERCEIRA TURMA, julgado em 02/09/2019, DJe 13/09/2019) de que "não há diferenciação entre os sócios e que todos respondem ilimitada e indistintamente pela obrigação contraída pela

empresa”. Tal entendimento é também jurisprudência consolidada de diversos tribunais estaduais, como por exemplo TJ-SP:

(...) Presença de elementos indicadores do abuso da personalidade jurídica – Responsabilização da agravante, sócia minoritária, pela execução na mesma extensão do sócio majoritário, tal como previsto na parte final do art. 50 do Código Civil – Descabimento da pretendida limitação da execução às cotas sociais da recorrente – Inadmissibilidade da fixação de honorários advocatícios no presente incidente – Ausência de previsão legal – Precedentes do C. STJ e do E. TJSP – RECURSO PROVIDO EM PARTE.

(...)

E não há limitação da responsabilidade de sócio, nos casos de desconconsideração da personalidade jurídica, ao valor das quotas mantidas na sociedade empresária.

(...)

(TJSP; Agravo de Instrumento 2175674-60.2020.8.26.0000; Relator (a): Heraldo de Oliveira; Órgão Julgador: 13ª Câmara de Direito Privado; Foro de Campinas – 3ª. Vara Cível; Data do Julgamento: 21/10/2020; Data de Registro: 22/10/2020).

Dessa forma, tem-se que quando do incidente de desconconsideração da personalidade jurídica, a responsabilidade patrimonial do sócio não possui limite em sua cota de participação, sendo, portanto, tal entendimento complementar ao art. 1.052 do Código Civil.

IV. CONCLUSÃO

Embora fundamental para conferir segurança jurídica para empresas e atividades econômicas em geral, a personificação não pode ser usada para fins de infringir o ordenamento jurídico pátrio, daí a necessidade de que em casos singulares em decisões interlocutórias a personalidade possa ser desconsiderada. Contudo, tal mecanismo é excepcional, pois sua utilização pode ensejar uma desvalorização da pessoa jurídica, tão necessária para o desenvolvimento econômico de uma nação, não podendo, portanto, ser utilizado quando o próprio ordenamento jurídico já estabelece outros mecanismos para extensão de tal responsabilidade.

Dessa forma, a Lei 13.874/19 reforça o caráter excepcional da decisão de desconsideração da personalidade jurídica e na esfera cível impondo requisitos específicos para sua utilização, nesse sentido, analisando a jurisprudência pátria, observa-se que após a vigência dessa lei, firmou-se nas cortes superiores o entendimento de que a responsabilidade patrimonial quando da desconsideração da personalidade incidirá de maneira solidária sobre todos os sócios ou administradores que tenham participado dolosamente ou que dolosamente tenham auferido vantagens reais com o uso indevido da personalidade jurídica, lesando terceiros, dessa forma, a responsabilidade de cada sócio não está restrita à sua cota de participação na sociedade.

Outro ponto importante diz respeito à responsabilidade do administrador diversa daquela *interna corporis* já prevista no art. 158 da lei 6.404/1976, tal modificação representa em alguns casos a inserção de terceiro diverso dos sócios constituidores da sociedade no rol de responsáveis patrimonialmente pela personalidade.

Tais inovações somadas à responsabilidade solidária, reforça para todos os sócios a necessidade de participação associativa e fiscalização e implemento de técnicas de gestão eficazes como solução.

Por fim, é possível observar que a proteção pretendida e alcançada na seara eminentemente cível não alcançou a seara consumerista, em razão da aplicação direta

do código de defesa do consumidor, tampouco a esfera trabalhista onde ainda se aplica a teoria menor, com fulcro no art. 5º do art. 28 da mesma Lei 8.078/1990, importando somente a lesão causada e não conhecendo das hipóteses de desvio de finalidade ou confusão patrimonial, reforçados na própria Lei da Liberdade Econômica, dessa forma, conclui-se que embora a novel legislação tenha de fato proporcionado maior proteção à personalidade jurídica, o alcance da plena proteção ainda carece de alterações legislativas.

Neste trabalho não se pretendeu exaurir o tema relacionado à desconsideração da personalidade jurídica, tampouco as possibilidades de aplicações da Lei 13.874/2019 nos diferentes ramos do direito, porém, analisando diferentes opiniões e julgados foi possível concluir pelo avanço da legislação, em especial, aquela aplicada na seara cível, mas que ainda carece de aperfeiçoamento, principalmente quanto às possibilidades de aplicação na justiça do trabalho.

V. REFERÊNCIAS

BARBOSA, Sérgio C. *et al.* **Legalização de Empresas e demais Pessoas Jurídicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2022;

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 8, p. 1-74, 11 jan. 2002;

BRASIL. Lei nº 13.874, de setembro de 2019. Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica; estabelece garantias de livre mercado; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13874.htm>. Acesso em: 01 de dez. 2022;

CORREA, Amanda Z. A desconsideração da personalidade jurídica e os aspectos trazidos pela lei da Liberdade Econômica. Migalhas. 06 de ago. 2021. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/349650/a-desconsideracao-da-personalidade-juridica>>. Acesso em: 22 de abril de 2023.

GAGLIANO, P. S.; PANPLONA FILHO, R. **Manual de Direito Civil**: volume único. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2021;

HADAD, E. T.; VARGA, D.D. **Desconsideração da personalidade jurídica**: o que muda com a nova lei da liberdade econômica. Migalhas. 08 de maio de 2020. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/326365/desconsideracao-da-personalidade-juridica---o-que-muda-com-a-nova-lei-da-liberdade-economica>>. Acesso em: 01 de dez. 2022;

LEONARDO, R. X.; RODRIGUES JÚNIOR, O. L. A desconsideração da pessoa jurídica – Alteração do art. 50 do Código Civil: art. 7º. In: Comentários à Lei da Liberdade Econômica - Lei 13.874/2019. Orgs. MARQUES NETO, F. P.; LEONARDO, R. X.; RODRIGUES JÚNIOR, O. L. 1. ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019;

SILVA, Otávio A. M. **Desconsideração da Personalidade Jurídica no Brasil**. Jusbrasil. 30 de dez. 2015. Disponível em: <<https://otavioaugustomantovani.jusbrasil.com.br/artigos/283254950>>. Acesso em: 22 de abril de 2023;

TARTUCE, Flávio. **Manual de Direito Civil**: volume único. 9. ed. São Paulo: MÉTODO, 2019;

TOMASEVICIUS FILHO, Eduardo. A tal “lei da liberdade econômica”. **Revista da Faculdade de Direito**, Universidade de São Paulo. v. 144. p. 121-123. São Paulo, 2019;

VITAL. Danilo. Desconsideração da personalidade jurídica não se aplica a sócio não-gestor, diz STJ. *Consultor Jurídico*. 20 de fev. 2021. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2021-fev-20/idpj-nao-aplica-socio-poder-gestao-stj>>.

Acesso em: 01 de set. 2022.

VII. COPYRIGHT

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

EDUCAÇÃO ESPECIAL NO CONTEXTO DA PANDEMIA/PÓS-PANDEMIA DE COVID-19

SPECIAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC/POST-PANDEMIC OF COVID-19

Bianca Moretti Vieira Palmieri¹
Maria Lourdes Gisi²

Resumo - Em março de 2020, com o alastramento da Covid-19, as escolas brasileiras entraram em Ensino Remoto Emergencial. Com o prolongamento da pandemia, a situação inicialmente tida como emergencial passou a se perpetuar e impactar cada vez mais a rotina da comunidade escolar. No que tange à Educação Especial, as adaptações curriculares que já eram desafiadoras no período regular, passaram a ser ainda mais desafiadoras no ambiente virtual. Visando investigar as principais mudanças ocorridas na Educação Especial em função da pandemia de Covid-19 foi realizada uma revisão integrativa dos trabalhos já publicados sobre o assunto. Para a análise dos resultados, utilizou-se a análise de conteúdo de Bardin (2021) que consiste em um conjunto de técnicas de análise divididas em três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados. Analisando todos os resultados encontrados, foi possível identificar que os principais contextos abordados nas publicações a respeito da Educação Especial durante a pandemia, versavam sobre: a atuação docente, acessibilidade, políticas públicas, formação docente, estratégias educacionais, utilização de recursos e participação das famílias no processo de escolarização.

Palavras-chave: Educação Especial. Pandemia Covid-19. Escolarização.

Abstract - In March 2020, with the spread of Covid-19, Brazilian schools entered Emergency Remote Teaching. With the extension of the pandemic, the situation initially seen as an emergency began to perpetuate itself and increasingly impact the routine of the school community. Regarding to Special Education, the curriculum adaptation that were already challenging in the regular period, became even more demanding in the virtual environment. In order to investigate the main changes that occurred in Special Education due to the Covid-19 pandemic, an integrative review of the works already published on the subject was carried out. For the analysis of the results, Bardin's content analysis was used, which consists of a set of analysis techniques divided into three phases: pre-analysis, material exploration and treatment of results. Analyzing all the results found, it was possible to identify that the main contexts seen in publications regarding Special Education during the pandemic were about:

¹ Mestranda em Educação (PUCPR/Curitiba-PR); Bacharel em Psicologia (PUCPR). Contato: biancamvp@hotmail.com.

² Doutora em Educação (UNESP); Docente da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Contato: mariagisi@pucpr.br.

teaching performance, accessibility, public policies, teacher training, educational strategies, use of resources and participation of families in the schooling process.

Keywords: *Special Education. Pandemic Covid-19. Schooling.*

I. INTRODUÇÃO

Em março de 2020, com o alastramento da Covid-19, seguindo recomendações do governo, as escolas brasileiras entraram em Ensino Remoto Emergencial (ERE). Com o prolongamento da pandemia, a situação inicialmente tida como emergencial (e por sua vez, temporária) passou a se perpetuar e impactar cada vez mais a rotina da comunidade escolar. No que tange a Educação Especial, as adaptações curriculares que já eram desafiadoras no período regular, passaram a ser ainda mais no ambiente virtual, seja pelo caráter impremeditado da pandemia de Covid-19, ou pela falta de recursos tecnológicos disponíveis de maneira igualitária por parte da comunidade escolar.

Cabe destacar que para muitos alunos da Educação Especial, também ocorreu a interrupção/descontinuidade das intervenções terapêuticas com equipe multidisciplinar externa que ocasionou significativo agravamento de sintomas e dificuldades de manter uma rotina escolar funcional. Passados quase três anos desde o início da pandemia, propõe-se a seguinte pergunta de pesquisa: **Quais foram as mudanças ocorridas na Educação Especial devido a pandemia de Covid-19?**

Uma vez determinada essa questão, foram delimitados os seguintes objetivos: ampliar o conhecimento a respeito da Educação Especial no contexto da pandemia/pós-pandemia e identificar o impacto da pandemia de Covid-19 na Educação Especial. Para tal, foi realizada uma revisão de literatura, tecendo um levantamento dos trabalhos já publicados sobre o assunto. Optou-se por uma revisão integrativa, devido a sua exigência de sistematização e possibilidade de incluir estudos que utilizem não apenas dados quantitativos, mas também qualitativos, teóricos e empíricos (MATTAR e RAMOS, 2021).

II. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa preliminar nos periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para verificar a correlação do tema com as publicações existentes. O acesso ao portal de periódicos CAPES foi possibilitado via NA (Comunidade Acadêmica Federal) em parceria com a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) que possibilitou a visualização gratuita na íntegra de diversos artigos. A fim de empregar estratégias de busca avançadas foi realizada uma consulta a terminologias, tesouros e dicionários especializados para realizar o mapeamento de sinônimos, assim como para traduzir adequadamente os conceitos que integram o objetivo de pesquisa. Nesse caso, optou-se por utilizar o Thesaurus Brasileiro da Educação (Brased) mantido pelo INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) que tem por objetivo promover a padronização de assuntos da área de Educação. Para o mapeamento terminológico, consonante com o tempo disponível para a realização da revisão, foram utilizados os descritores: Educação Especial e Pandemia, utilizando o operador booleano AND (E) que equivale à intersecção.

Buscou-se identificar publicações que compreendiam o período de março de 2020 (início da pandemia Covid-19) até janeiro de 2023. Por se tratar de uma revisão integrativa, inicialmente todos os resultados encontrados foram incluídos e exportados para um *software* específico, denominado *Mendeley Desktop*, para a gestão das referências bibliográficas, bem como a deduplicação, restando 522 trabalhos para

análise. Definiu-se como critérios de exclusão: publicações duplicadas; publicações indisponíveis ou incompletas; idiomas diferentes do português, inglês e espanhol; publicações que apresentam fuga do tema (artigos que apareceram na busca com o uso do operador booleano, entretanto não falam sobre a temática foco da revisão) e publicações que correspondiam a mensagens editoriais, transcrição de entrevista ou textos de apresentação de revista. Por sua vez, os critérios de inclusão foram: obras disponíveis completas; trabalhos que apresentam reflexões teóricas e práticas acerca da Educação Especial; publicações nos idiomas: português, inglês e espanhol; trabalhos publicados a partir de março de 2020 até janeiro de 2023 e trabalhos que possam ser identificados os itens: autores, ano de publicação, palavras-chave, objetivos e aspectos metodológicos.

Após a preparação, seleção e organização dos dados coletados deu-se início a etapa de análise qualitativa dos dados. Para tal, foi escolhida a metodologia denominada análise de conteúdo proposta por Laurence Bardin (1977/2021), que consiste em um conjunto de técnicas de análise divididas em três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados. Na fase de pré-análise foi realizada a leitura dos títulos e resumos dos 522 artigos encontrados. Para Bardin (1977/2021) a leitura flutuante consiste em estabelecer contato com os documentos que serão analisados e conhecer o texto deixando-se invadir por impressões e orientações.

Revisados os critérios e aplicados todos os procedimentos da pré-análise, a amostra se restringiu a 77 artigos para a fase de exploração do material, constituindo o *corpus*, ou seja, o conjunto dos documentos para serem submetidos aos procedimentos analíticos por meio da regra de pertinência, dado que os documentos selecionados são adequados enquanto fonte de informação e correspondem ao objetivo que suscita a análise (BARDIN, 1997/2021).

Para a realização da fase de exploração do material, todos os artigos selecionados foram lidos na íntegra e tiveram suas principais informações extraídas e organizadas em uma planilha no *Microsoft Excel*. Por se tratar de uma leitura flutuante, maior ênfase foi dada ao resumo, objetivos, metodologia e resultados. Aplicados os processos de decomposição e codificação, foram criadas as seguintes categorias: temática central, contexto, área de ensino, modalidade/nível de ensino, tipo de deficiência e local em que a pesquisa foi realizada. Conseqüente foi realizado o tratamento dos resultados e interpretações, que segundo Bardin (1977/2021) consiste quando os resultados em bruto são tratados de maneira a serem significativos (falantes) e válidos. Operações estatísticas simples (cálculos de frequência e percentuais) foram realizadas para condensar e ressaltar as informações fornecidas pela análise.

III. RESULTADOS

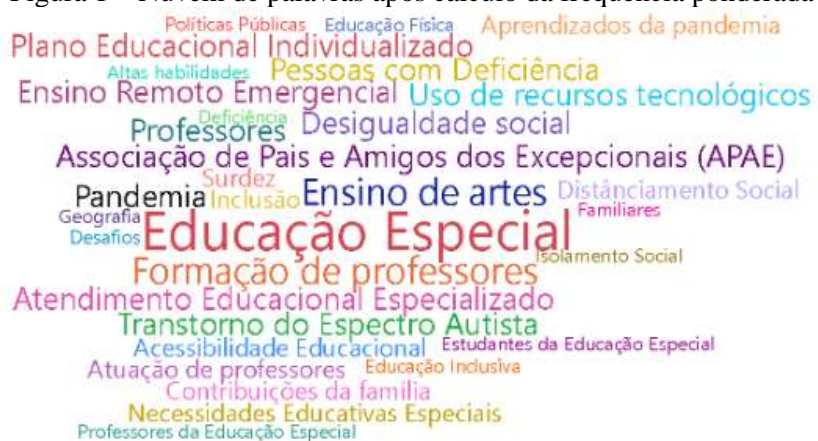
Considerando o recorte temporal da revisão, averiguou-se que o número de artigos publicados relacionando a pandemia e Educação Especial aumentou nos últimos anos. Durante o primeiro ano de pandemia (2020) foram encontrados sete artigos que atendiam aos critérios para a etapa de análise. No ano seguinte (2021), o número de publicações quadruplicou (n=28), e por sua vez, no ano de 2022 manteve um crescimento em relação ao número de publicações (n=41). Ainda que muitos questionamentos sejam atemporais, foi possível perceber que à medida que a pandemia foi se alastrando, e o tempo passando, houve aumento significativo de publicações em relação à Educação Especial.

Levando em consideração a inclusão do idioma espanhol nos critérios de seleção de material, foram identificadas publicações oriundas de outros países como Chile, Costa Rica, Equador e República Dominicana. Contudo, a maior parte corresponde às publicações produzidas no Brasil. Em relação a distribuição geográfica das publicações

analisadas, fica evidente que as regiões Sul e Sudeste concentraram o maior número de publicações (totalizando 43,9% e 34,1% respectivamente), seguida das regiões Nordeste (9,8%), Centro-oeste (7,3%), sendo a região Norte com o menor número de publicações (4,9%).

De modo a investigar as principais temáticas abordadas, as unidades de registro que apareceram com maior frequência foram transpostas para um gráfico de nuvem, devido a representação visual das palavras que mais se repetem de acordo com o tamanho em que são destacadas. No entanto, ainda que diferentes palavras tenham aparecido com maior frequência, ao transpor para o gráfico, não foi possível perceber grande ênfase em nenhuma palavra específica. Nesse caso, recorreu-se a um sistema de ponderação, na qual o pesquisador toma uma decisão ao supor que a aparição de um determinado elemento tenha mais importância do que um outro (vide Figura 1), de acordo com os objetivos propostos, obtendo assim, resultados diferentes daqueles que foram obtidos na enumeração da frequência não ponderada (BARDIN, 1977/2021).

Figura 1 – Nuvem de palavras após cálculo da frequência ponderada



Fonte: Elaborada pelas autoras, com base nos resultados obtidos (2023).

O levantamento realizado permitiu visualizar o foco das preocupações investigadas: Educação Especial, Ensino Remoto Emergencial, Professores, Formação de Professores, Pessoas com Deficiência, Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), Transtorno do Espectro Autista, Desigualdade Social, Pandemia e Uso de Recursos Tecnológicos. Constatou-se que não houve padronização nos termos utilizados, por vezes apresentavam o mesmo sentido ou eixo temático, mas com escrita distinta.

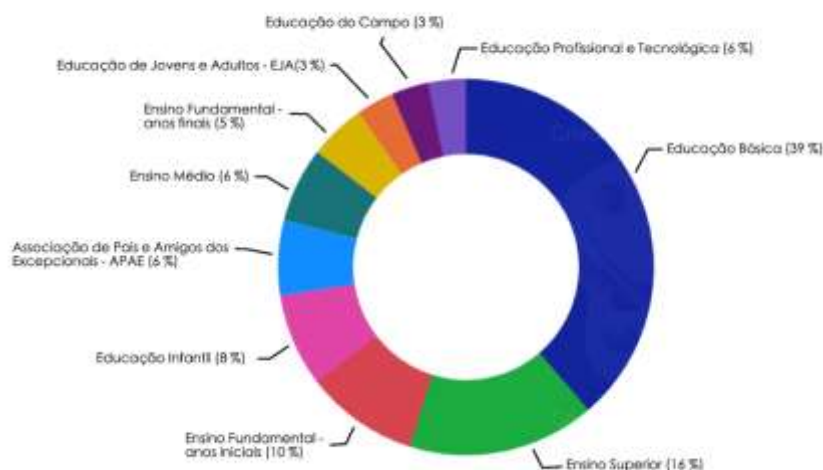
Analisando somente o tipo de deficiência, a necessidade educativa especial ou o transtorno apresentado, dos 77 artigos, menos da metade (n=37) especificou o público específico ao que se referia. O transtorno do espectro autista apareceu com maior frequência (24%) nas publicações, seguido da surdez (16%) e deficiência intelectual (11%). Representando 8% aparecem deficiência visual e paralisia cerebral espástica, conseguinte (com 5%) aparecem necessidades educativas especiais, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade e com menor percentual (apenas 3%) apareceram: cegueira, deficiência auditiva, necessidades educacionais intelectuais específicas, síndrome congênita do Zika vírus e síndrome de Down.

Durante a fase de codificação, foi possível identificar que os artigos analisados configuram diferentes áreas de ensino. Os principais destaques são a leitura e escrita (incluindo a alfabetização e redação do ENEM) e o ensino de Artes (especificando aulas de teatro, dança, música e artes visuais). Garcia, Cabral e Silva (2022) ressaltam a importância do ensino de artes, com o fomento a passeios culturais como idas a museus,

em especial para crianças e adolescentes surdas, para que esses estudantes possam ter ferramentas para exprimir e demarcar a sua identidade cultural e linguística.

Em relação aos níveis e modalidades de ensino, foi elaborado um gráfico de rosca (Figura 2) com os resultados obtidos, no qual evidencia-se que a maior parte dos artigos se referem à Educação Básica. De acordo com o Art. 21 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, compreendendo dois níveis: a Educação Básica, formada pela Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e a Educação Superior (BRASIL, 1996).

Figura 2 – Níveis e modalidades de ensino



Fonte: Elaborada pelas autoras, com base nos resultados obtidos (2023).

Com base nos resultados obtidos, 39% citam a Educação Básica como um todo, no entanto, 16% especificam as dificuldades vividas na universidade durante a pandemia, 8% relatam as especificidades da infância e seus prejuízos no momento de pandemia, 6% dizem respeito ao Ensino Médio e 15% se referem ao Ensino Fundamental (dos quais 10% correspondem aos anos iniciais e 5% aos anos finais). Em relação às diferentes modalidades de ensino, além da Educação Especial (questão centralizadora do presente trabalho), durante a revisão foram encontradas produções sobre a Educação Profissional e Tecnológica (6%), seguido da Educação de Jovens e Adultos (3%) e Educação do Campo (3%); também foram identificados trabalhos a respeito da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (6%).

Visto que a Educação Básica compreende diferentes momentos da vida do estudante, desde a sua infância (Educação Infantil) até a vida adulta (Ensino Superior), a trajetória escolar apresenta diferentes demandas, condizentes com cada fase da vida. Apesar da pandemia de Covid-19 ter afetado todos os níveis de ensino, cada nível foi impactado de acordo com as suas especificidades, a exemplo (com base na experiência profissional das autoras): crianças pequenas perderam o momento do brincar no parque com os coleguinhas durante o ensino remoto emergencial, que é de extrema importância para o desenvolvimento e estimulação dessas; crianças maiores tiveram dificuldade na utilização de recursos tecnológicos para o acompanhamento das aulas, já os pré-adolescentes e adolescentes que já são muito conectados e adaptados ao uso de ferramentas digitais, tiveram dificuldade em manter o foco e a atenção nas aulas, por se distraírem com facilidade frente a diferentes recursos, muitos deles assistiram as aulas, participando concomitantemente de ligações de áudio em grupo com a turma.

A respeito da heterogeneidade dos níveis de aprendizagem, Bahia e Lima (2022) constata que antes da pandemia (Covid-19) existia uma busca da homogeneização da aprendizagem, em especial nos anos de alfabetização, que difere da realidade pós-pandemia, no qual a heterogeneidade tanto das crianças como das turmas se tornou ainda mais acentuada devido à falta de acesso das crianças à escola, bem como as dificuldades em receber auxílio das famílias nas tarefas escolares durante esse período. Ainda que não explicitem o público-alvo da Educação Especial, no qual a heterogeneidade é ainda mais estrutural e acentuada, os autores evidenciam o desafio para pensar a docência com tamanha diversidade, para que exista um planejamento que alcance a diversidade de níveis de aprendizagem, de nível social e de acesso.

Um fenômeno interessante observado durante a pandemia, foi o aumento expressivo do número de estudantes com deficiência matriculados na Educação de Jovens e Adultos. Bastos (2022) afirma que uma das razões neste caso, é o fato dos estudantes que possuem laudo médico contendo CID (Código Internacional de Doenças) serem contemplados com um professor de apoio que tem como objetivo auxiliar individualmente o estudante a acompanhar as aulas regulares, reforçando a ideia da inclusão social e não segregação ou exclusão.

No que se refere ao número de alunos matriculados no Ensino Superior, Behrens (1996) defende a necessidade de se repensar o número de alunos que frequentam a mesma classe para garantir um ensino competente, uma vez que qualquer proposta metodológica corre o risco de se tornar estéril com grande número de alunos, bloqueando a participação efetiva dos alunos, tal qual a aproximação do professor e dos colegas para trabalhos coletivos.

Analisando um panorama geral de todos os resultados encontrados, foi possível identificar que os principais contextos abordados nas publicações a respeito da Educação Especial durante a pandemia, versavam sobre: a atuação docente, acessibilidade, políticas públicas, formação docente, estratégias educacionais, utilização de recursos e participação das famílias no processo de escolarização. No entanto, os contextos só se tornaram evidentes após o longo processo de análise, incluindo as etapas de codificação, categorização e interpretação dos dados, compilando as diferentes variações das unidades de registros em grandes categorias, aqui denominadas de contexto. Analisando a intersecção dos contextos, evidenciou-se que a preocupação com as estratégias educacionais utilizadas estava associada com a formação docente, em 28,6% dos artigos encontrados.

Apesar de não ter sido amplamente discutida nos artigos encontrados, Políticas Públicas apareceu como a maior intersecção com os demais contextos, representando 42,9% dos artigos. Silva, Bins e Rozek (2022) atentam que o público-alvo da Educação Especial ficou novamente invisível nas políticas públicas, decretos e decisões criadas pela pandemia, uma vez em que as condições humanas foram generalizadas, deixando as pessoas com deficiência à margem das decisões e processos, sem que seus direitos, suas necessidades e especificidades fossem reconhecidas e contempladas.

De todos os contextos identificados, o que mais se diferenciou durante a pandemia foi a discussão sobre a utilização de recursos no processo de ensino e aprendizagem. Diante da situação de ensino remoto emergencial imposta pela pandemia da Covid-19, muitos educadores passaram a utilizar recursos tecnológicos como metodologias ativas no ensino de seus conteúdos programáticos. Gonçalves e Ferreira (2021) constataram as contribuições do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) como atividade inclusiva, uma vez que podem ser muito úteis para facilitar a aprendizagem, bem como incentivar a leitura e a escrita de estudantes com necessidades

educativas especiais, em especial estudantes com transtorno de *déficit* de atenção com hiperatividade.

IV. CONCLUSÃO

Valendo-se da interpretação dos dados apresentados, conclui-se que o objetivo do presente artigo foi atendido, na medida em que foi possível identificar quais foram as mudanças ocorridas na Educação Especial em função da pandemia de Covid-19. Todavia, ressalta-se que o estudo apresenta limitações temporais ao analisar o impacto da pandemia da Covid-19, considerando assim, a importância de futuras investigações longitudinais no que diz respeito a escolarização de estudantes da Educação Especial.

De acordo com Silva, Bins e Rozek (2022), as três principais lições que o período de pandemia proporcionou a respeito da Educação Especial, foram:

- *O isolamento social*: experimentando o que as pessoas com deficiência vivem no cotidiano, referenciando as diversas vezes em que alunos da Educação Especial não são incluídos em confraternizações ou não são ‘aceitos’ em ambientes com a justificativa de que não estejam aptos para atender as demandas exigidas, ainda que seu acesso e permanência sejam previstos em lei;

- *A evidência das desigualdades sociais e a valorização dos vínculos afetivos para a constituição enquanto sujeitos das pessoas com deficiência ou alunos público-alvo da Educação Especial*: ainda que o vírus não seja democrático, uma vez que afeta mais indivíduos com comorbidades e pessoas socialmente vulneráveis, a pandemia proporcionou, pelo menos no início, uma sensação de coletividade e empatia, uma vez que todos estavam vivendo a mesma situação de excepcionalidade;

- *Aprendizagens que precisamos construir em tempos de pandemia*: para muitos, com o final da pandemia, o isolamento social e as privações vividas ficaram no passado, no entanto, pessoas com deficiência apresentam vulnerabilidade e dificuldade preexistentes à quarentena, e que em situações de crise, ficam ainda mais acentuadas, evidenciando a precariedade das políticas públicas de saúde, educação e assistência social.

Quanto às principais mudanças ocorridas na educação especial em função do período pandêmico, confirma-se a intensificação das desigualdades sociais, que interferiram diretamente, dificultando o sucesso educacional dos estudantes com necessidades educativas. Por outro lado, entendeu-se que as adaptações exigidas pela escola para acessar os diferentes estudantes, através do ensino remoto emergencial, serviram de aprendizado atemporal. Evidenciou-se a importância de pensar em uma educação que atinja todos os estudantes, que só é possível quando a diversidade humana é levada em consideração.

Durante a pandemia, muitos desacreditaram ser possível incluir, no entanto, a flexibilização nas entregas dos trabalhos, a empatia exercida neste período, bem como o uso de recursos tecnológicos possibilitou para muitos, melhor acesso aos conteúdos propostos. Conclui-se reafirmando a inclusão, não como uma escolha, e sim como um exercício de cidadania, que por sua vez, deve ser exercida, através do conhecimento adequado e disposição.

V. REFERÊNCIAS

BAHIA, S. B. de M. H.; LIMA, S. D. de. A docência dos professores alfabetizadores: a relação entre a educação infantil e os anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Educação e Emancipação**, São Luís, MA, v. 15, n. 2, 2022. Disponível em: <http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/reducacaoemancipacao/article/view/20403>. Acesso em: 8 fev. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. [1997] Tradução de: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2021.

BASTOS, S. A. A Educação de Jovens e Adultos: as concepções sociais que interferem nas questões curriculares cotidianas. **Revista Nova Paideia - Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, Brasília, DF, v. 4, n. 3, p. 836 - 847, 2022. Disponível em: <https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/209>. Acesso em: 8 fev.

2023.

BEHRENS, M. A. **Formação continuada dos professores e a prática pedagógica**. Apresentação: Marcos T. M. Curitiba: Champagnat, 1996.

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 13 fev. 2023.

GARCIA, M. I. dos S.; CABRAL, R. G.; SILVA, B. R. da. “Cadê o Museu?” Reflexões Sobre o Impacto da Pandemia nos Espaços Culturais e Educadores Surdos de Museus. **Revista Lusófona de Estudos Culturais**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 105–125, 2022. Disponível em: <https://rlec.pt/index.php/rlec/article/view/3679>. Acesso em: 8 fev. 2023.

GONÇALVES, S.; FERREIRA, B. E. B. A convergência tecnológica e digital, o ensino remoto emergencial e os alunos com TDAH que frequentam os anos finais do ensino fundamental. **Texto Livre**, Belo Horizonte, MG, v. 14, n. 1, p. e25043, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivres/article/view/25043>. Acesso em: 8 fev. 2023.

MATTAR, J.; RAMOS, D.K. **Metodologia da pesquisa em educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas**. 1.ed. São Paulo: Edições 70, 2021.

SILVA, K. W. da; BINS, K. L. G.; ROZEK, M. A Educação Especial e a Covid-19: aprendizagens em tempos de isolamento social. **EDUCAÇÃO**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 124–136, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/educacao/article/view/8914>. Acesso em: 8 fev. 2023.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: As autoras são as únicas responsáveis pelo material incluído no artigo.

MICROBIAL L-GLUTAMINASE, A PROMISING AGENT WITH ANTITUMOR POTENTIAL: A LITERATURE REVIEW

L-GLUTAMINASE MICROBIANA, UM AGENTE PROMISSOR COM POTENCIAL ANTITUMORAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Sarah Signe do Nascimento¹
Cristina Maria de Souza-Motta²
Leonor Alves de Oliveira da Silva³
Neiva Tinti de Oliveira⁴

Abstract – With the significant advances in recent decades in understanding how the processes of progression of neoplastic cells to metastasis occur, there are metabolic changes; Glutaminolysis is one of the altered pathways due to energy needs in tumor microenvironments. L-glutaminase has antitumor potential in hematological and non-hematological cancers, as glutamine deprivation causes degeneration of cells that depend on this amino acid. The respective enzyme is produced by several micro and macroscopic organisms, however, it is the microorganisms that have food and pharmaceutical industrial potential. This narrative review covers a dated period with narratives that describe from the first experiments and discovery of the enzyme to the present day (2023), which include experimental articles and literature reviews published in English on Google Scholar platforms, CAPES journals, Scielo and PubMed. Therefore, considering the increasing progression of research on tumor cell metabolism, the importance of applying this amidohydrolase and the search for promising sources of enzymatic production, as a therapeutic bias; In this article, we review prokaryotic and eukaryotic sources of L-glutaminase production, highlight microbial enzyme production, and summarize commonly used purification methods and enzyme action aimed at pharmaceutical application.

Keywords: Antitumor. Optimization. Microbial L-glutaminase. Purification. L-glutaminase Fermentation.

¹ Master in Fungi Biology (UFPE); Specialist in General Microbiology (FUNESO); PhD student in Biology of Fungi UFPE/campus-Recife. Contact: sarah.signe@ufpe.br.

² PhD in Biological Sciences (UFPE); Master in Cryptogams (UFPE); Curator of Micoteca URM; Full Professor (UFPE). Contact: cristina.motta@ufpe.br.

³ PhD in Biological Sciences (Applied Microbiology) (UNESP). Master in Organic Chemistry (UFMS); associate professor level III (UFPE/UFPB). Set Pres. Castelo Branco III, João Pessoa - PB, 58050-585. Contact: laodls@yahoo.com.br.

⁴ PhD in Genetics and Molecular Biology (Unicamp); Master in Phytopathology (UNB); Full Professor (UFPE). Contact: netinti@hotmail.com.

Resumo - Com os avanços significativos nas últimas décadas sobre a compreensão de como ocorrem os processos de progressão das células neoplásicas até a metástase, estão as alterações metabólicas; a glutaminólise é uma das vias alteradas devido a necessidade energética em microambientes tumorais. A L-glutaminase apresenta potencial antitumoral, em cânceres hematológicos e não hematológicos, pois a privação de glutamina causa degeneração as células que dependem desse aminoácido. A respectiva enzima é produzida por diversos organismos micro e macroscópicos, porém, são os microrganismos que apresentam potencial industrial alimentício e farmacêutico. Essa revisão narrativa abrange um período datado com narrativas que descrevem desde os primeiros experimentos e descoberta da enzima até os dias atuais (2023), que incluem artigos experimentais e revisões de literatura publicados em inglês nas plataformas Google Acadêmico, periódicos CAPES, Scielo e PubMED. Portanto, considerando a crescente progressão das pesquisas sobre metabolismo das células tumorais, a importância da aplicação desta amidohidrolase e a busca por fontes promissoras de produção enzimática, como um viés terapêutico; neste artigo revisamos fontes procarióticas e eucarióticas produtoras da L-glutaminase, destacamos a produção enzimática microbiana, e resumimos métodos de purificação usualmente utilizados e a ação da enzima voltada para a aplicação farmacêutica.

Palavras-chave: Antitumoral. Otimização. L-glutaminase Microbiana. Purificação. Fermentação L-Glutaminase.

I. INTRODUCTION

Tumor cells have metabolic imbalances, as they require a greater energy demand than normal cells (HU *et al.*, 2021; MATÉS *et al.*, 2018; URBANO, 2021), among these alterations then the uptake of extracellularly disposed nutrients (JIANG *et al.*, 2019). There are enzymes that act in the degradation of nutrients, said to be essential for tumor cells, leading them to nutritional deprivation and consequently inducing apoptosis (DARVISHI *et al.*, 2022). A L-glutaminase (GLS; CE 3.5.1.2) is a mitochondrial enzyme that acts via glutaminolysis, responsible for the deamination of glutamine that releases glutamate and ammonium ions (NH₄⁺) (KIM *et al.*, 2021), which supports the propagation of neoplastic cells producing biosynthesis of macromolecules and antioxidant agents (MATÉS *et al.*, 2020) with antitumor action in hematological cancers (HU *et al.*, 2021; PARLATI *et al.*, 2013) and solid tumors (WU *et al.*, 2019).

The glutaminolytic pathway is an important energy source for neoplastic cells (HU *et al.*, 2021; MATÉS *et al.*, 2020; URBANO, 2021) and its nutritional blockade becomes a promising therapeutic target (GAO *et al.*, 2021; KOCH *et al.*, 2020; SINGLETON *et al.*, 2020). The antitumor action of L-glutaminase has been known for several decades (ROBERTS & FRANKEL, 1950), inhibiting the growth of several cancerous strains (DURTHI *et al.*, 2020; HU *et al.*, 2020; LOBO *et al.*, 2000). In addition to antitumor therapeutic applications, they also have antiviral effects (LOUCIF *et al.*, 2021), reduce acrylamide in food, a neurotoxic compound with carcinogenic potential (DURTHI *et al.*, 2020); produce theanine (SHUAI *et al.*, 2019), soy-based sauces (BARZKAR *et al.*, 2021) and flavor enhancers (FERREIRA *et al.*, 2021).

The enzyme is produced by a wide range of macro (KREBS, 1935; SCHULZE & BOSSHARD, 1883) and microscopic (MOSALLATPOUR *et al.*, 2019; MOSTAFA *et al.*, 2019), and can be excreted intra or extracellularly. However, it is those of microbial origin that have economic relevance with wide pharmaceutical (MASISI *et al.*, 2020) and food (DURTHI *et al.*, 2020) industrial application. The enzyme produced by microorganisms has advantageous factors for the industry, such as cultivation method, process viability, genetic engineering, purification techniques, high salinity tolerance, stability in a wide range of pH and temperature (DURTHI *et al.*, 2020; MASISI *et al.*, 2020).

For the extraction of microbial L-glutaminase, different cultivation techniques can be

used, such as Submerged Fermentation (SMF) (SALEEM *et al.*, 2021) and Solid State Fermentation (SSF) (El-Sayed, 2009a); with synthetic or alternative medium using agro-industrial residues to enhance enzyme production (DURTHI *et al.*, 2020; ORABI *et al.*, 2019). When carrying out the fermentation processes, the growth and nutritional habits of the microorganisms must be taken into account, as well as whether their metabolites are free or with low toxicity, being safe for use in humans and animals (YAFETTO, 2022). Therefore, they are the most relevant microbial because they have peculiar characteristics that make the process more efficient, have wide applicability and industrial economic interest (DURTHI *et al.*, 2020). This review aimed to compile the publications involving the first scientific records of the existence of L-glutaminase, highlighting the enzyme-producing microorganisms and production optimization methods, as well as enzymatic characterization and purification techniques.

II. METHODOLOGY

This review article deals with research on the production of microbial L-glutaminase as a potential antineoplastic agent. The research was based on the description by Pereira *et al.* (2018). The platforms used were Google Scholar, CAPES, Scielo and PubMed journals. Books, experimental articles and review articles published between the years 1866 to 2022 were selected to compose this review, and final course work, dissertations, theses, booklets, website information and congress abstracts were excluded. For the research were used as keywords: Antitumor; Optimization; microbial L-glutaminase; purification; L-glutaminase fermentation. The results of the research that supports this article were expressed descriptively.

III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 - Historical background of L-glutaminase

In the middle of the 19th century, an amino acid from gliadin (gluten protein) was isolated by Karl Heinrich Leopold Ritthausen; wheat seeds were hydrolyzed with sulfuric acid and the new substance was named glutamic acid (RITTHAUSEN, 1866). Almost a decade later Fröhlich *et al.*, (1977) refuted the results obtained by Ritthausen, claiming that acid was not the most suitable substance for extraction in seeds. Ernst Schulze & Emil Bosshard in 1883, described an asparagine homologue (Asn) acting in plant tissues, isolated from beet juice extract boiled with hydrochloric acid; the new substance was less stable and did not spontaneously form crystals from complex mixtures of amino acids (DANTAS *et al.*, 2020). This substance is the amide of glutamic acid, named glutamine (Gln) (COTE *et al.*, 2018).

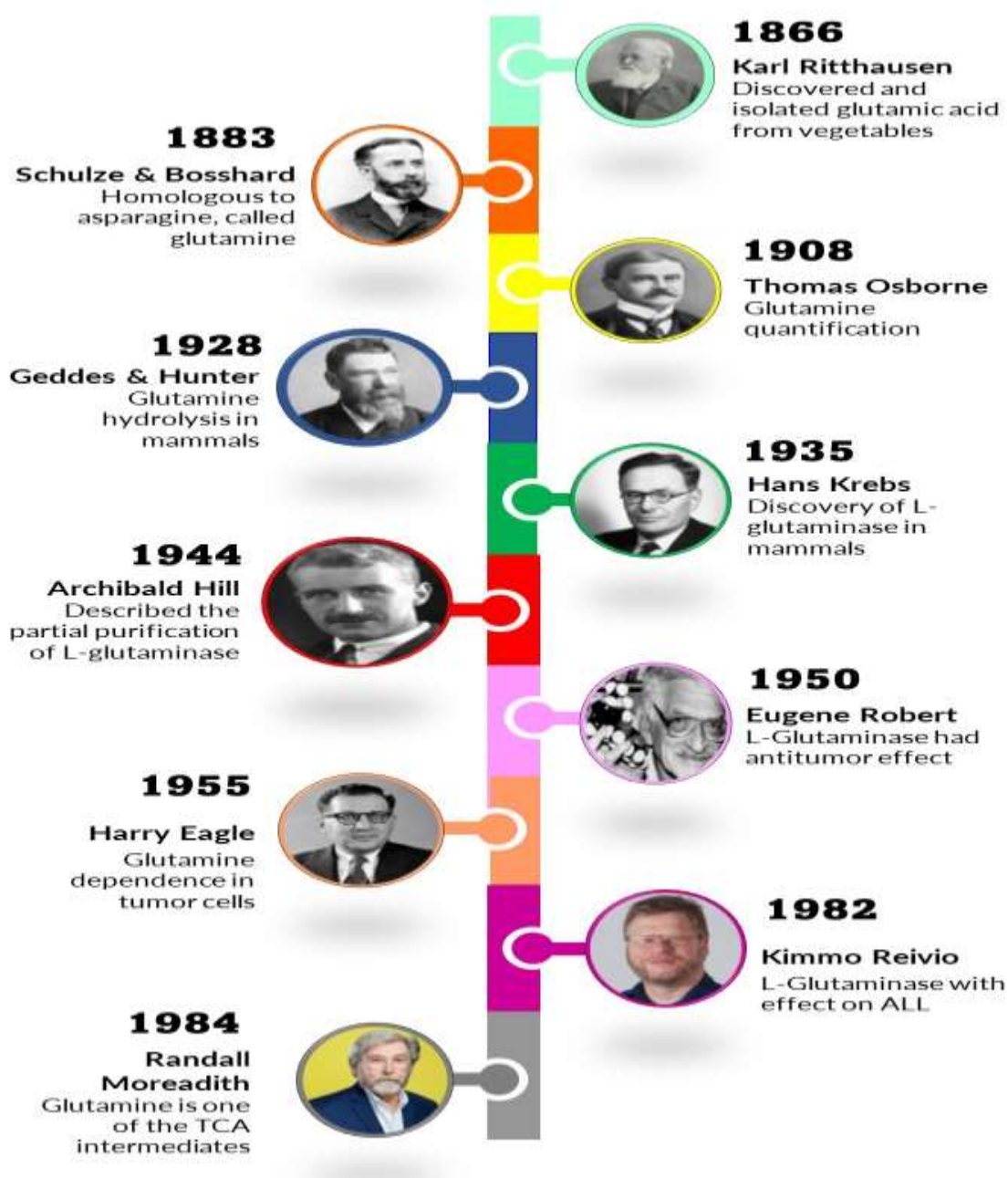
The first technical records of quantification of ammonia released from glutamine by esterification with hydrochloride in seeds were in 1908 with Thomas Burr Osborne (OSBORNE, 1908) The enzymatic hydrolysis of glutamine in mammals was only described a few decades after Osborne's discovery. Geddes & Hunter (1928) investigated the specificity of asparaginase in kidney and liver tissues of rabbits with yeast extract, in their experiments they identified the presence of glutamine in animals, possibly the first reports of this hydrolysis. However, results were inconclusive on whether glutamine and asparagine were hydrolyzed by the same enzyme (ALHARBI *et al.*, 2020; EID *et al.*, 2016).

The presence of a specific enzyme capable of hydrolyzing glutamine, named glutaminase, was described in mammals for the first time by Hans Adolf Krebs, in 1935, in studies with organs of rabbits he identified the presence of an enzyme different from asparaginase, distinct from each other classified by glutamine degradation only, as renal type (glutaminase type I) and hepatic type (glutaminase type II) (HISCOCK & PEDERSEN, 2002; KREBS, 1935). Partial purification of glutaminase was described by Archibald

(1944), to determine the ammonia content of glutamine contained in blood and plant extracts, by two different methods, Nesslerization and filtrate distillation.

According to Eagle, glutamine is essential for the survival of mammalian cells (EAGLE, 1955); Roberts & Frankel (1950) e Ramadan e colaboradores (1964), reported that glutaminase had an antitumor effect. It was in the 1980s that there were the first reports that glutaminase had an effect on cellular metabolism in patients with Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL) (RAIVIO & ANDERSSON, 1982). Lavietes e colaboradores (1974), in a study with murine lymphoma cells, raised the hypothesis that glutamine and glutamate provide energy to the cell through oxidative phosphorylation (Figure 1). In 1984, it was identified that energy supply depends on metabolic demand, which is specific for each type of tumor cell. In the last 20 years, research has focused on identifying compounds with inhibitory action on the glutaminolytic pathway, in the search for new sources capable of repressing tumorigenesis (GAO *et al.*, 2021; KOCH *et al.*, 2020; XIA *et al.*, 2021).

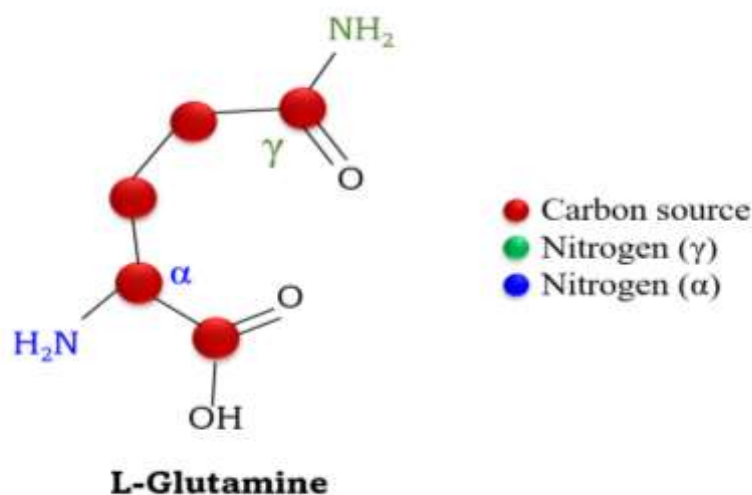
Figure 1 - timeline of the greatest discoveries in the performance of L-glutaminase



3.2 – Glutamine and its fundamental energetic role

Glutamine (Figure 2) is the most abundant amino acid circulating in the human body and present in tissues that have high rates of cell division (MESTRE-FARRERA *et al.*, 2021), at a concentration of 0.6 to 0.9 mmol/L in blood plasma (HENSLEY *et al.*, 2013), can vary from 10 to 100 times compared to other classes of amino acids (CRUZAT, 2018). Classified as a non-essential amino acid (NEAAs) it is versatile and proteinogenic, which confers biomass accumulation and provides energy to neoplastic cells (MATÉS *et al.*, 2020).

Figure 2 - Chemical structure of glutamine

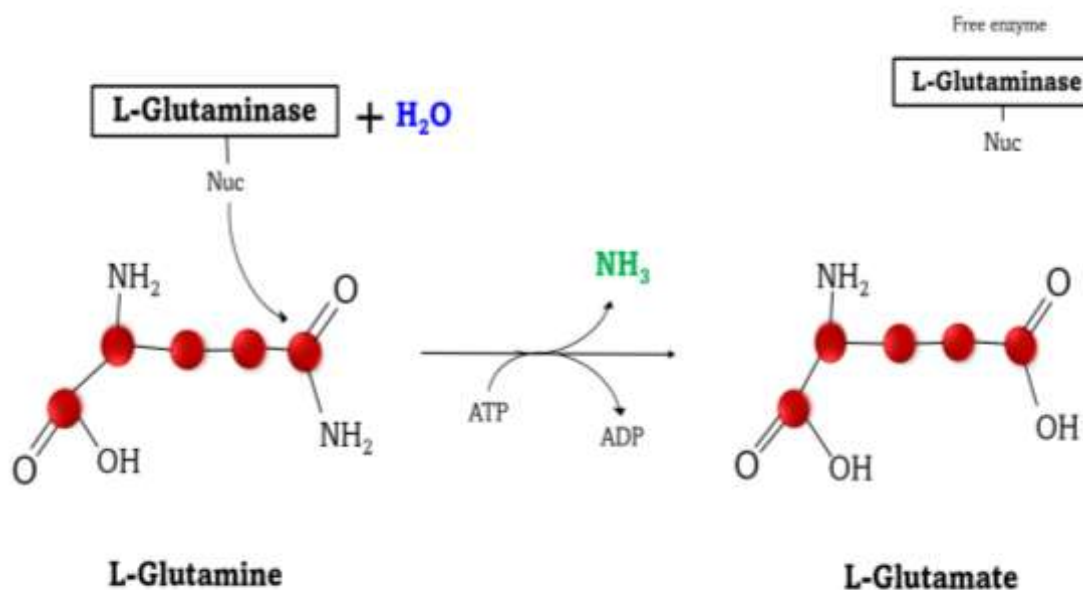


Source: Modified Zhang *et al.* (2017)

The scarcity of this amino acid confers damage to the development (Jiang *et al.*, 2019) of distinct human cell lineages (EAGLE *et al.*, 1956). There are numerous applications of glutamine in primary metabolic functions of cells, such as: macrophages (ENDICOTT *et al.*, 2021), lymphocytes (EDWARDS *et al.*, 2021), enterocytes (LI *et al.*, 2021), hepatocellular carcinoma (WOON KIM *et al.*, 2021) and HeLa cells (REITZER *et al.*, 1979). Depending on the cellular energy demand, glutamine assumes the function of essential amino acids (EAAs) (DETERS & SALEEM, 2021) in specific cases such as: neoplasms (ALTMAN *et al.*, 2016), septicemia (WANG *et al.*, 2020), after surgical procedures (Y. WANG *et al.*, 2021), inflammatory processes (HE *et al.*, 2022), after post-traumatic stress (PRESTON *et al.*, 2021) and intense physical exercises (ALIPANAH-MOGHADAM *et al.*, 2022). In addition, this amino acid acts in the sequestration of free ammonia in the body, a result of the synthesis of other amino acids (KREBS *et al.*, 1980).

Glutamine synthesis occurs by the action of two main enzymes, Glutamine Synthetase (GS, EC 6.3.1.2) occurs in the incorporation of ammonium consumption ions to glutamate with ATP, forming glutamine and catabolism by Glutaminases hydrolyzing glutamine (MATÉS *et al.*, 2019) (Figure 3). The enzymatic imbalance of both anabolism and glutamine catabolism are factors that contribute to metastatic progression and are directly related to the tumor microenvironment and cellular nature (MASISI *et al.*, 2020).

Figure 3 - L-glutamine synthesis



Source: Modified Elshafei (2014)

Due to the structural similarity with asparagine, glutamine can be hydrolyzed under special conditions by Asparaginases (ASN, EC 3.5.1.1) (SHRIVASTAVA *et al.*, 2016), when the simultaneous hydrolysis of amino acids occurs the enzyme is called glutaminase-asparaginase (EC 3.5.1.38) (SAEED *et al.*, 2018) as identified in *Cryptococcus* sp. and *Rhodotorula* sp. (IMADA *et al.*, 1973). Asparaginase may have low affinity for glutamine such as those excreted by *Erwinia chrysanthemi* (MUNHOZ COSTA *et al.*, 2022), *Aspergillus terreus* (FARAG *et al.*, 2015), *Trichoderma viride* (LINCOLN *et al.*, n.d.), *Penicillium* sp. (CARDOSO *et al.*, 2020; NGUYEN *et al.*, 2021), *Escherichia coli* and *Serratia marsecens* (NGUYEN *et al.*, 2018). Glutamine can be hydrolyzed by Asparagine Synthetase (ASNS, EC 6.3.5.4) also known as glutamine-dependent Asparagine Synthetase or Asparagine Synthetase (glutamine hydrolysis); as it provides ATP from N-starch explosion for ammonia production in asparagine catabolism (CHIU *et al.*, 2020).

3.3 - Fungal produced L-glutaminase

Fungi perform several distinct functions within ecosystems, ranging from incorporation of substances into plants to decomposers of organic matter (GROSSART *et al.*, 2019). The adaptation of fungal metabolism to different nutritional sources propilate the production of secondary metabolites of clinical importance such as antibiotics (GERKE *et al.*, 2022), pigments (LIU *et al.*, 2018) and enzymes (AWAD *et al.*, 2021); biologically active compounds that have wide industrial applicability (JIANG *et al.*, 2021). One of the main fungal characteristics is the enzymatic production, which in this context, this amidohydrolase is produced on an industrial scale by *Aspergillus* sp. (HUANG *et al.*, 2014). L-glutaminase purified from *Aspergillus versicolor* Faesay4 (AWAD *et al.*, 2021) and *Aspergillus flavus* (ABU-TAHON & ISAAC, 2019) has antitumor activity against human liver cells (HepG-2), colon (HCT-116), breast (MCF-7), lung (A-549) and HeLa cell lines, detectable by the 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT) assay. Other fungi said to produce L-glutaminase with antineoplastic potential are: *Fusarium nelsonii* (SOREN *et al.*, 2020), *Mucor*

circinelloides (KHALIL *et al.*, 2020), *Beauveria* sp. (SABU *et al.*, 2000), *Cryptococcus albidus* and *Candida albicans* (IMADA *et al.*, 1973).

3.4 - Bacterial L-glutaminase

Bacillus sp. is said to be the bacterial genus commonly used on an industrial scale as a producer of this amidohydrolase (DURTHI, POLA, RAJULAPATI, KOLA, *et al.*, 2020). Among the bacteria that have an industrial application profile is *Microcococcus luteus* K-3, which produces type I and II glutaminase (MORIGUCHI *et al.*, 1994). A *Kosakonia radicincitans* produces extracellular L-glutaminase under conditions of neutral pH at body temperature (Ramli *et al.*, 2021). *Achromobacter* glutaminase-asparaginase has shown antitumor activity for Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL) and Acute Myeloid Leukemia (AML) in humans (SPIERS & WADE, 1976). In studies with *Erwinia chrysanthemi*, it was observed that there was greater activity of the glutaminolytic asparaginase, acting in the depletion of glutamine, in treatments of patients with AML (EMADI *et al.*, 2018; MUNHOZ *et al.*, 2022). However, according to Munhoz, glutamine depletion by asparaginase excreted by *E. chrysanthemi* has cytotoxic effects in patients with ALL (MUNHOZ COSTA *et al.*, 2022) Other bacteria with low-yield partial glutamic activity are those excreted by *Escherichia coli* and *Serratia marsecens* (NGUYEN *et al.*, 2018). Among the various bacterial strains that have different forms of enzymatic excretion, *Vibrio azureus* JK-79 produces extracellular L-glutaminase (KIRUTHIKA & SARASWATHY, 2013) and *Pseudomonas nitroreducens* SP.001 with intracellular activity (SHEN *et al.*, 2021). *Acinetobacter* glutaminase-asparaginase (AGA) showed antitumor action in cell cultures of human pancreatic carcinoma (MIA PaCa-2) (WU *et al.*, 1982).

3.5 - L-glutaminase and actinomycetes

Actinomycetes are found in terrestrial and aquatic habitats and have economic relevance as they produce useful secondary metabolites (ORABI *et al.*, 2019). An abundance of microorganisms produce L-glutaminase, however, few actinomycetes are exploited as producers of pharmaceutical metabolites, such as the genus *Streptomyces* (EL-GENDY *et al.*, 2022). *S. canarius* FR is efficient in antiproliferative activity for Hep-G2, HeLa, HCT-116 and RAW cell lines (REDA, 2015). Other L-glutaminase producing *S. pratensis* NRC 10 (TORK *et al.*, 2018), *S. olivochromogenes* SE 03178, *S. nettopse* SE 03723 and *S. griseoflavus* SE 03428 (IMADA *et al.*, 1973).

3.6 - Production of L-glutaminase

Microbial L-glutaminase can be produced by various methods such as Submerged Fermentation (SMF) and Solid State Fermentation (SSF) (DURTHI *et al.*, 2020). Fermentation using microorganisms must be taken into account some important points, such as: growth habits, type of substrate, metabolites produced by the organism, enzymatic yield, forms of cultivation, different applications of enzymatic purification techniques, diversified industrial use, salinity tolerance, stability over a wide range of pH and temperature (MASISI *et al.*, 2020; UPADHYAYA *et al.*, 2016). In Submerged Fermentation, various combinations of amino acids are used as a substrate to induce enzyme production whose parameters can be controlled, *Aspergillus versicolor* *Faesy4* (AWAD *et al.*, 2021). L-glutaminases produced commercially on large scales with the SSF technique, *Bacillus subtilis* OHEM11 (ORABI *et al.*, 2019), *Zygosaccharomyces rouxii* NRRL-Y 2547 (Kashyap *et al.*, 2002) and *Trichoderma koningii* (EL-SAYED, 2009B). The main advantage over SMF (PANDEY, 1992)) is the conversion of various agro-lignocellulosic residues such as peels, bagasse,

seeds, pulps, oil cakes and straws can serve as substrates for the diversity of secondary metabolites produced by microorganisms (OBI *et al.*, 2016).

3.7 - Quantification of L-glutaminase

L-glutaminase activity can be determined by ammonia quantification techniques and by quantification of acids that are released by the enzymatic hydrolysis of glutamine. In the qualitative test, the rapid screening of microorganisms is carried out, which can be based on the colorimetric test with the phenol red or bromothymol blue (BTB) reagent, the color change indicated by the change in pH, resulting from the production of the metabolite in the medium that contains as glutamine-inducing substrate; the result can be obtained in 24 to 48 hours (GULATI *et al.*, 1997). One of the most commonly used methods is the quantification of the ammonia released from the hydrolysis of glutamine by L-glutaminase, this method is known as Nesslerization, a colorimetric test with Neesler's reagent; is detected by a spectrophotometer, the absorbance reading performed at a wavelength of 450 nm defines that the residual activity is expressed as the amount of ammonia released 1 μmol per minute. The test is valid both for the crude extract and for the cell lysis product (IMADA *et al.*, 1973). Other techniques can also be used, such as the quantification of glutamine, glutamic acid and gamma-aminobutyric acid (GABA) and High Performance Liquid Chromatography (HPLC) (PENNACCHIETTI *et al.*, 2018).

3.8 - Characterization of L-glutaminase

L-glutaminase from *Aspergillus versicolor* Faesay4, after optimizing the cultivation parameters, obtained a yield of 358.8% of enzymatic activity, with thermostability between 10 and 40 °C, at neutral pH with 1% glutamine as inducing substrate. When the nitrogen source was altered by other amino acids, enzyme production was impaired with a loss of activity close to 90% (AWAD *et al.*, 2021). While *Trichoderma koningii* obtained 2.2 times more productivity in solid fermentation with wheat bran when compared to submerged fermentation, and the medium was supplemented with 1% D-glucose and 2% L-glutamine (EL-SAYED, 2009b). In studies with *Zygosaccharomyces rouxii* NRRL-Y 2547, it was identified that the supplementation of the medium containing wheat bran and sesame oil cake in SSF did not favor enzymatic production (KASHYAP *et al.*, 2002). Purified L-glutaminase from *Bacillus subtilis*, reached 20.9 U/mg, with pH from acid to slightly neutral, with maximum enzymatic activity at acid pH and temperature of 55 °C, having Mg^{2+} , Ca^{2+} and Zn^{2+} ions as activators (OUYANG *et al.*, 2021). In the characterization of purified L-glutaminase from *Bacillus subtilis* OHEM11 obtained activity in slightly alkaline pH at 40 °C, with retention of around 90% in up to 60 min (ORABI *et al.*, 2019). *Micrococcus luteus* K-3 which produces glutaminase types I and II, salt tolerant with maximum enzymatic activity at alkaline pH at 50 °C (MORIGUCHI *et al.*, 1994). Purified L-glutaminase from *Streptomyces pratensis* NRC 10 has an estimated molecular weight of 46 kDa, optimal pH of 9 and thermostable between 45 and 60 °C (TORK *et al.*, 2018). Reda (2015) reported that *Streptomyces canarius* FR strains obtained maximum activity of the purified enzyme at slightly alkaline pH at 40 °C, is stable over a wide pH range (5.0-11.0), is thermostable up to 60 °C and it has catalytic affinity for L-glutamine, L-asparagine and L-aspartic acid.

3.9 - Purification processes

The purification of the enzyme is extremely important, as it allows knowing its structural and functional form. There are several processes to obtain a purified enzyme, which involve protein fractionation steps (PALANIRAJAN *et al.*, 2020). Fractionation is a method that separates proteins based on properties such as size, charge, solubility and affinity that prepares the sample for chromatographic methods. Among the substances commonly used in

the precipitation of glutaminase, there is ammonium sulfate ((NH₄)₂SO₄), with saturation varying from 20 to 80% of concentration (Isenberg, 1995), as described in *Aspergillus oryzae* NRRL 32567 which obtained its maximum L-glutaminase activity at 70% (NH₄)₂SO₄ saturation (DIAS *et al.*, 2016). After precipitation, the partially purified extract is dialyzed to balance the salts (PALANIRAJAN *et al.*, 2020). Other fractionation techniques that can also be used to obtain the enzyme are ultrafiltration (MAHAREM *et al.*, 2020a) and the addition of solvents such as cold ethanol 1:1 (ORABI *et al.*, 2019). High-resolution purification involves ion exchange chromatography methods that depend on the pH, which defines which type of column to be used, whether the “strong” (Q) or “weak” (DEAE) type (CLARK & EDWARDS, 2018). L-glutaminase from *B. subtilis* OHEM11 purified with Sepharose Fast Flow (QFF) ion exchange, obtained 2 times enzymatic activity and molecular weight of 54.8 kDa, which showed cytotoxic effect for cell lines NFS-60, HepG-2 and MCF-7 (ORABI *et al.*, 2019). Glutaminase can also be purified by DEAE-cellulose (diethylaminoethyl) column (diethylaminoetil) (JAMBULINGAM & SUDHAKAR, 2019), CM-celulose (MAHAREM *et al.*, 2020b) and Sephadex column (ABU-TAHON & ISAAC, 2019). To monitor the efficiency of the purification steps, spectrophotometric readings are performed and protein quantification is performed using the Coomassie Brilliant Blue G-250 (BRADFORD, 1976) or Lowry (LOWRY *et al.*, 1951). assay. Analysis of the degree of purity of the fractions is carried out using the SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate) electrophoresis technique, in which the proteins are separated by molecular mass (LAEMMLI, 1970). Microbial L-glutaminase can vary its molecular weight depending on the microbial source such as *Aspergillus versicolor* Faesay4 has 61.8 kDa (AWAD *et al.*, 2021), *Aspergillus flavus* AUMC 8653 with 69 kDa (ABU-TAHON & ISAAC, 2019), *Streptomyces pratensis* NRC10 with 49 kDa (TORK *et al.*, 2018).

IV. FINAL CONSIDERATIONS

Microbial L-glutaminase has properties that are compatible with use as a promising antitumor agent in hematological and non-hematological cancers and can be produced in liquid or solid fermentation processes and extracted intra or extracellularly depending on the characteristics of the microorganism. In addition to therapeutic application, L-glutaminase is widely used in the food industry.

V. DECLARATIONS

Ethics Approval - This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors.

Consent to Participate - Not applicable.

Consent for Publication - Not applicable.

Competing Interests - The authors declare no competing interests.

VI. REFERENCES

- ABU-TAHON, M. A. & ISAAC, G. S. (2019). Purification, characterization and anticancer efficiency of l-glutaminase from aspergillus flavus. **Journal of General and Applied Microbiology**, 65(6). <https://doi.org/10.2323/jgam.2019.01.002>.
- ALHARBI, N. S.; KADAIKUNNAN, S.; KHALED, J. M.; ALMANAA, T. N.; INNASIMUTHU, G. M.; RAJOO, B.; ALANZI, K. F. & RAJARAM, S. K. (2020). Optimization of glutamic acid production by Corynebacterium glutamicum using response surface methodology. **Journal of King Saud University - Science**, 32(2). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.11.034>.

- ALIPANAH-MOGHADAM, R.; MOLAZADEH, L.; JAFARI-SUHA, Z.; NAGHIZADEH-BAGHI, A.; MOHAJERI, M. & NEMATI, A. (2022). Glutamine supplementation can reduce some atherosclerosis markers after exhaustive exercise in young healthy males. **Nutrition**, 94. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111506>.
- ALTMAN, B. J.; STINE, Z. E. & DANG, C. V. (2016). From Krebs to clinic: Glutamine metabolism to cancer therapy. **Nature Reviews Cancer**, vol. 16, Issue 10. <https://doi.org/10.1038/nrc.2016.71>.
- ARCHIBALD, R. M. (1944). The Enzymatic Determination of Glutamine. **Journal of Biological Chemistry**, 154(3). [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)71898-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)71898-x).
- AWAD, M. F.; EL-SHENAWY, F. S.; EL-GENDY, M. M. A. A. & EL-BONDKLY, E. A. M. (2021). Purification, characterization, and anticancer and antioxidant activities of L-glutaminase from *Aspergillus versicolor* Faesay4. **International Microbiology**, 24(2), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s10123-020-00156-8>.
- BARZKAR, N.; SOHAIL, M.; TAMADONI JAHROMI, S.; NAHAVANDI, R. & KHODADADI, M. (2021). Marine microbial L-glutaminase: from pharmaceutical to food industry. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.105, Issue 11). <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11356-1>.
- BRADFORD, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, 72(1–2), 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- CARDOSO, S. L.; DE FREITAS, M. M.; DE SOUZA, P. M.; HOMEM-DE-MELLO, M.; SILVEIRA, D.; FONSECA-BAZZO, Y. M.; FILHO, E. X.; JUNIOR, A. P. & MAGALHÃES, P. O. (2020). Optimization of aqueous two-phase micellar system for partial purification of L-asparaginase from *Penicillium* sp. grown in wheat bran as agro-industrial residue. **Brazilian Journal of Microbiology**, 51(3). <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00269-2>.
- CHIU, M.; TAURINO, G.; BIANCHI, M. G.; KILBERG, M. S. & BUSSOLATI, O. (2020). Asparagine Synthetase in Cancer: Beyond Acute Lymphoblastic Leukemia. **Frontiers in Oncology**, 9. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01480>.
- CLARK, D. D. & EDWARDS, D. J. (2018). Virtual protein purification: A simple exercise to introduce pH as a parameter that effects ion exchange chromatography. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, 46(1), 91–97. <https://doi.org/10.1002/bmb.21082>.
- COTE, Y.; DELARUE, P.; SCHERAGA, H. A.; SENET, P. & MAISURADZE, G. G. (2018). From a Highly Disordered to a Metastable State: Uncovering Insights of α -Synuclein. **ACS Chemical Neuroscience**, 9(5). <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.7b00446>.
- CRUZAT, V. F. (2018). Glutamine and skeletal muscle. **Nutrition and Skeletal Muscle**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810422-4.00017-8>.
- DANTAS MORAES FREIRE, M.; BEZERRA LUCAS DAS CHAGAS, N. M.; QUEIROZ DOS SANTOS, S.; MENEZES FREIRE, S. & MENEZES FREIRE, A. N. (2020). Aspectos Biológicos da L-Glutamina: Imunomodulação e Hipertrofia Muscular – Estudo ao Longo do Tempo. **Revista Científica Hospital Santa Izabel**, 4(1), 32–47. <https://doi.org/10.35753/rchsi.v4i1.70>.
- DARVISHI, F.; JAHANAFROOZ, Z. & MOKHTARZADEH, A. (2016). **MINI-REVIEW Microbial L-asparaginase as a promising enzyme for treatment of various cancers**. 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s00253-022-12086-8>.

- DETERS, B. J. & SALEEM, M. (2021). The role of glutamine in supporting gut health and neuropsychiatric factors. **Food Science and Human Wellness**. Vol. 10, Issue 2. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.003>.
- DIAS, F. F. G.; RUIZ, A. L. T. G.; TORRE, A. DELLA & SATO, H. H. (2016). Purification, characterization and antiproliferative activity of L-asparaginase from *Aspergillus oryzae* CCT 3940 with no glutaminase activity. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, 6(9). <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.07.007>.
- DURTHI, C. P.; POLA, M.; RAJULAPATI, S. B. & KOLA, A. K. (2020). Insights into Potent Therapeutical Antileukemic Agent L-glutaminase Enzyme Under Solid-state Fermentation: A Review. **Current Drug Metabolism**, 21(3). <https://doi.org/10.2174/1389200221666200421122147>.
- DURTHI, C. P.; POLA, M.; RAJULAPATI, S. B.; KOLA, A. K. & KAMAL, M. A. (2020). Versatile and Valuable Utilization of Amidohydrolase L-glutaminase in Pharma and Food industries: A Review. **Current Drug Metabolism**, 21(1), 11–24. <https://doi.org/10.2174/1574884715666200116110542>.
- EAGLE, H. (1955). Nutrition needs of mammalian cells in tissue culture. **Science**, 122(3168). <https://doi.org/10.1126/science.122.3168.501>.
- EAGLE, H.; OYAMA, V. I.; LEVY, M.; HORTON, C. L. & FLEISCHMAN, R. (1956). The growth response of mammalian cells in tissue culture to L-glutamine and L-glutamic acid. **The Journal of Biological Chemistry**, 218(2). [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)65826-0](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)65826-0).
- EDWARDS, D. N.; NGWA, V. M.; RAYBUCK, A. L.; WANG, S.; HWANG, Y.; KIM, L. C.; CHO, S. H.; PAIK, Y.; WANG, Q.; ZHANG, S.; MANNING, H. C.; RATHMELL, J. C.; COOK, R. S.; BOOTHBY, M. R. & CHEN, J. (2021). Selective glutamine metabolism inhibition in tumor cells improves antitumor T lymphocyte activity in triple-negative breast cancer. **Journal of Clinical Investigation**, 131(4). <https://doi.org/10.1172/JCI140100>.
- EID, T.; GRUENBAUM, S. E.; DHAHER, R.; LEE, T.-S. W.; ZHOU, Y. & DANBOLT, N. C. (2016). **The Glutamate–Glutamine Cycle in Epilepsy**. pp. 351–400. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45096-4_14.
- EL-GENDY, M. M. A. A.; YAHYA, S. M. M.; HAMED, A. R. & EL-BONDKLY, A. M. A. (2022). Assessment of the phylogenetic analysis and antimicrobial, antiviral, and anticancer activities of marine endophytic *Streptomyces* species of the soft coral *Sarcophyton convolutum*. **International Microbiology**, 25(1). <https://doi.org/10.1007/s10123-021-00204-x>.
- EL-SAYED, A. S. A. (2009a). L-glutaminase production by *Trichoderma koningii* under solid-state fermentation. **Indian Journal of Microbiology**, 49(3). <https://doi.org/10.1007/s12088-009-0020-2>.
- EL-SAYED, A. S. A. (2009b). L-glutaminase production by *Trichoderma koningii* under solid-state fermentation. **Indian Journal of Microbiology**, 49(3), 243–250. <https://doi.org/10.1007/s12088-009-0020-2>.
- EMADI, A.; LAW, J. Y.; STROVEL, E. T.; LAPIDUS, R. G.; JENG, L. J. B.; LEE, M.; BLITZER, M. G.; CARTER-COOPER, B. A.; SEWELL, D.; VAN DER MERWE, I.; PHILIP, S.; IMRAN, M.; YU, S. L.; LI, H.; AMREIN, P. C.; DUONG, VU H.; SAUSVILLE, E. A.; BAER, M. R.; FATHI, A.M.; SINGH, Z. & BENTZEN, S.M. (2018). Asparaginase *Erwinia chrysanthemi* effectively depletes plasma glutamine in adult patients

with relapsed/refractory acute myeloid leukemia. **Cancer Chemotherapy and Pharmacology**, 81, 217–222. <https://doi.org/10.1007/s00280-017-3459-6>.

ENDICOTT, M.; JONES, M. & HULL, J. (2021). Amino acid metabolism as a therapeutic target in cancer: a review. **Amino Acids**, 53(8), 1169–1179. <https://doi.org/10.1007/s00726-021-03052-1>.

FARAG, A. M.; HASSAN, S. W.; BELTAGY, E. A. & EL-SHENAWY, M. A. (2015). Optimization of production of anti-tumor L-asparaginase by free and immobilized marine *Aspergillus terreus*. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, 41(4). <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.10.002>.

FERREIRA, F. V.; HERRMANN-ANDRADE, A. M.; BINOLFI, A.; CALABRESE, C. D.; MAC CORMACK, W. P. & MUSUMECI, M. A. (2021). Characteristics of a Cold-Adapted L-glutaminase with Potential Applications in the Food Industry. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 193(10). <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03596-8>.

FRÖHLICH, J.; HOPPE-SEYLER, G.; SCHOLLMEYER, P.; MAIER, K. P. & GEROK, W. (1977). Possible sites of interaction of acute renal failure with amino acid utilization for gluconeogenesis in isolated perfused rat liver. **European Journal of Clinical Investigation**, 7(4). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1977.tb01603.x>.

GAO, R. D.; HIN, N.; PRCHALOVÁ, E.; PAL, A.; LAM, J.; RAIS, R.; SLUSHER, B. S. & TSUKAMOTO, T. (2021). Model studies towards prodrugs of the glutamine antagonist 6-diazo-5-oxo-L-norleucine (DON) containing a diazo precursor. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**, 50. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2021.128321>.

GEDDES, W. F. & HUNTER, A. (1928). OBSERVATIONS UPON THE ENZYME ASPARAGINASE. **Journal of Biological Chemistry**, 77(1). [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)84052-2](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)84052-2).

GERKE, J.; KÖHLER, A. M.; WENNRICH, J.-P.; GROBE, V.; SHAO, L.; HEINRICH, A. K.; BODE, H. B.; CHEN, W.; SURUP, F. & BRAUS, G. H. (2022). Biosynthesis of Antibacterial Iron-Chelating Tropolones in *Aspergillus nidulans* as Response to Glycopeptide-Producing Streptomycetes. **Frontiers in Fungal Biology**, 2. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.777474>.

GROSSART, H.-P.; VAN DEN WYNGAERT, S.; KAGAMI, M.; WURZBACHER, C.; CUNLIFFE, M. & ROJAS-JIMENEZ, K. (2019). Fungi in aquatic ecosystems. **Nature Reviews Microbiology**, 17(6), 339–354. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0175-8>.

GULATI, R.; SAXENA, R. K.; & GUPTA, R. (1997). A rapid plate assay for screening <sc>l</sc>-asparaginase producing micro-organisms. **Letters in Applied Microbiology**, 24(1), 23–26. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1997.00331.x>.

HE, Y.; LIANG, J.; DONG, X.; YANG, Q.; LIU, H.; ZHANG, S.; CHI, S. & TAN, B. (2022). Glutamine alleviates β -conglycinin-induced enteritis in juvenile hybrid groupers *Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂ by suppressing the MyD88/NF- κ B pathway. **Aquaculture**, 549. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737735>.

HENSLEY, C. T.; WASTI, A. T. & DEBERARDINIS, R. J. (2013). Glutamine and cancer: cell biology, physiology, and clinical opportunities. **Journal of Clinical Investigation**, 123(9), 3678–3684. <https://doi.org/10.1172/JCI69600>.

HISCOCK, N. & PEDERSEN, B. K. (2002). Exercise-induced immunodepression— plasma glutamine is not the link. **Journal of Applied Physiology**, 93(3), 813–822. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00048.2002>.

- HU, R.; LI, T.; YANG, Y.; TIAN, Y. & ZHANG, L. (2021). **NMR-Based Metabolomics in Cancer Research**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51652-9_14.
- HUANG, L.; LIU, Y.; SUN, Y.; YAN, Q. & JIANG, Z. (2014). Biochemical characterization of a novel L-asparaginase with low glutaminase activity from *Rhizomucor miehei* and its application in food safety and leukemia treatment. **Applied and Environmental Microbiology**, 80(5). <https://doi.org/10.1128/AEM.03523-13>.
- IMADA, A.; IGARASI, S.; NAKAHAMA, K. & ISONO, M. (1973). Asparaginase and Glutaminase Activities of Micro-organisms. **Journal of General Microbiology**, 76(1), 85–99. <https://doi.org/10.1099/00221287-76-1-85>.
- ISENBERG, G. (1995). Ammonium Sulfate Precipitation. **Cytoskeleton Proteins**. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79632-6_4.
- JAMBULINGAM, K. & SUDHAKAR, S. (2019). Purification and characterisation of a novel broad spectrum anti-tumor L-glutaminase enzyme from marine *Bacillus subtilis* strain JK-79. **African Journal of Microbiology Research**, 13(12), 232–244. <https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8630>.
- JIANG, C.; LV, G.; TU, Y.; CHENG, X.; DUAN, Y.; ZENG, B. & HE, B. (2021). Applications of CRISPR/Cas9 in the Synthesis of Secondary Metabolites in Filamentous Fungi. **Frontiers in Microbiology**. Vol. 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.638096>.
- JIANG, J.; SRIVASTAVA, S. & ZHANG, J. (2019). Starve cancer cells of glutamine: Break the spell or make a hungry monster? **Cancers**. Vol. 11, Issue 6. <https://doi.org/10.3390/cancers11060804>.
- JUNCHENG HU; TIANCI WANG; JIN XU; SANYUN WU; LIYUAN WANG; HEXIU SU; JUE JIANG; MING YUE; JINGCHAO WANG; DONGHAI WANG; PENG LI; FULING ZHOU; YU LIU; GUOLIANG QING & HUDAN LIU. (2020). WEE1 inhibition induces glutamine addiction in T-cell acute lymphoblastic leukemia. **Haematologica**, 106(7), 1816–1827. <https://doi.org/10.3324/haematol.2019.231126>.
- KASHYAP, P.; SABU, A.; PANDEY, A.; SZAKACS, G. & SOCCOL, C. R. (2002). Extra-cellular L-glutaminase production by *Zygosaccharomyces rouxii* under solid-state fermentation. **Process Biochemistry**, 38(3), 307–312. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00060-2).
- KIM, G.; JOO, H. & JUNG, J.-W. (2021). Recent Advances in Development of Glutaminase Inhibitors as Anticancer Agents. **Yakhak Hoeji**, 65(5), 344–348. <https://doi.org/10.17480/psk.2021.65.5.344>.
- KIRUTHIKA, J. & SARASWATHY, N. (2013). Selective isolation and molecular identification of L-glutaminase producing bacteria from marine sediments. **Research Journal of Biotechnology**, 8(8).
- KOCH, K.; HARTMANN, R.; TSIAMPALI, J.; UHLMANN, C.; NICKEL, A. C.; HE, X.; KAMP, M. A.; SABEL, M.; BARKER, R. A.; STEIGER, H. J.; HÄNGGI, D.; WILLBOLD, D.; MACIACZYK, J. & KAHLERT, U. D. (2020). A comparative pharmaco-metabolomic study of glutaminase inhibitors in glioma stem-like cells confirms biological effectiveness but reveals differences in target-specificity. **Cell Death Discovery**, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41420-020-0258-3>.
- KREBS, H. A. (1935). Metabolism of amino-acids. **Biochemical Journal**. 29(8). <https://doi.org/10.1042/bj0291951>.
- KREBS, H. A.; MORA, J.; PALACIOS, R. & PALACIOS, E. (1980). **Glutamine:**

Metabolism, Enzymology, and Regulation. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-125-06040-0.X5001-8>.

LAEMMLI, U. K. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. **Nature**, 227(5259), 680–685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>.

LAVIETES, B. B.; REGAN, D. H. & DEMOPOULOS, H. B. (1974). Glutamate oxidation in 6C3HED lymphoma: effects of L asparaginase on sensitive and resistant lines. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 71(10). <https://doi.org/10.1073/pnas.71.10.3993>.

LI, H.; SHEN, X.; ZHANG, H.; LI, H. & CHEN, W. (2021). Glutamine deficiency links clindamycin-induced dysbiosis and intestinal barrier dysfunction in mice. **British Journal of Nutrition**, 126(3). <https://doi.org/10.1017/S0007114520004195>.

LINCOLN, L.; NIYONZIMA, F. N. & MORE, S. S. (n.d.). **PURIFICATION AND PROPERTIES OF A FUNGAL L-ASPARAGINASE FROM TRICHODERMA VIRIDE PERS: SF GREY.** <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2014.4.4.310-316>.

LIU, L.; ZHAO, J.; HUANG, Y.; XIN, Q. & WANG, Z. (2018). Diversifying of chemical structure of native *Monascus* pigments. **Frontiers in Microbiology**, 9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03143>.

LOBO, C.; RUIZ-BELLIDO, M. A.; ALEDO, J. C.; MÁRQUEZ, J.; NÚÑEZ DE CASTRO, I. & ALONSO, F. J. (2000). Inhibition of glutaminase expression by antisense mRNA decreases growth and tumorigenicity of tumour cells. **Biochemical Journal**, 348(2). <https://doi.org/10.1042/0264-6021:3480257>.

LOUCIF, H.; DAGENAIS-LUSSIER, X.; AVIZONIS, D.; CHOINIÈRE, L.; BEJI, C.; CASSIN, L.; ROUTY, J.-P.; FRITZ, J. H.; OLAGNIER, D. & VAN GREVENYNGHE, J. (2021). Autophagy-dependent glutaminolysis drives superior IL21 production in HIV-1-specific CD4 T cells. **Autophagy**, 1–18. <https://doi.org/10.1080/15548627.2021.1972403>.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L. & RANDALL, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, 193(1). [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6).

MAHAREM, T. M.; EMAM, M. A. & SAID, Y. A. (2020A). Purification and characterization of L-glutaminase enzyme from camel liver: Enzymatic anticancer property. **International Journal of Biological Macromolecules**, 150. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.131>.

MAHAREM, T. M.; EMAM, M. A. & SAID, Y. A. (2020B). Purification and characterization of l-glutaminase enzyme from camel liver: Enzymatic anticancer property. **International Journal of Biological Macromolecules**, 150, 1213–1222. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.131>.

MARY S. KHALIL; MOHAMED H. MOUBASHER; MOKHTAR M. EL-ZAWAHRY; MARINA M. MICHEL; (2020). Evaluation of antitumor activity of fungal L-glutaminase produced by egyptian isolates. **Letters in Applied NanoBioScience**, 9(1), 924–930. <https://doi.org/10.33263/LIANBS91.924930>.

MASISI, B. K.; EL ANSARI, R.; ALFARSI, L.; RAKHA, E. A.; GREEN, A. R. & CRAZE, M. L. (2020). The role of glutaminase in cancer. **Histopathology**, 76(4), 498–508. <https://doi.org/10.1111/his.14014>.

MATÉS, J. M.; CAMPOS-SANDOVAL, J. A. & MÁRQUEZ, J. (2018). Glutaminase isoenzymes in the metabolic therapy of cancer. **Biochimica et Biophysica Acta - Reviews**

on **Cancer**. Vol. 1870, Issue 2. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2018.07.007>.

MATÉS, J. M.; CAMPOS-SANDOVAL, J. A.; SANTOS-JIMÉNEZ, J. DE LOS & MÁRQUEZ, J. (2019). Dysregulation of glutaminase and glutamine synthetase in cancer. **Cancer Letters**. Vol. 467. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2019.09.011>.

MATÉS, J. M.; DI PAOLA, F. J.; CAMPOS-SANDOVAL, J. A.; MAZUREK, S. & MÁRQUEZ, J. (2020). Therapeutic targeting of glutaminolysis as an essential strategy to combat cancer. **Seminars in Cell and Developmental Biology**. Vol. 98. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2019.05.012>.

MESTRE-FARRERA, A.; BRUCH-OMS, M.; PEÑA, R.; RODRÍGUEZ-MORATO, J.; ALBA-CASTELLON, L.; COMERMA, L.; QUINTELA-FANDINO, M.; DUÑACH, M.; BAULIDA, J.; POZO, O. J. & DE HERREROS, A. G. (2021). Glutamine-Directed Migration of Cancer-Activated Fibroblasts Facilitates Epithelial Tumor Invasion. **Cancer Research**, 81(2). <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-20-0622>.

MORIGUCHI, M.; SAKAI, K.; TATEYAMA, R.; FURUTA, Y. & WAKAYAMA, M. (1994). Isolation and characterization of salt-tolerant glutaminases from marine *Micrococcus luteus* K-3. **Journal of Fermentation and Bioengineering**, 77(6). [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(94\)90143-0](https://doi.org/10.1016/0922-338X(94)90143-0).

MOSALLATPOUR, S.; AMINZADEH, S.; SHAMSARA, M. & HAJIHOSEINI, R. (2019). Novel halo- and thermo-tolerant *Cohnella* sp. A01 L-glutaminase: heterologous expression and biochemical characterization. **Scientific Reports**, 9(1), 19062. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55587-9>.

MOSTAFA, Y.; ALRUMMAN, S.; ALAMRI, S.; HASHEM, M.; AL-IZRAN, K.; ALFAIFI, M.; ELBEHAIRI, S. E. & TAHA, T. (2019). Enhanced production of glutaminase-free L-asparaginase by marine *Bacillus velezensis* and cytotoxic activity against breast cancer cell lines. **Electronic Journal of Biotechnology**, 42. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.10.001>.

MUNHOZ COSTA, I.; CUSTÓDIO MOURA, D.; MEIRA LIMA, G.; PESSOA, A.; ORESKO DOS SANTOS, C.; DE OLIVEIRA, M. A. & MONTEIRO, G. (2022). Engineered asparaginase from *Erwinia chrysanthemi* enhances asparagine hydrolase activity and diminishes enzyme immunoreactivity - a new promise to treat acute lymphoblastic leukemia. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 97(1). <https://doi.org/10.1002/jctb.6933>.

NGUYEN, H. A.; SU, Y.; ZHANG, J. Y.; ANTANASIJEVIC, A.; CAFFREY, M.; SCHALK, A. M.; LIU, L.; RONDELLI, D.; OH, A.; MAHMUD, D. L.; BOSLAND, M. C.; KAJDACSZY-BALLA, A.; PEIRS, S.; LAMMENS, T.; MONDELAERS, V.; DE MOERLOOSE, B.; GOOSSENS, S.; SCHLICHT, M. J.; KABIROV, K. K.; ... LAVIE, A. (2018). A Novel L-Asparaginase with low L-Glutaminase Coactivity Is Highly Efficacious against Both T- and B-cell Acute Lymphoblastic Leukemias. **In Vivo. Cancer Research**, 78(6), 1549–1560. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-17-2106>.

NGUYEN, T. L.; NOKIN, M.; TERÉS, S.; TOMÉ, M.; BODINEAU, C.; GALMAR, O.; PASQUET, J.; ROUSSEAU, B.; LIEMPD, S.; FALCON-PEREZ, J. M.; RICHARD, E.; MUZOTTE, E.; REZVANI, H.; PRIAULT, M.; BOUCHECAREILH, M.; REDONNET-VERNHET, I.; CALVO, J.; UZAN, B.; PFLUMIO, F.; ... DURÁN, R. V. (2021). Downregulation of Glutamine Synthetase, not glutaminolysis, is responsible for glutamine addiction in Notch1-driven acute lymphoblastic leukemia. **Molecular Oncology**, 15(5). <https://doi.org/10.1002/1878-0261.12877>.

- OBI, F.; UGWUISHIWU, B. & NWAKAIRE, J. (2016). AGRICULTURAL WASTE CONCEPT, GENERATION, UTILIZATION AND MANAGEMENT. **Nigerian Journal of Technology**, 35(4). <https://doi.org/10.4314/njt.v35i4.34>.
- ORABI, H.; EL-FAKHARANY, E.; ABDELKHALEK, E. & SIDKEY, N. (2019). **Preparative Biochemistry & Biotechnology Production, optimization, purification, characterization, and anti-cancer application of extracellular L-glutaminase produced from the marine bacterial isolate Production, optimization, purification, characterization, and anti-cancer application of extracellular L-glutaminase produced from the marine bacterial isolate**. <https://doi.org/10.1080/10826068.2019.1703193>.
- ORABI, H. M.; EL-FAKHARANY, E. M.; ABDELKHALEK, E. S. & SIDKEY, N. M. (2019). L-Asparaginase and L-glutaminase: Sources, production, and applications in medicine and industry. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, 2. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.179-190>.
- OSBORNE, T. B. (1908). Our Present Knowledge of Plant Proteins. **Science**, 28(718), 417–427. <https://doi.org/10.1126/science.28.718.417>.
- OUYANG, X LIU, Y.; QU, R.; TIAN, M.; YANG, T.; ZHU, R.; GAO, H.; JIN, M. & HUANG, J. (2021). Optimizing Protein-Glutaminase Expression in *Bacillus subtilis*. **Current Microbiology**, 78(5). <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02404-0>.
- PALANIRAJAN, S. K.; GOVINDASAMY, P. & GUMMADI, S. N. (2020). Polystyrene adsorbents: rapid and efficient surrogate for dialysis in membrane protein purification. **Scientific Reports**, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73522-1>.
- PANDEY, A. (1992). Recent process developments in solid-state fermentation. **Process Biochemistry**, 27(2), 109–117. [https://doi.org/10.1016/0032-9592\(92\)80017-W](https://doi.org/10.1016/0032-9592(92)80017-W).
- PARLATI, F.; BROMLEY-DULFANO, S.; DEMO, S.; JANES, J.; GROSS, M.; LEWIS, E.; MACKINNON, A.; RODRIGUEZ, M.; YANG, J.; ZHAO, F. & BENNETT, M. (2013). Antitumor Activity Of The Glutaminase Inhibitor CB-839 In Hematological Malignances. **Blood**, 122(21). <https://doi.org/10.1182/blood.v122.21.4226.4226>.
- PENNACCHIETTI, E.; D'ALONZO, C.; FREDDI, L.; OCCHIALINI, A. & DE BIASE, D. (2018). The glutaminase-dependent acid resistance system: Qualitative and quantitative assays and analysis of its distribution in enteric bacteria. **Frontiers in Microbiology**, 9(NOV). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02869>.
- PEREIRA, A. S. , SHITSUKA, D. M. , PARREIRA, F. J. , & SHITSUKA, R. (2018). **Metodologia da pesquisa científica: Vol. 1ª Edição (UFSM, NTE)**.
- PRESTON, G.; EMMERZAAL, T.; RADENKOVIC, S.; LANZA, I. R.; OGLESBEE, D.; MORAVA, E. & KOZICZ, T. (2021). Cerebellar and multi-system metabolic reprogramming associated with trauma exposure and post-traumatic stress disorder (PTSD)-like behavior in mice. **Neurobiology of Stress**, 14. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2021.100300>.
- RAIVIO, K. O. & ANDERSSON, L. C. (1982). Glutamine requirements for purine metabolism in leukemic lymphoblasts. **Leukemia Research**, 6(1). [https://doi.org/10.1016/0145-2126\(82\)90049-2](https://doi.org/10.1016/0145-2126(82)90049-2).
- RAMADAN, M. E. D. A.; ASMAR, F. EL, & GREENBERG, D. M. (1964). Purification and properties of glutaminase and asparaginase from a pseudomonad. I. Purification and physical chemical properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 108(1). [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(64\)90365-0](https://doi.org/10.1016/0003-9861(64)90365-0).

- RAMLI, A. N. M.; JOHARI, N. D.; AZHAR, M. A.; MAN, R. C. & HAMID, H. A. (2021). A new l-glutaminase from *Kosakonia* sp.: extracellular production, gene identification and structural analysis. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 15(1), 862–875. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00682-z>.
- REDA, F. M. (2015). Kinetic properties of streptomyces canarius L- Glutaminase and its anticancer efficiency. **Brazilian Journal of Microbiology**, 46(4). <https://doi.org/10.1590/S1517-838246420130847>.
- REITZER, L. J.; WICE, B. M. & KENNEL, D. (1979). Evidence that glutamine, not sugar, is the major energy source for cultured HeLa cells. **Journal of Biological Chemistry**, 254(8), 2669–2676. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(17\)30124-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(17)30124-2).
- RITTHAUSEN, H. (1866). Ueber die Glutaminsäure. **Journal für praktische Chemie**. 99(1), 454–462.
- ROBERTS, E. & FRANKEL, Sam. (1950). γ -Aminobutyric acid in brain: its formation from glutamic acid. **Journal of Biological Chemistry**, 187(1), 55–63.
- SABU, A., KEERTHI, T. R., RAJEEV KUMAR, S., & CHANDRASEKARAN, M. (2000). l-Glutaminase production by marine *Beauveria* sp. under solid state fermentation. **Process Biochemistry**, 35(7), 705–710. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00127-2).
- SAEED, H., ALI, H., SOUDAN, H., EMBABY, A., EL-SHARKAWY, A., FARAG, A., HUSSEIN, A., & ATAYA, F. (2018). Molecular cloning, structural modeling and production of recombinant *Aspergillus terreus* l. asparaginase in *Escherichia coli*. **International Journal of Biological Macromolecules**, 106, 1041–1051. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.110>.
- SALEEM, R., AHMED, S., & PLOU, F. (2021). Catalysts Characterization of a New L- Glutaminase Produced by *Achromobacter xylosoxidans* RSHG1, Isolated from an Expired Hydrolyzed L- Glutamine Sample. <https://doi.org/10.3390/catal11111262>.
- SCHULZE, E. & BOSSHARD, E. (1883). Ueber das Glutamin. **Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft**, 16(1), 312–315. <https://doi.org/10.1002/cber.18830160173>.
- SHEN, X.; HUA, Y.; LUO, Y.; ZHANG, T.; JIANG, B. & SHUAI, Y. (2021). Permeabilization and immobilization of whole-cell *Pseudomonas nitroreducens* SP.001 to improve its l-glutaminase performance. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 101(4). <https://doi.org/10.1002/jsfa.10736>.
- SHRIVASTAVA, A.; KHAN, A. A.; KHURSHID, M.; KALAM, M. A.; JAIN, S. K. & SINGHAL, P. K. (2016). Recent developments in l-asparaginase discovery and its potential as anticancer agent. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, 100, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2015.01.002>.
- SHUAI, Y.; ZHANG, T.; JIANG, B.; HUA, Y. & MU, C. F. (2019). An efficient method for the high-yield production of L-theanine using a newly isolated glutaminase-producing organism. **Food Bioscience**, 28. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.02.001>.
- SINGLETON, D. C.; DECHAUME, A. L.; MURRAY, P. M.; KATT, W. P.; BAGULEY, B. C. & LEUNG, E. Y. (2020). Pyruvate anaplerosis is a mechanism of resistance to pharmacological glutaminase inhibition in triple-receptor negative breast cancer. **BMC Cancer**, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12885-020-06885-3>.
- SOREN, J. P.; HALDER, S. K.; MONDAL, J.; HOR, P. K.; MOHAPATRA, P. K. D. & MONDAL, K. C. (2020). A permissive approach for optimization of L-glutaminase production using wheat bran as supporting substrate and assessment of its cytotoxic

potentialities. **Acta Biologica Szegediensis**, 64(1). <https://doi.org/10.14232/ABS.2020.1.1-10>.

SPIERS, A. S. & WADE, H. E. (1976). Bacterial glutaminase in treatment of acute leukaemia. **BMJ**, 1(6021), 1317–1319. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.6021.1317>.

TORK, S. E.; ALY, M. M. & ELSEMIN, O. (2018). A new l-glutaminase from *Streptomyces pratensis* NRC 10: Gene identification, enzyme purification, and characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, 113, 550–557. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.080>.

UPADHYAYA, S.; TIWARI, S.; ARORA, N. & SINGH, D. P. (2016). Microbial Protein: A Valuable Component for Future Food Security. **Microbes and Environmental Management**, January, 2016.

URBANO, A. M. (2021). OTTO WARBURG: The journey towards the seminal discovery of tumor cell bioenergetic reprogramming. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease**, 1867(1), 165965. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165965>.

WANG, J.; ZHOU, J. & BAI, S. (2020). Combination of glutamine and ulinastatin treatments greatly improves sepsis outcomes. **Journal of Inflammation Research**, 13. <https://doi.org/10.2147/JIR.S234122>.

WANG, Y.; XU, W.; WU, H.; ZHANG, W.; GUANG, C. & MU, W. (2021). Microbial production, molecular modification, and practical application of l-Asparaginase: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 186. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.107>.

WOON KIM, G.; HOON LEE, D.; HYUN JEON, Y.; YOO, J.; YEON KIM, S.; WU LEE, S.; YOUNG CHO, H. & HEE KWON, S. (2021). **Molecular Sciences Glutamine Synthetase as a Therapeutic Target for Cancer Treatment**. <https://doi.org/10.3390/ijms22041701>.

WU, M. C.; ARIMURA, G. K.; HOLCENBERG, J. S. & YUNIS, A. A. (1982). Sensitivity of cultured pancreatic carcinoma cells to *Acinetobacter* glutaminase-asparaginase. **In Vitro**, 18(9). <https://doi.org/10.1007/BF02796498>.

WU, W. C.; SUN, H. W.; CHEN, J.; OUYANG, H. Y.; YU, X. J.; CHEN, H. T.; SHUANG, Z. Y.; SHI, M.; WANG, Z. & ZHENG, L. (2019). Immunosuppressive immature myeloid cell generation is controlled by glutamine metabolism in human cancer. **Cancer Immunology Research**, 7(10). <https://doi.org/10.1158/2326-6066.CIR-18-0902>.

XIA, M.; LI, X.; DIAO, Y.; DU, B. & LI, Y. (2021). Targeted inhibition of glutamine metabolism enhances the antitumor effect of selumetinib in KRAS-mutant NSCLC. **Translational Oncology**, 14(1). <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2020.100920>.

YAFETTO, L. (2022). Application of solid-state fermentation by microbial biotechnology for bioprocessing of agro-industrial wastes from 1970 to 2020: A review and bibliometric analysis. **Heliyon**, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09173>.

VII. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

2-12	<p>MICROBIAL L-GLUTAMINASE, A PROMISING AGENT WITH ANTITUMOR POTENTIAL: A LITERATURE REVIEW</p> <p>L-GLUTAMINASE MICROBIANA, UM AGENTE PROMISSOR COM POTENCIAL ANTITUMORAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA</p> <p>Sarah Signe do Nascimento; Cristina Maria de Souza-Motta; Leonor Alves de Oliveira da Silva; Neiva Tinti de Oliveira</p>
4-3	<p>EVOLUÇÃO DAS NORMAS APLICADAS AO CONTROLE DE QUALIDADE DE FÁRMACOS E MEDICAMENTOS NO BRASIL</p> <p>EVOLUTION OF THE LAWS APPLIED TO THE QUALITY CONTROL OF DRUGS AND MEDICINES IN BRAZIL</p> <p>Diego Muniz Martins; Crisálida Machado Vilanova; Maria do Livramento de Paula; Elizabeth Regina de Castro Borba</p>
5-1	<p>AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTIAIS DO CULTIVO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO, NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA-AL</p> <p>EVALUATION OF THE SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DRIP-IRRIGATED WATERMELON CULTIVATION IN THE MUNICIPALITY OF DELMIRO GOUVEIA-AL</p> <p>José Lincoln Pinheiro Araujo; Rebert Coelho Correia; Jony Eishi Yuri</p>
5-1	<p>MODELING IN THE PRODUCTION OF BIOGAS FROM SWINE MANURE USING FUZZY LOGIC</p> <p>MODELAGEM NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS USANDO LÓGICA FUZZY</p> <p>Emmanuel Zullo Godinho; Fernando de Lima Caneppele; Ricardo Marques Barreiros; Murilo Miceno Frigo</p>

EVOLUÇÃO DAS NORMAS APLICADAS AO CONTROLE DE QUALIDADE DE FÁRMACOS E MEDICAMENTOS NO BRASIL

EVOLUTION OF THE LAWS APPLIED TO THE QUALITY CONTROL OF DRUGS AND MEDICINES IN BRAZIL

Diego Muniz Martins¹
Crisálida Machado Vilanova²
Maria do Livramento de Paula³
Elizabeth Regina de Castro Borba⁴

Resumo - A legislação referente ao controle de qualidade está em constante atualização, tentando acompanhar as inovações tecnológicas e garantir a segurança dos usuários de medicamentos. A pesquisa consistiu em uma revisão integrativa da literatura, que selecionou 5 trabalhos em bases de dados, seguindo os critérios de exclusão e inclusão definidos para fazer parte da amostra. Analisaram-se as evoluções e pendências na legislação referente ao controle de qualidade na produção de medicamentos no Brasil, nos últimos doze anos. Observou-se que a maioria dos autores considera que a legislação referente ao controle de qualidade de medicamentos apresentou inovações, principalmente pela RDC nº 301/2019, que foi uma legislação mais abrangente e levou ao fortalecimento do conceito de sistema de qualidade farmacêutica e uma inspeção baseada em riscos, mas que mesmo assim necessita abranger legislações específicas para determinadas tecnologias, como a dos nanomedicamentos. Foi possível concluir que a legislação de controle de qualidade busca evoluir junto com as inovações tecnológicas, mas tenta manter cautela, uma vez que tais inovações podem agregar tanto benefícios como riscos à saúde.

Palavras-chave: Boas Práticas de Fabricação. Controle de Qualidade. Medicamentos.

Abstract - Legislation regarding quality control is constantly updated, trying to keep up with technological innovations and ensure the safety of medicine users. This research consisted of an integrative literature review, which selected 5 works in databases, following the exclusion and inclusion criteria defined to be part of the sample. The evolutions and pendencies in the

¹Discente em Farmácia – Universidade Federal do Maranhão. Contato: munizdiego1994@gmail.com.

²Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia – REDE BIONORTE. Professora na Universidade Federal do Maranhão. Contato: crisalida.vilanova@ufma.br.

³Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFLA. Professora na Universidade Federal do Maranhão. Contato: maria.paula@ufma.br.

⁴Doutora em Biotecnologia - RENORBIO. Professora de Controle de Qualidade de Medicamentos - Universidade Federal do Maranhão. Contato: elizabeth.castro@ufma.br.

legislation regarding quality control in the production of medicines in Brazil were analyzed in the last twelve years. It was possible to observe that most authors consider that the legislation regarding the medicines quality control presented innovations, mainly by RDC n° 301/2019, which led to the strengthening of the concept of a pharmaceutical quality system and a risk-based inspection, although it still needs to cover specific legislation for certain new technologies, such as nanomedicines. It was possible to conclude that quality control legislation seeks to evolve along with technological innovations, but tries to remain cautious, since such innovations can add both benefits and health risks.

Keywords: *Good Manufacturing Practices. Quality Control. Medicines.*

I. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o ser humano buscou maneiras de tratar doenças. Na Grécia Antiga, por exemplo, a terapêutica era uma forma de relacionamento do homem com a natureza, fazendo com que este encontrasse no meio ao seu redor produtos para a cicatrização de ferimentos e que ajudassem na melhoria de sintomas (RENOVATO, 2008). Nas boticas coloniais, o farmacêutico pesquisava e avaliava novos produtos e os preparava individualmente para cada paciente de maneira artesanal, sendo que a qualidade desses produtos se baseava na experiência do profissional que os manipulava (SILVA; DE PAIVA, 2021).

Com o avanço da tecnologia, os medicamentos foram evoluindo e deixando de ser utilizados de maneira artesanal e passaram a ser também produzidos de maneira industrial, em larga escala, a fim de atender um maior público (ANGONESI; SEVALHO, 2010). No entanto, no começo do século XX, poucas eram as leis que garantiam uma regulamentação eficiente de medicamentos, o que resultou em acidentes relacionados ao uso destes produtos, como o caso da sulfanilamida, que foi produzida na forma de elixir e causou a morte de 105 pessoas, nos Estados Unidos, contribuindo para a aprovação de leis mais severas, como a Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos que passou a exigir testes de toxicidade para permitir a comercialização de um novo medicamento (OTERO; DOMÍNGUEZ-GIL, 2000).

Neste contexto, surgem as Boas Práticas de Fabricação (BPF), em 1967, que consistem em um conjunto de regras cujo cumprimento visa que os medicamentos sejam produzidos e controlados a partir da exigência de padrões de qualidade pré-estabelecidos para seu uso seguro (VOGLER *et al.*, 2017). No Brasil, o primeiro documento referente às regras de fabricação de medicamentos foi o Decreto n° 20.397/1946, trazendo pontos como a segregação de áreas produtivas (VOGLER *et al.*, 2017; BRASIL, 1946). Anos mais tarde, outras leis foram elaboradas, como a Lei n° 6.360/1976 que trata sobre a vigilância sanitária aplicada aos medicamentos; e a Lei n° 9.782/1999, que estabelece a criação da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) (KORNIS; BRAGA; ZAIRE, 2008).

As leis referentes ao controle de qualidade foram evoluindo junto com os avanços e descobertas relacionados aos medicamentos, sendo necessário maiores critérios e elevados padrões na fabricação de medicamentos, desde o recebimento da matéria prima até a dispensação desses produtos (ALVES *et al.*, 2009). Apesar dos avanços, o controle de qualidade de medicamentos ainda apresenta pendências e desafios (BARATA-SILVA *et al.*, 2017). Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo desenvolver uma revisão bibliográfica sobre as normas relacionadas ao controle de qualidade de medicamentos destacando as evoluções na legislação da produção de medicamentos ao longo do tempo.

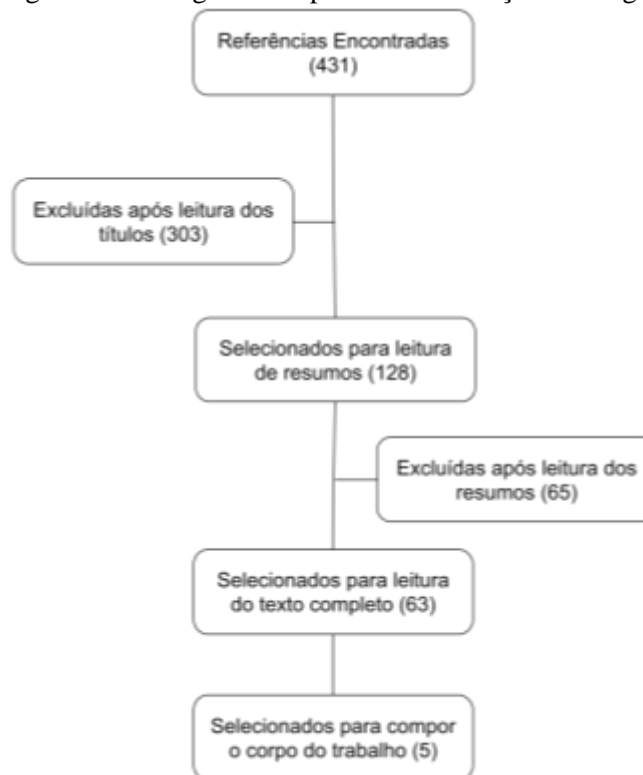
II. METODOLOGIA

A pesquisa é uma revisão bibliográfica integrativa da literatura buscando avaliar as legislações publicadas no Brasil desde 1946, com foco nos últimos doze anos. Nos últimos 12 anos, a legislação referente ao controle de qualidade da produção de medicamentos sofreu alterações, visando acompanhar as inovações tecnológicas, visto que a utilização de novas tecnologias aumenta a possibilidade de erros, demandando assim maior vigilância (VOGLER *et al.*, 2017).

A pesquisa teve enfoque nas publicações entre 2010 a 2022, sendo realizada nos sites da ANVISA e em bases de dados Scielo, Google Scholar, PubMed, CAPES, Medline e Lilacs, utilizando os seguintes descritores, em inglês e português, com ou sem o operador Booleano (AND) para títulos e resumos: “qualidade”, “boas práticas de fabricação”, “medicamentos”, “controle de qualidade”, “regulamentação”, “ANVISA” e “legislação”.

A pergunta norteadora deste estudo foi: “Quais foram os avanços na legislação referente ao controle de qualidade da produção de medicamentos?”. O critério de seleção foi baseado nos critérios de inclusão e não inclusão estabelecidos pelos pesquisadores. Os critérios de exclusão compreenderam: a duplicidade nas bases consultadas e os conteúdos cujo enfoque não esteja direcionado ao questionamento do estudo. Os critérios de inclusão foram os materiais que abordem conteúdos referentes às legislações direcionadas ao controle de qualidade. A análise dos dados incluiu, para análise dos trabalhos, o título, assunto e ano de publicação. O fluxograma na Figura 1 mostra o processo de seleção de artigos para leitura completa, após a leitura de títulos e resumos.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção de artigos



Fonte: Autores, 2022.

III. RESULTADOS

Os resultados estão na Tabela 1 em ordem crescente do ano de publicação, utilizando os seguintes dados: nome do(s) autor(es), ano de publicação, título e os resultados referentes às mudanças que ocorreram na legislação no período de 2010 a 2022, referente ao controle de qualidade de medicamentos no Brasil.

Tabela 1 - Resultados obtidos dos estudos selecionados para compor a amostra da pesquisa

Autor	Ano	Título
BARATA-SILVA <i>et al.</i>, 2017	2017	Desafios ao controle da qualidade de medicamentos no Brasil
VOGLER <i>et al.</i>, 2017	2017	As boas práticas de fabricação de medicamentos e suas determinantes
STÁVALE; LEAL; FREIRE, 2020	2020	A evolução regulatória e os desafios na perspectiva dos laboratórios públicos produtores de vacinas no Brasil
CASSANO <i>et al.</i>, 2020	2020	A flexibilização de requisitos brasileiros de Boas Práticas de Fabricação durante a pandemia da COVID-19 sob uma perspectiva comparada
NASCIMENTO <i>et al.</i>, 2022	2022	O controle de qualidade nas indústrias farmacêuticas.

Fonte: Autores, 2022.

3.1 – Histórico da legislação sobre controle de qualidade e Boas Práticas de Fabricação no Brasil

A Figura 2 mostra a cronologia da Legislação Farmacêutica referente ao controle de qualidade na produção de medicamentos, no Brasil, desde o Decreto nº 20.397/1946.

Figura 2 - Linha do tempo da legislação farmacêutica referente ao controle de qualidade de medicamentos, no Brasil, desde o Decreto nº 20.397/1946



Fonte: Autores, 2022.

No Brasil, o Decreto nº 20.397/1946 foi o primeiro documento referente às regras de fabricação de medicamentos, trazendo requisitos específicos como a segregação de áreas produtivas e utilização de materiais e equipamentos exclusivos para a produção de

vacina BCG, além de garantir que os antibióticos deveriam ser produzidos em locais especiais (VOGLER *et al.*, 2017; BRASIL, 1946). Anos mais tarde, elaborou-se a Lei nº 6.360/1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária aplicada aos medicamentos, insumos farmacêuticos e correlatos e instituiu o registro e a permissão do uso de medicamentos, assim como sua aprovação ou exigência de modificação de seus componentes, como atribuição exclusiva do Ministério da Saúde (BRASIL, 1976). Ao longo de sua vigência, a Lei 6.360 foi alterada diversas vezes para adaptação ao processo de assistência farmacêutica, até a criação da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 1999 (KORNIS; BRAGA; ZAIRE, 2008).

Na década de 90, por sua vez, houve a criação da Portaria SVS/MS nº 16, de 06 de março de 1995 (FIOCCHI; MIGUEL, 2003), que mencionou as recomendações do Guia para as Boas Práticas de Fabricação na Indústria Farmacêutica, assim como o Roteiro para Inspeção de Indústria Farmacêutica harmonizado para o Mercosul, visando a todos os estabelecimentos produtores de medicamento que cumprissem as diretrizes estabelecidas pelo Guia de Boas Práticas de Fabricação para Indústrias Farmacêuticas aprovado na 28ª Assembleia Mundial de Saúde em maio de 1975 (BRASIL, 1995).

Com a criação da ANVISA em 1999, o país alcançou um novo patamar no quesito qualidade, uma vez que a fim de garantir a qualidade do medicamento, a ANVISA realiza acompanhamento de todas as etapas do processo de produção, desde a aquisição de matéria prima até a armazenagem e transporte dos produtos acabados (NUNES *et al.*, 2005).

No Brasil, as BPF entraram em vigor a partir da publicação da Portaria SVS/MS nº 16, de 06 de março de 1995, a qual foi revogada pela RDC nº 134/2001 (FIOCCHI; MIGUEL, 2003). Esta resolução padronizou as ações de vigilância sanitária, assim como o caráter fiscalizador da ANVISA que visava garantir o cumprimento das BPF, usando para isso um roteiro de inspeção (STÁVALE; LEAL; FREIRE, 2020).

Alguns anos depois, a publicação da RDC nº 210/2003 determinou que os medicamentos comercializados no Brasil só poderiam ser produzidos por fabricantes que possuem autorização e que sejam inspecionados pelas autoridades sanitárias nacionais competentes para a verificação do cumprimento das boas práticas de fabricação, a fim de assegurar que o produto fabricado satisfaça as exigências quanto à sua qualidade (BRASIL, 2003).

3.2 – As evoluções da legislação de controle de qualidade de 2010 a 2022.

Em 30 de Março de 2022, a ANVISA aprovou a RDC nº 658/2022, que dispõe sobre as boas práticas de fabricação no Brasil, revogando as resoluções anteriores (BRASIL, 2022).

Na Tabela 2, estão dispostos temas relevantes que sofreram alteração nos últimos 12 anos de marcos regulatórios quanto às Boas Práticas de Fabricação de medicamentos. As classificações utilizadas são “Ausente”, caso o critério não seja abrangido pela resolução; “Presente”, caso seja; e “Alterado” se sofreu modificação da última resolução mencionada.

Tabela 2- Assuntos que foram atualizados nas resoluções de Boas Práticas de Fabricação desde a RDC nº 17/2010

Assuntos	RDC nº 17/2010	RDC nº 301/2019	RDC nº 658/2022
<i>Quality by design</i>	Ausente	Presente	Presente
Validação Retrospectiva	Presente	Ausente	Ausente
Compartilhamento de áreas	Ausente	Presente	Presente
Recolhimento	Presente	Alterado	Presente
Radiofármacos	Ausente	Presente	Alterado
Gases medicinais	Ausente	Presente	Alterado
Fitoterápicos	Presente	Alterado	Alterado
Pomadas, Cremes	Presente	Alterado	Alterado
Radiação Ionizante	Presente	Alterado	Alterado
Medicamentos Experimentais	Ausente	Presente	Alterado
Hemoderivados	Ausente	Presente	Alterado
Nanomedicamentos	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Autores, 2022.

Dessa forma, enquanto na RDC nº 17/2010 a qualificação era separada apenas em Qualificação de Desempenho, Qualificação de Instalação, Qualificação de Operação e Qualificação de Projeto (BRASIL, 2010); a RDC nº 301/2019 trouxe o conceito de qualidade pelo desenho, ou “*Quality by design*” que, segundo Pinheiro (2017), se baseia em que a qualidade não deve ser testada no fim do processo de fabricação, mas construída desde seu desenvolvimento, sendo testada a cada etapa, a fim de que o produto tenha maior probabilidade de resultar nas características inicialmente planejadas.

Além disso, a RDC nº 301/2019 retirou a validação retrospectiva, que segundo a RDC nº 17/2010, era baseada em fatos históricos, avaliando a “experiência passada de produção, sob a condição de que a composição, procedimentos e equipamentos permanecem inalterados” (BRASIL, 2010). Outra alteração feita na Resolução de 2010, foi a RDC nº 33/2015 que aborda o compartilhamento de áreas e equipamentos dos produtos farmacêuticos que podem ser divididos na fabricação de produtos não farmacêuticos ou não sujeitos a vigilância sanitária, desde que estes apresentem comprovação técnica de que os materiais empregados possuem especificações de qualidade compatíveis ou superiores aos demais materiais usados na fabricação de medicamentos, além de outras exigências (BRASIL, 2015). Diante disso, a ANVISA favoreceu a possibilidade de compartilhamento de áreas de produção, frente a RDC nº 17/2010 que levou à paralisação de laboratórios públicos devido à proibição do

compartilhamento de áreas, uma vez que a maioria desses laboratórios não possuía as instalações apropriadas (STÁVALE; LEAL; FREIRE, 2020).

Nesse contexto, a RDC nº 301/2019, alterou essa diretriz, sendo que o compartilhamento agora passou a ser permitido, desde que aplicassem ferramentas de análise de riscos e comprovasse a validação de limpeza de modo a garantir que os resíduos da produção passada fossem removidos de forma efetiva e que não oferecessem riscos de contaminação cruzada aos produtos subsequentes (STÁVALE; LEAL; FREIRE, 2020; BRASIL, 2019).

Seguindo o Quadro 2, o recolhimento, ou *recall*, na RDC nº 301/2019, complementou o texto da RDC nº 17/2010, obrigando o patrocinador a implementar um procedimento que revele de forma rápida os produtos submetidos a estudos randomizados cegos, quando isso for necessário para um recolhimento efetivo (BRASIL, 2019), possibilitando identificar os desvios de qualidade na produção destes produtos e realizar o recolhimento destes medicamentos de forma efetiva e imediata da rede de distribuição.

Diante disso, a RDC nº 301/2019 se mostrou mais abrangente que a resolução anterior, utilizando do gerenciamento de risco para investigar e avaliar os desvios de qualidade, a fim de tomar decisões para ações corretivas, preventivas e outras de redução de riscos em relação ao produto (BRASIL, 2019). Além disso, com as suas 14 instruções normativas (IN), buscou tratar de assuntos específicos que não foram bem trabalhados, ou sequer citados pela resolução nº 17/2010. Entre eles, destacam-se as IN sobre radiofármacos, gases, substâncias ativas e gases medicinais, líquidos, cremes ou pomadas, medicamentos aerossóis pressurizados e dosimetrados para inalação, radiação ionizante na fabricação de medicamentos, medicamentos experimentais e medicamentos hemoderivados (BRASIL, 2019).

Apesar dos avanços, ainda existem algumas pendências nas legislações atuais. Barata-Silva *et al.*, (2017), mostra os desafios do controle de qualidade frente a tantas tecnologias ofertadas ao consumidor final. Segundo a autora, mesmo alguns desses estando bem elucidados na legislação, como no caso dos genéricos e similares, os requisitos legais para garantir a qualidade destes ainda precisam de mais atenção dos órgãos reguladores, assim como para as novas tecnologias que carecem de regulamentação. A autora menciona os nanomedicamentos, e os avanços da nanotecnologia na liberação e disponibilidade de fármacos no organismo.

Os nanomedicamentos são definidos como formas farmacêuticas que apresentam um ou mais princípios ativos em escala nanométrica ou como produtos farmacêuticos associados a um adjuvante em escala nanométrica (BARATA-SILVA, 2021). A indústria farmacêutica investe no desenvolvimento de medicamentos que utilizem de nanotecnologia, tendo como principais vantagens proporcionar maior adesão do paciente ao tratamento, devido à diminuição da ocorrência de efeitos adversos (KÖLLING, 2015). Apesar dos benefícios, este tipo de tecnologia pode apresentar desvantagens e é necessário levar em consideração as propriedades perigosas dos nanomateriais caso entrem em contato com seres humanos ou o meio ambiente (NEL, 2009).

A produção de nanomedicamentos é um desafio global, devido à falta de completa elucidação quanto aos seus efeitos nocivos e ausência de regulação, uma vez que esta tecnologia ainda apresenta divergências entre as regulamentações internacionais, como o FDA e a EMA, relacionadas ao seu registro, não apresentando, inclusive, um conceito universalmente aceito sobre a definição de nanomedicamentos (SOARES, 2018). Segundo Tobler (2020), o FDA e o EMA dispõem em suas páginas virtuais o posicionamento das organizações em relação ao uso de nanomedicamentos, por meio de documentos que orientam as indústrias acerca da produção de medicamentos que utilizam da nanotecnologia.

No Brasil, o Projeto de Lei nº 5.076 de 2005, buscou regulamentar o uso de nanotecnologia no país, criando a Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança (CTNano), o Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano) (BATISTA, 2014). Este projeto apresentou questões como a necessidade de prevenção de danos e incentivo à pesquisa e controle dos riscos decorrentes dessa atividade (BRASIL, 2005).

No entanto, o projeto estagnou e seus relatores sugeriram que os riscos estariam contemplados em outras normas regulatórias, tais como a Lei de Biossegurança, sendo que esta se refere às pesquisas de organismos geneticamente modificados (BATISTA, 2014). Além disso, a ANVISA instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN) em 2013 e o documento “Diagnóstico Institucional de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária”, em 2014. Contudo, apesar dos esforços, o Brasil ainda não possui regulamentação específica para os nanomedicamentos (BARATA-SILVA, 2021).

Vogler *et al.*, (2017), com o objetivo de analisar as Boas Práticas de Fabricação e identificar as determinantes que interferem em sua evolução, traz as mudanças publicadas na RDC nº 17/2010 frente às anteriores, com tópicos que antes deste marco regulatório estavam ausentes ou não bem elucidados, como o controle de mudanças, qualificação de fornecedores e sistemas computadorizados. O autor afirma ainda que, apesar da falta de qualidade na produção de medicamentos ainda causar inúmeros acidentes, não se pode dizer que a evolução das BPF se dá unicamente a este fato, mas também a outras determinantes, como a inovação tecnológica que pode tanto tornar as BPF mais permissivas, no caso de tecnologias que agregam mais segurança à fabricação de medicamentos; como também aumentar o rigor e precaução por parte das normas, visando o cuidado frente a novas tecnologias não bem elucidadas e novos produtos com alto potencial tóxico.

Cassano *et al.* (2020) em seu estudo, fala sobre a COVID-19, em que a situação de emergência em saúde fez com que a legislação se flexibilizasse durante o estado emergencial da pandemia, permitindo a importação de materiais e medicamentos que fossem essenciais para o combate da pandemia, mesmo sem o registro ANVISA, por meio da publicação da RDC nº 392 de 26 de maio de 2020. O autor apresenta considerações a respeito da RDC nº 392/2020 comparando com documentos emitidos por outras autoridades sanitárias, como a do Reino Unido (MHRA) e da Europa (EMA). Ele menciona que alguns pontos não ficaram claros ou bem evidenciados na nova resolução brasileira, como a contagem de prazos, que não foi mencionada. Contudo, o autor afirma que o mérito da ANVISA no combate ao novo coronavírus não deve ser diminuído, visto que, em situações de emergência, como a pandemia da COVID-19, em que pouco se sabe sobre a doença, é necessária uma ação rápida, o que pode gerar certos “equivocos compreensíveis” na elaboração de novos atos normativos, mas que as empresas não devem se aproveitar de tais equivocos para o não cumprimento das BPF. Essa Resolução foi revogada pela RDC nº 702, de 16 de maio de 2022, com “o encerramento da Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) em decorrência da infecção humana pelo novo coronavírus (2019-nCoV)” (BRASIL, 2022).

Nascimento *et al.* (2022) discorre a importância do controle de qualidade na indústria farmacêutica, visando garantir e otimizar a gestão da qualidade através da padronização das Boas Práticas de Fabricação. Discorre sobre a mudança progressiva e constante no perfil de saúde dos brasileiros, como uma necessidade de buscar novos medicamentos com eficácia terapêutica e menos efeitos colaterais. O autor ainda afirma que as inovações técnicas e científicas fazem com que a indústria farmacêutica foque mais no planejamento do desenvolvimento de uma formulação ou processo de fabricação de um medicamento, reduzindo os custos e buscando garantir a qualidade, segurança e eficácia do produto final. Além disso, traz um ponto importante analisando

a RDC nº 430/2020 que dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e de Transporte de Medicamentos, pois essas atividades também influenciam no processo do controle de qualidade nas indústrias farmacêuticas.

Stávale, Leal, Freire (2020) relatam sobre a RDC nº 301/2019 e suas repercussões como a entrada do Brasil no PIC/S, e ao fortalecimento do conceito de sistema de qualidade farmacêutico e uma inspeção baseada em riscos. Uma das principais mudanças da RDC nº 301/2019 foi a permissão do compartilhamento de áreas de produção, desde que haja uma avaliação de riscos e adequação aos processos de validação. Quanto ao registro de produtos biológicos, como vacinas, a autora menciona que precisa de revisão, visto que a última resolução foi publicada em 2010 (RDC nº 55/2010), e levando em consideração que dez anos se passaram da publicação da resolução, à publicação deste trabalho (2020), muitos foram os avanços na biotecnologia, mas que não são bem elucidados e não possuem recomendações específicas, como por exemplo os medicamentos obtidos a partir de animais transgênicos e de plataformas vegetais.

Com a análise dos trabalhos selecionados, é possível perceber que a maioria dos autores afirma que o controle de qualidade é parte essencial da rotina da indústria farmacêutica, visando garantir a segurança, qualidade e eficácia dos medicamentos. Outro ponto em comum, refere-se às evoluções relacionadas ao controle de qualidade e as boas práticas de fabricação, assim como seus marcos regulatórios, que avançam em conjunto com as inovações tecnológicas, de forma a tornar as legislações mais abrangentes para garantir o acesso e a fabricação em larga escala das novas tecnologias, de forma a ser mais cuidadosos e cautelosos frente a produtos que podem apresentar riscos e que necessitam de maiores estudos elucidativos.

Além disso, a resolução mais atual referente às Boas Práticas de Fabricação, a RDC nº 658/2022, inclui informações adicionais a RDC nº 301/2019, como a inclusão de ações no texto sobre gerenciamento de riscos, e mudanças no texto para que facilite o seu entendimento e para que este seja mais abrangente, como no Art. 172: *“um processo de Gerenciamento de Risco da Qualidade, que inclua avaliação toxicológica e de potência, deve ser utilizado para avaliar e controlar os riscos de contaminação cruzada apresentados pelos produtos fabricados.”* (BRASIL, 2022), quando na resolução nº 301/2019 dizia, no §2º, do Art. 71: *“os princípios do Gerenciamento de Riscos da Qualidade devem ser utilizados para avaliar e controlar os riscos”* (BRASIL, 2019). No entanto, a escassez de estudos sobre esta nova resolução mostra a necessidade de maior exploração do tema acerca das normas referentes ao controle de qualidade e boas práticas de fabricação.

O avanço da legislação nesses últimos doze anos trouxe vários pontos que não eram bem definidos nos primeiros marcos regulatórios, como pode ser observado no Quadro 2, mas ainda não contemplam legislações específicas e bem elucidadas para algumas novas tecnologias, como é o caso dos nanomedicamentos.

IV. CONCLUSÃO

Constatou-se que para otimizar os critérios de segurança e eficácia na fabricação de medicamentos torna-se necessária a constante atualização de normas técnicas que acompanhem as novas tecnologias de produção de medicamentos, ainda não abordadas pela legislação.

Observou-se ainda como inovações das últimas resoluções de boas práticas de fabricação, principalmente na RDC nº 301/2019 a abordagem baseada em risco. O que torna o Brasil mais evidente e competitivo no mercado farmacêutico, visto que o gerenciamento de risco já era descrito em guias internacionais. No mundo ocidental, onde o uso de medicamentos está no centro do tratamento terapêutico, é de fundamental

importância a legislação e normas pré-estabelecidas de produção visando o bem estar do usuário de medicamentos.

Com o avanço da tecnologia, e sempre tentando buscar e alcançar maior qualidade nos medicamentos, as normas regulatórias e legislações foram sendo implementadas e melhoradas, buscando sempre assegurar a qualidade do produto final. Portanto, a legislação deve andar lado a lado com as inovações tecnológicas, uma vez que estas podem gerar melhores resultados, desde que sejam avaliadas e controladas conforme os parâmetros estabelecidos.

V. REFERÊNCIAS

ALVES, A.P.; MOURA, A.; NEUTGEM, E.R.V.; SILVA, J.M.; CUNHA, N.S.. Avaliação das boas práticas de manipulação nas farmácias com manipulação de Cuiabá e Várzea Grande, Estado de Mato Grosso. **Rev Bras Farm.** 2009, 90(1): 75-80.

ANGONESI, D.; SEVALHO, G.. Atenção Farmacêutica: fundamentação conceitual e crítica para um modelo brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva.** 2010, 15: 3603-3614.

BARATA-SILVA, C.; DOS SANTOS, L.M.G.; VICENTINI-NETO, S.A.; MAGALHÃES, C.D.; JACOB, S.C.; MOREIRA, J.C.. Nanomedicamentos: regulamentação e controle de qualidade. **Vigil Sanit Debate.** 2021, 9(2): 138-151.

BARATA-SILVA, C.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SILVA, A.L.O.; MOREIRA, J.C.. Desafios ao controle da qualidade de medicamentos no Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva.** 2017, 25(3): 362-370, doi: 10.1590/1414-462X201700030075

BATISTA AJS, PEPE VLE. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva.** 2014. 19(7): 2105-2114, doi: 10.1590/1413-81232014197.02462013.

BRASIL. Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976. Dispõe sobre a Vigilância Sanitária a que ficam sujeitos os Medicamentos, as Drogas, os Insumos Farmacêuticos e Correlatos, Cosméticos, Saneantes e Outros Produtos, e dá outras Providências. **Diário Oficial da União.** 24 set 1976.

BRASIL. Portaria SVS/MS nº 16, de 06 de março de 1995. **Diário Oficial da União.** 9 mar 1995.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 210, de 4 de agosto de 2003. Determinar a todos os estabelecimentos fabricantes de medicamentos, o cumprimento das diretrizes estabelecidas no Regulamento Técnico das Boas Práticas para a Fabricação de Medicamentos, conforme ao Anexo I da presente Resolução. **Diário Oficial da União.** 14 ago 2003.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 658, de 30 de março de 2022. Altera a Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 301, de 21 de agosto de 2019, que dispõe sobre as Diretrizes Gerais de Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. **Diário Oficial da União.** 31 mar 2022.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA RDC nº 17 de 16 de abril de 2010. Dispõe sobre as boas práticas de fabricação de medicamentos. **Diário Oficial da União.** 19 abr 2010.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC Nº 33, de 4 de agosto de 2015. Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. **Diário Oficial da União.** 05 ago 2015.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 301, de 21 de agosto de 2019. Dispõe sobre as Diretrizes Gerais de Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos. **Diário Oficial União**. 22 ago 2019.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 268, de 25 de fevereiro de 2019. Dispõe sobre alteração da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 234, de 21 de junho de 2018. **Diário Oficial da União**. 26 fev 2019.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. RDC nº 702, de 16 de maio de 2022. Revoga Resoluções de Diretoria Colegiada - RDC, em virtude da publicação da Portaria GM/MS nº 913, de 22 de abril de 2022, do Ministro de Estado da Saúde, que declara o encerramento da Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) em decorrência da infecção humana pelo novo coronavírus (2019-nCoV). **Diário Oficial da União**. 18 mai 2022.

BRASIL. Decreto nº 20.397, de 14 de janeiro de 1946. Aprova o Regulamento da indústria farmacêutica no Brasil. **Diário Oficial União**. 19 jan 1946.

BRASIL. Projeto de Lei nº 5.076-C, de 2005. Dep. Edson Duarte. Brasília, DF. 2005. Disponível: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=337343. Acesso em: 22 de nov. 2022.

CASSANO, A.O.; AREDA, C.A.. A flexibilização de requisitos brasileiros de Boas Práticas de Fabricação durante a pandemia da COVID-19 sob uma perspectiva comparada. **Vigil Sanit Debate**. 2020, 8(3): 44–51.

FIOCCHI, C.C.; MIGUEL, P.A.C.. As dificuldades para a implantação de um sistema da qualidade baseado nas boas práticas de fabricação (BPF) em uma empresa de médio porte do setor farmacêutico: um estudo de caso exploratório. **XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Ouro Preto, Brasil, 2003.

KÖLLING, G.J.; MARTINI, S.R.. O uso de nanotecnologias na produção de medicamentos: o estado da arte da regulação no Brasil. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**. 2015, 10(2): 592-618, doi:10.5902/1981369419689.

KORNIS, G.E.M.; BRAGA, M.H.; ZAIRE, C.E.F.. Os marcos legais das políticas de medicamentos no Brasil contemporâneo (1990-2006). **Revista de APS**. 2008, 11(1): 85-99.

NASCIMENTO, J.M.R.; DOS SANTOS, M.R.; QUINTILIO, M.S.V.. O controle de qualidade nas indústrias farmacêuticas. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**. 2022, 5(11): 43-55, doi: 10.5281/zenodo.7110754.

NEL AE, MADLER L, VELEGOL D, XIA T, HOEK E, *et al*. Understanding biophysicochemical interactions at the nano–bio interface. *Nature materials*. 2009, 8(7): 543-557, doi: 10.1038/nmat2442.

NUNES, L.C.C.; MEDEIROS, M.G.F.; SOARES-SOBRINHO, J.L.. *et al*. Análise de perigos na produção de comprimidos. **Control Contam**. 2005. 75: 24-28.

OTERO, M.J.; DOMÍNGUEZ-GIL, A.. Acontecimientos adversos por medicamentos: una patología emergente. **Farm. Hosp**. 2000, 24(4): 258-266.

RENOVATO, RD. O uso de medicamentos no Brasil: uma revisão crítica. **Rev. Bras. Farm**. 2008, 89 (1): 64-69.

PINHEIRO, A.D.N.. Indicadores de Qualidade em Indústria Farmacêutica. **Infarma-Ciências Farmacêuticas**. 2017, 29(4): 364-370, doi: 10.14450/2318-9312.v29.e4.a2017.pp364-370

SILVA EP, DE PAIVA MJM. Assistência farmacêutica em relação ao uso off-label de medicamentos no âmbito da pandemia do COVID-19. **Research, Society and Development**. 2021, 10(16): 1-10, doi: 10.33448/rsd-v10i16.23246

SOARES, S.; SOUSA, J.; PAIS, A.; VITORINO, C.. Nanomedicine: principles, properties, and regulatory issues. **Frontiers in chemistry**. 2018, 6: 1-15, doi: 10.3389/fchem.2018.00360

STÁVALE, M..CM.; LEAL, M.L.F.; FREIRE, M.S.. A evolução regulatória e os desafios na perspectiva dos laboratórios públicos produtores de vacinas no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. 2020, 36: 1-11.

TOBLER, J. P., & ROCHA, H. V. A. Bases regulatórias para a avaliação da segurança de medicamentos à base de nanotecnologia. **Vigil Sanit Debate**, Rio De Janeiro, 2020, 8(2): 64–74. doi: <https://doi.org/10.22239/2317-269X.01358>

VOGLER, M.; GRATIERI, T.; GELFUSO, G.M.; CUNHA FILHO, M.S.S.. As boas práticas de fabricação de medicamentos e suas determinantes. **Vigil Sanit Debate**. 2017, 5(2): 34-41, doi: 10.22239/2317-269X.00918.

VI. COPYRIGHT

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

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTIAIS DO CULTIVO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO, NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA-AL

EVALUATION OF THE SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DRIP-IRRIGATED WATERMELON CULTIVATION IN THE MUNICIPALITY OF DELMIRO GOUVEIA-AL

José Lincoln Pinheiro Araujo¹
Rebert Coelho Correia²
Jony Eishi Yuri³

Resumo - Este estudo teve como objetivo avaliar os impactos socioambientais do uso da irrigação por gotejamento no cultivo da melancia, em propriedades familiares no município de Delmiro Gouveia em Alagoas. A tecnologia em análise foi comparada com a irrigação por sulco, que é o sistema de irrigação tradicionalmente utilizados pelos produtores de melancia, na região alvo desta pesquisa. A ferramenta utilizada para medir os impactos socioambientais é o Ambitec-agro, e a coleta de dados foram realizadas nas unidades produtivas familiares. Os resultados dos estudos apontaram que os critérios associados com o aspecto eficiência tecnológica os que mais se destacaram foram: consumo de água, consumo de energia, consumo de insumos agrícolas e mudança no Uso direto da terra. E os critérios relacionados com o aspecto trabalho e gestão os que mais se sobressaíram foram: dedicação do responsável, capacitação, geração de renda e valor da propriedade.

Palavras-chave: Irrigação Localizada. Agricultura Familiar. Impacto Socioambiental.

Abstract - This study aimed to evaluate the socio-environmental impacts of the use of drip irrigation in the cultivation of watermelon, in family properties in the municipality of Delmiro Gouveia in Alagoas. The technology under analysis was compared with furrow irrigation, which is the irrigation system traditionally used by watermelon producers in the target region of this research. The tool used to measure socio-environmental impacts is Ambitec-agro, and data collection was carried out in family production units. The results of the studies indicated that the criteria associated with the aspect of technological efficiency that stood out the most were: water consumption, energy consumption, consumption of agricultural inputs and change in direct land use. And the criteria related to the work and management aspect that stood out the most were: dedication of the person in charge, training, income generation and property value.

Keywords: Localized Irrigation. Family farming. Economic Socio-Environmental Impact.

¹ Doutor em Economia Agroalimentar, pesquisador da Embrapa Semiárido. Contato: lincoln.araujo@embrapa.br.

² Mestre em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Semiárido. Contato: rebert.correia@embrapa.br.

³ Doutor em Horticultura, pesquisador da Embrapa Contato: jony.yuri@embrapa.br.

I. INTRODUÇÃO

A concepção hoje empregada de transferência de tecnologias incorpora, além das variáveis técnicas e econômicas, amplamente utilizadas na concepção clássica de adoção de tecnologia, uma articulação dos fatores sociais, ambientais, o diagnóstico da situação anterior e dos impactos posteriores à adoção das mesmas. Nessa ótica uma tecnologia pode ser avaliada como transferida quando o indivíduo que a absorveu é capaz de alterá-la, moldando-a, segundo sua necessidade, ou é capaz de distinguir e direcionar uma nova demanda de pesquisa impelindo a sucessão tecnológica. Ou seja, existe uma dinâmica de reciprocidade, comportamento que colide com o conceito clássico de adoção de tecnologia, que pressupõe o controle absoluto do saber acadêmico sobre qualquer compreensão da realidade (SILVA, 2020).

Nessa mesma linha de pensamento Dagnino (2018), a aplicação de critérios sociais, culturais e ambientais complementares, aos critérios técnicos e econômicos possibilita que uma tecnologia possa atender aos interesses sociais, podendo ser apropriada por determinados grupos em conformidade com a adaptação ao contexto natural e as capacidades culturais locais.

Atualmente a valorização das instituições de pesquisas está fortemente associada a premissa de que as tecnologias por elas geradas atendam às necessidades e aos problemas de seus clientes e do setor produtivo que os mesmos estão inseridos. Nesse contexto Barret *et al* (2018) destaca que para que as organizações com mandato de pesquisa possam cumprir adequadamente suas atividades devem buscar a geração de tecnologias que tragam impactos positivos de natureza econômica social e ambiental.

Com a disposição de transferir tecnologias que possam contribuir para acrescentar a renda agrícola dos produtores familiares do território da região dos Lagos do Rio São Francisco, área geográfica que abarca doze municípios de quatro Estados do Nordeste (PE, BA, AL e SE), e conseqüentemente melhorar o padrão de vida dos mesmos, a Embrapa Semiárido, com o respaldo financeiro da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), está implantando um projeto de transferência de tecnologia, englobando tanto a agropecuária de sequeiro como a irrigada.

A forma de operacionalização desse projeto é por meio de Campos de Aprendizagem Tecnológica (CATs), que é um formato de espaço pedagógico para experimentações técnicas individuais e comunitárias, que visa repassar aos produtores das comunidades rurais do entorno, o desempenho produtivo das tecnologias implantadas. Sua localização e instalação seguem uma prática que reporta inicialmente a indicação de produtores de caráter agregador, atributo que favorece o diálogo sócio-técnico entre a equipe do projeto e as comunidades alvo do estudo (ARAÚJO *et al*, 2023).

O objetivo deste artigo foi avaliar os impactos socioambientais do cultivo da melancia, irrigada por gotejamento, no município de Delmiro Gouveia-AL. Justifica-se realizar esse estudo pelo fato do cultivo da melancia ser uma das atividades agrícolas de grande expressão econômica entre os produtores familiares do território dos Lagos do São Francisco e em especial do município de Delmiro Gouveia.

II. METODOLOGIA

As unidades de análise do estudo, foram os Campo de Aprendizagem Tecnológica (CATs), implantados no município de Delmiro Gouveia, localizado na microrregião alagoana Sertão do São Francisco e com uma população de 52.000 pessoas (IBGE, 2023), e a tecnologia transferida foi o cultivo da melancia irrigada por gotejamento. É importante assinalar que com a estratégia de atingir muitos produtores em diversas comunidades

rurais foi implantado CATs, com a tecnologia em análise, em propriedades familiares, que tradicionalmente cultivam a melancia.

A ferramenta metodológica utilizada para medir os impactos socioambientais da tecnologia em análise é o Ambitec-agro, que é utilizada pela Embrapa para avaliar as contribuições tecnológicas geradas em seus programas de PD&I, além de ser aplicado para apoiar a análise da formulação de projetos e na avaliação de impactos de inovações agropecuárias em programas de transferência de tecnologia (RODRIGUES, 2015).

O sistema de avaliação de impactos de inovações tecnológicas agropecuárias (Ambitec-Agro), que foi desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente, consiste em um conjunto integrado de matrizes de ponderação, para indicadores propriamente combinados em módulos de avaliação, conforme setor produtivo rural (agricultura, produção animal e agroindústria) e dimensão de avaliação ambiental e social (ÁVILA *et al.*, 2008).

Os indicadores são valorados em vistorias de campo nos estabelecimentos rurais nos quais as inovações tecnológicas são adotadas, em diálogo e entrevista com os produtores responsáveis, para obtenção de coeficientes de alteração dos indicadores, segundo observação dos efeitos resultantes da adoção tecnológica e conforme os contextos específicos das unidades produtivas. Os Coeficientes de alteração são verificados em vistorias de campo e levantamento de dados com produtores, relativos a variáveis quantitativas de área, quantidades ou proporções, e então padronizados em escala de -3 (grande decréscimo no indicador) a +3 (grande acréscimo no indicador), refletindo os efeitos da tecnologia ou atividade rural estudada, contingente a cada estudo de caso em particular (Quadro 1). Geralmente se faz essa análise comparando a tecnologia transferida com a tradicionalmente utilizada (RODRIGUES, 2015).

Quadro 1 - Impacto da tecnologia e coeficientes de alteração a serem inseridos nas células das matrizes de ponderação

Níveis de alteração nos indicadores decorrentes da adoção da tecnologia em análise	Coeficiente de alteração do Indicador
Grande aumento no indicador (< 25%)	+3
Moderado aumento no indicador (>25%)	+1
Indicador inalterado	0
Moderada Diminuição no indicador (> 25%)	-1
Grande diminuição no indicador (< 25%)	-3

Para compor o índice de impacto para um critério, além do coeficiente de alteração observado em campo cada indicador recebe ainda duas ponderações: um fator de importância do indicador na composição do critério e um fator da escala espacial de sua ocorrência. A ponderação de importância determina a direção do impacto (tendência positiva ou negativa) e uma normalização do número de indicadores que compõem o critério (+ ou - 1). Assim, quando a alteração observada impacta negativamente o desempenho socioambiental os fatores devem totalizar -1 e vice versa. Já a ponderação da escala da ocorrência considera a abrangência do impacto da tecnologia ou atividade rural estudada. Para cada indicador somente a maior escala de ocorrência observada em campo deve ser selecionada – que pode ser pontual quando o impacto da tecnologia se restringe ao campo cultivado, local quando o impacto se estende para além do campo cultivado, porém fica confinado aos limites do estabelecimento rural e entorno quando o

impacto observado extrapola os limites do estabelecimento rural. Os valores de cada escala são predeterminados, 1 para pontual, 2 para local e 5 para entorno (RODRIGUES *et al* 2005).

No quadro 2 está um exemplo da matriz do critério Qualidade do Solo, constatado nesse estudo de avaliação de impactos, onde se observa os coeficientes de alteração dos indicadores constatados em campo e os fatores de importância e de escala de ocorrência.

Quadro 2 - Exemplo de matriz de ponderação com indicadores do critério qualidade do solo

Nome do Critério	Valores dos fatores de ponderação de importância dos indicadores		Nome dos indicadores que compõem o Critério				Verificação da soma dos fatores de ponderação de importância dos indicadores
Qualidade do solo	Que alterações foram observadas na qualidade do solo?						
	Variáveis de qualidade do solo						Averiguação fatores de ponderação
	Erosão	Perda de matéria orgânica	Perda de nutrientes	Compactação			
	Fatores de ponderação k	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25		-1
	Escala máxima = pontual	Não se aplica	Marcar com X				
		Pontual	1	-3	0	0	0
	Local	2	
	Entorno	5	
Coefficiente de impacto = (coeficientes de alteração * fatores de ponderação)	3,75	0	0	0		3,75	

Valores dos fatores de ponderação da escala de ocorrência dos indicadores

Células para inserção dos coeficientes de alteração observados no campo

Índice de Impacto parcial, referente a cada um dos Indicadores

Índice de Impacto integrado para o critério

Após a inserção de todos os coeficientes de alteração dos indicadores nas matrizes, que correspondem aos critérios, o resultado é a expressão automática do índice de impacto da tecnologia, ponderados pelos fatores de escala de ocorrência e importância dos indicadores. O resultado final será o somatório dos índices registrados em cada critério sob nova ponderação de importância com valores variando entre -15 a +15.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise dos critérios relacionados a eficiência tecnológica

Com o plantio da melancia sob o manejo de irrigação por gotejamento o estudo aponta um aumento de produtividade de 21,00% em relação a produtividade do cultivo da melancia irrigada por sulco, em decorrência do aumento do número de plantas por hectare. Os demais indicadores que medem o critério “Mudança no uso direto da terra” não registram alteração entre o sistema de irrigação recomendado pela pesquisa e o tradicionalmente utilizado pelos produtores.

Com referência ao critério “uso da água”, o indicador água para irrigação, registra uma expressiva diminuição do consumo, quando se cultiva a melancia irrigada por gotejo e a irrigada por sulco, com o primeiro apontando um consumo de 3500m³ por hectare e outros 6000m³. Quanto aos outros indicadores do critério em análise, que estão

relacionados as características da água, como a região de abrangência do estudo dessa avaliação de impactos as unidades produtivas são irrigadas por água oriunda da mesma fonte de captação, o rio São Francisco, não registram diferenças quando se irriga o cultivo da melancia sob qualquer sistema de irrigação.

No que diz respeito ao critério “uso de insumos agrícolas”, nos indicadores associados com fertilizantes é constatada uma redução apreciável no cultivo da melancia irrigado por gotejamento em relação ao cultivo dessa olerícola irrigado pelo manejo de irrigação tradicionalmente utilizado. Visto que, na irrigação por gotejo os fertilizantes são direcionados a planta via fertirrigação não havendo perdas. Já nos indicadores relacionados com pesticidas, não se observa diferença no cultivo da melancia sob os manejos de irrigação alvo do estudo.

Quanto ao critério “consumo de energia”, o estudo também identifica uma expressiva redução no consumo de energia elétrica, exatamente pela menor volume de água consumida no sistema de irrigação por gotejo. Já nos combustíveis fosseis não há diferença entre os manejos de irrigação analisados nesse estudo.

Com referência aos critérios ambientais “emissões à atmosfera”, “qualidade da água” e “qualidade do solo,” nos dois primeiros não foi identificado alteração nos indicadores que os compõem, quando se compara os sistemas de manejos de irrigação aqui analisados, fato explicado por tratar-se de um mesmo sistema de cultivo. Já para o critério qualidade do solo, com a irrigação por gotejo se evita a formação de erosão ou outros desgastes no solo, situação que não se verifica na irrigação por sulco.

No que diz respeito ao critério “conservação da biodiversidade e recuperação ambiental”, a utilização de qualquer um dos manejos de irrigação não propicia nenhum efeito sobre a recuperação do meio ambiente. Nesse caso se utilizou o fator de ponderação não se aplica, já descrito na metodologia (Tabela 1).

Tabela 1 – Coeficientes de impactos dos critérios socioambientais relacionados aos aspectos de eficiência tecnológica da tecnologia em análise, comparada com a tecnologia usualmente utilizada

Critérios	Índices dos Impactos Integrado
Mudança no Uso Direto da Terra	5,00
Consumo de Água	7,75
Uso de Insumos Agrícola	7,75
Consumo de Energia	7,75
Emissões à Atmosfera	0,0
Qualidade do Solo	3,75
Qualidade da Água	0,0
Conservação da Biodiversidade e Recuperação Ambiental	X

- Análise dos critérios relacionados a trabalho e gestão

No tocante a capacitação, com a implantação dos CATs tem se observado um aumento significativo do conhecimento teórico e prático quanto ao manejo e desenvolvimento dos produtores e trabalhadores de campo destas comunidades e de comunidades adjacentes.

Com referência ao critério “geração de renda do estabelecimento” o cultivo da melancia sob o manejo de irrigação por gotejo, registra um expressivo aumento da

produtividade quando comparada com a melancia cultivada pelo sistema tradicional. Procedimento que se traduz em aumento de receita financeira na propriedade.

No que diz respeito ao critério “valor da propriedade” a utilização da tecnologia em análise causa um impacto significativo, uma vez que são necessários investimentos em benfeitorias para a implantação do sistema de irrigação por gotejamento (bombas, canos, válvulas, mangueiras etc.).

Acerca do critério “oferta de trabalho”, em decorrência do aumento da produtividade do cultivo da melancia irrigada por gotejo, quando se compara com a exploração dessa fruta irrigada por sulco, há um significativo aumento de postos de trabalho, notadamente na operação da colheita.

Com referência ao critério “dedicação do responsável” o sistema de cultivo da melancia sob o manejo de irrigação por gotejamento registra um alto coeficiente de impacto, devido o desempenho dos indicados capacitação dirigida a atividade, horas de permanência no empreendimento e engajamento familiar, procedimentos bem relacionado as atividades preconizadas para CATs em análise.

No que diz respeito ao critério “condições de comercialização”, não são identificadas alterações nos indicadores que os compõem, comportamento associado a fato de tratar-se do mesmo sistema de cultivo e da mesma variedade de melancia, nos dois manejos de irrigação.

No tocante aos critérios “segurança e saúde ocupacional” e “gestão de insumos químicos”, são observadas diferenças positivas, visto que, no sistema de cultivo recomendado pela pesquisa são utilizados todos os procedimentos exigidos para a se preservar a segurança e saúde dos envolvidos no processo de produção, bem como são seguidas integralmente as normas recomendadas para o armazenamento, conservação e aplicação dos insumos. Entretanto, como nestes dois últimos critérios os benefícios proporcionados não estão diretamente associados ao uso do sistema de irrigação por gotejamento, nesse estudo, optou-se pelo uso do fator de ponderação não se aplica (Tabela 2).

Tabela 2 - Coeficientes de impactos dos critérios socioambientais relacionados aos aspectos trabalho e gestão da tecnologia em análise, comparada com a tecnologia usualmente utilizada

Critérios	Índices dos Impactos Integrado
Capacitação	5,25
Geração de Renda	5,0
Valor da Propriedade	5,0
Oferta de Trabalho	3,85
Dedicação do Responsável	11,60
Condições de Comercialização	0,0
Segurança e Saúde Ocupacional	X
Gestão de Insumos Químicos	X

De acordo com o Ambitec-Agro o índice de impacto médio da avaliação de impacto socioambiental da tecnologia em análise foi +4,82, cifra que revela que com a substituição da irrigação por sulco pela irrigação por gotejamento o produtor alcança significativos impactos socioambientais positivos.

IV. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos impactos socioambientais da tecnologia recomendada aponta um desempenho favorável, com a maioria dos critérios analisados revelando resultados positivos quando comparado com a tecnologia tradicionalmente usada pelos produtores. A existência de alguns critérios que não registraram diferença de desempenho entre as tecnologias comparadas está associada com a situação de tratar-se de um mesmo sistema de cultivo, inclusive a mesma variedade, a diferença é somente nos sistemas de irrigação.

Finalizando esse estudo, pode-se considerar, que como a tecnologia avaliada registrou, em todos os CATs acompanhados, um desempenho socioambiental nitidamente superior a tecnologia tradicionalmente utilizada, a tendência é do público alvo desse programa de transferência de tecnologia passar a utilizar, no sistema de produção do cultivo da melancia, o manejo de irrigação por gotejo. Visto que, foi o uso racional do recurso água que possibilitou todos esses impactos socioambientais positivos aos produtores e a suas propriedades.

Entretanto, é importante comentar que para a efetiva melhora da qualidade de vida dos produtores familiares, além da utilização de uma tecnologia adequada, é necessário a implantação de políticas públicas que contemplem a manutenção contínua de serviço de assistência técnica e extensão rural, liberação de créditos compatíveis com as características da agricultura familiar e organização de um sistema de comercialização que remunerem a produção agrícola familiar de forma justa.

V. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. L. P.; CORREIA, R. C.; BRANDÃO, W. N. Caracterização de Produtores e Propriedades Rurais nos Municípios de Delmiro Gouveia e Pariconha, no Estado de Alagoas. **Revista Sodebras [on line]**. v.18, n.206, fev./2023. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N206.pdf>. Acesso em março de 2023.

AVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 189 p.

BARRET, D.; BLUNDO-CANTO, G.; DABAT, M-H.; DEVAUX-SPATARAKIS, A.; FAURE, G.; HAINZELIN, E.; MATHÉ, S.; TEMPLE, L.; TOILLIER, A.; TRIOMPHE, B.; VALL, E. **Impress methodological guide**: methodological guide to ex post impact evaluation of agricultural research in developing countries. Montpellier: CIRAD, 2018.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social**: Contribuições Conceituais e Metodológicas. João pessoa: Editora Insular, 2019, 315 p

IBGE. Território. Rio de Janeiro, [2023]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/delmiro-gouveia.html> Acesso em: 02 mar. 2023.

RODRIGUES, G. S. **Avaliação de impactos socioambientais de tecnologias na Embrapa. Jaguariúna**: Embrapa Meio Ambiente, 2015. 30 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 99).

SILVA, V. S.; FELIZARDO, L. F.; DUTRA, A. C. Um estudo prospectivo da tecnologia. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 171-183, 2020.

VI. COPYRIGHT

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

MODELING IN THE PRODUCTION OF BIOGAS FROM SWINE MANURE USING FUZZY LOGIC

MODELAGEM NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS SUÍNOS USANDO LÓGICA FUZZY

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

Abstract – *There is a great governmental concern with the dumping of swine manure in farms throughout Brazil, as it can pollute the environment. One of the possibilities for reducing these releases is using waste to produce biogas in biodigesters. Thus, the objective of this study was to develop a fuzzy set that can optimize two of the main indicators in the production of biogas in a biodigester. They were defined as input variables in a linguistic modeling using temperature and pH, for the output variable, and the production of biogas from swine manure was defined. After evaluation, the mathematical model was developed, and observed that temperature and pH are directly related to biogas production. The best results found in the model were for temperatures between 27 and 32°C and for pH 7.6 to 8.2. Concluding that the mathematical model proved to be efficient for this evaluation of a biogas production from swine manure, using temperature and pH as production performance indicators.*

Keywords: *Artificial Intelligence. Agronomy, Environment.*

Resumo - *Existe uma grande preocupação governamental com o despejo de dejetos suínos em fazendas em todo o Brasil, pois pode poluir o meio ambiente. Uma das possibilidades de redução desses lançamentos é a utilização de resíduos para produção de biogás em biodigestores. Assim, o objetivo deste estudo foi desenvolver um conjunto fuzzy que possa otimizar dois dos principais indicadores na produção de biogás em um biodigestor. Foram definidas como variáveis de entrada em uma modelagem linguística utilizando temperatura e pH, para a variável de saída, e foi definida a produção de biogás a partir de dejetos de suínos. Após a avaliação, o modelo matemático foi desenvolvido, e observou-se que temperatura e pH estão diretamente relacionados*

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

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

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

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

com a produção de biogás. Os melhores resultados encontrados no modelo foram para temperaturas entre 27 e 32°C e para pH 7,6 a 8,2. Concluindo que o modelo matemático se mostrou eficiente para esta avaliação da produção de biogás a partir de dejetos suínos, utilizando temperatura e pH como indicadores de desempenho da produção.

Palavras-chave: *Inteligência Artificial. Agronomia. Meio Ambiente.*

I. INTRODUCTION

Pig farming has been standing out year after year in the world economic scenario CONAB (2022), with an increase in its production both in the intensive and extensive model. In 2020, world pork production approached 100 million tons, with China as the largest producer, the European Union with 38 million tons, in second, the United States of America with 24 million tons in third, China with 13 million tons and Brazil in fourth with 4.5 million tons (ABPA, 2022).

The Brazilian pig market had the best slaughter result in 2021 since 1997, with 13.04 million heads (CEPEA, 2022). This increase was due to the increase in exports from May to September 2021. The largest producers within the five regions are the South with 66.5% of the national slaughter, in second place the Southeast region with 18.2%, followed by Midwest (14.1%), Northeast (1.0%), and North (0.1%) (IBGE, 2022).

However, government officials and their production chain are concerned about the inadequate management of swine waste, as environmental pollution by this waste is a problem that has been getting worse in modern swine farming (CANCELIER *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2014).

In swine manure, organic matter with a high bacterial rate, nutrients, fecal bacteria, sediments, and nitrates can be found, which in turn can significantly affect groundwater (SILVA *et al.*, 2014).

According to (KONRAD *et al.*, 2014; AFKHAMI; ZARRINPOOR, 2022) that this problem can be solved with the development of new technologies that involve the production of biogas in biodigesters from these wastes. Modern equipment, technical assistance and main techniques are applied mathematically to optimize the production process Godinho and Caneppele (2022), mathematical modeling has been applied mainly in agriculture, which has benefits in relation to production cost, financial income, interpretation of current data and forecasting of results both in the financial and productive spheres.

Thus, fuzzy logic presents an efficient method that optimizes the production process using several initial variables (input) with final variables (output) (CANEPPELE *et al.*, 2021). Fuzzy set theory is a tool that works with uncertainties, where there is a lack of concrete information (BARIK; MURUGAN, 2015, SOTO-PAZ *et al.*, 2021; GODOY *et al.*, 2020). This theory is already applied in agribusiness in general, as in animal production, in agriculture with large crops such as soy, and corn, in renewable energies etc. (CANEPPELE *et al.*, 2021; CREMASCO *et al.*, 2010).

Faced with the challenges in the management of swine manure, which seeks to reduce the environmental impacts caused by them, empirical modeling was developed, using fuzzy logic to produce biogas, having temperature and pH as input variables.

II. MATERIALS AND METHODS

The Fuzzy model developed to produce biogas, optimizing temperature and pH, was based on the collection of data from a swine-producing property in the municipality of Toledo in the State of Paraná, concentrated in the West region, with the geographic

coordinates of 24° 59' 58" South and 53° 37' 53" West of 550 m of altitude, called São Lucas farm. Data were collected from May to August 2019, once a day, always around 4:30 pm.

The farm has a building to produce 1200 pigs in the growing and finishing phases. The unit received the piglets with an average initial weight of 22 kg and delivered the animals to a slaughterhouse with an average weight of 110 kg. The animals were fed *ad libitum* with food and water.

The structure of the swine pens had a compact rubber floor with channels for handling the waste from the outside. The manure was scraped daily from inside the pens to the external channels and the total cleaning of the pens took place with the delivery of the batches of finished swine or at the end of the finishing phase. The farm has a digester with a digestion chamber volume of 150 m³ of biomass.

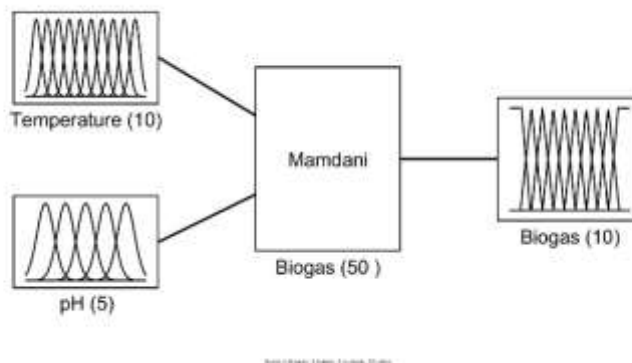
The biodigester was built next to the sty, facilitating the disposal of waste. Its model was very simple, it was made of a trapezoid hole, having a width of 12 m, length of 50 m, bottom width of 8 m, bottom length of 46 m, and depth of 4 m, being coated and covered with PVC (black color) with a thickness of 1.0 m.

The fuzzy modeling proposed in the present study sought to obtain the best points in biogas production as a function of temperature and hydrogen-ionic potential (pH). For this, temperature and pH were considered as input variables. For each input variable, its pertinence data were created with values between 25 and 43°C, being (25; 27; 29; 31; 33; 35; 37; 39; 41, and 43°C) and for pH between 7.2 to 8.8 (7.2; 7.6; 8.0; 8.4 and 8.8). The output variable evaluated was the biogas production of pig manure on m³ day⁻¹.

Thus, we define the mathematical model $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$, with $y = f(x)$, where \mathbb{R} is the set of real numbers, $x = (x_1, x_2)$ is defined by $x_1 =$ temperature (°C), and $x_2 =$ pH (un.), and $y =$ biogas (GABRIEL FILHO *et al.*, 2021; GABRIEL FILHO *et al.*, 2022).

To develop the fuzzy rule-based system, it was necessary to define an input processor with two variables, a set of rules, an analysis method such as Mamdani's, and an output processor with a single variable, generating a real and calculable number Putti *et al.* (2021) (Fig. 1).

Figure 1 - Fuzzy Rules-Based Systems (FRBS) for evaluating biometric variables in Biogas



Source: Authors (2022)

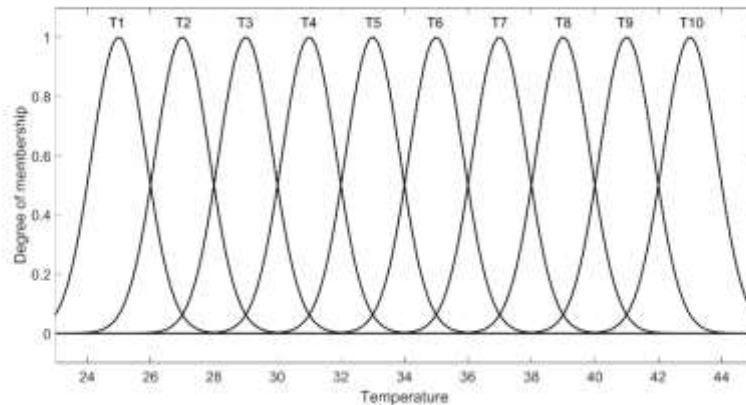
FRBS is represented by function $f: [25, 43] \times [7,2, 8,8] \rightarrow \mathbb{R}$, $f(x, y) = (f_1(x, y))$, where the domain represents those used as a linguistic variable at "Temperature" ([25 to 43], with each point representing a temperature) and the other linguistic variable the pH with the range ([7.2 to 8.8], each point being a pH level).

The \mathbb{R} image represents the output variable: Biogas. Thus, the input variables of the system were: "Temperature" and "pH". For temperature, 10 linguistic values T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 and T10 were developed, and for the pH variable, 5 linguistic values called pH1, pH2, pH3, pH4 and pH5 (Table 1 and Fig. 2 and 3).

Table 1 – Definitions of the triangular pertinence functions in Gaussian of the input variables Temperature and pH

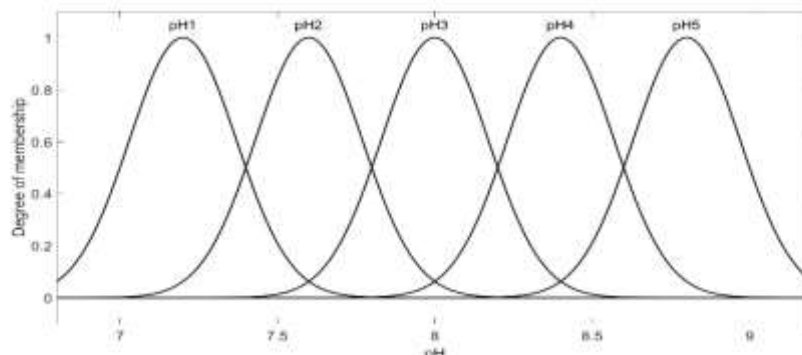
Variables	Fuzzy	Delimiters*
Temperature	T1	[0.8493 25]
	T2	[0.8493 27]
	T3	[0.8493 29]
	T4	[0.8493 31]
	T5	[0.8493 33]
	T6	[0.8493 35]
	T7	[0.8493 37]
	T8	[0.8493 39]
	T9	[0.8493 41]
	T10	[0.8493 43]
pH	pH1	[0.1699 7.2]
	pH2	[0.1699 7.6]
	pH3	[0.1699 8.0]
	pH4	[0.1699 8.4]
	pH5	[0.1699 8.8]

Figure 2 - Pertinence functions defined for fuzzy sets of the Temperature input variable



Source: Authors (2022)

Figure 3 - Pertinence functions defined for fuzzy sets of the pH input variable



Source: Authors (2022)

The model of the pertinence functions of the input variables was defined in Gaussian format, in view of its applicability and the best fit in the project. The Gaussian model works as a function of an approximate probability, which is associated with a very large form of curvature that is often known as physical frequency, such as a normal distribution or plant curvature Viali (2014), according to eq. 1.

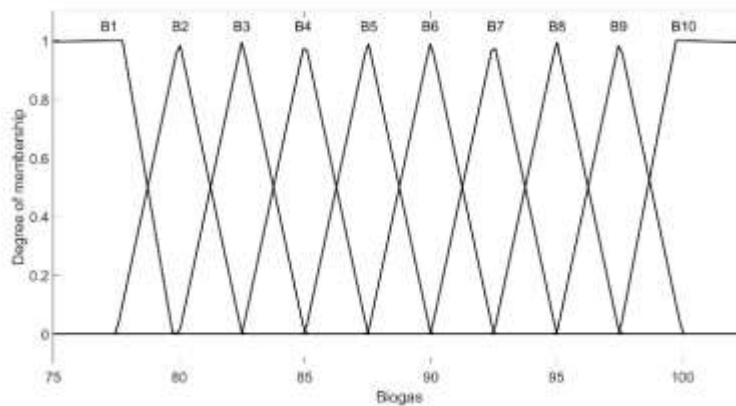
$$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Within this characteristic is presented a generalized random variable, being X a variable with random mean that continues with μ $-\infty < x < \infty$. With this, it can be said that X has a normal distribution and with this, one can $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. Thus, seeking an expected value $E[x]=\mu$ and a variance $V(x)=\sigma^2$. Resulting in (eq. 2) probability:

$$\mathbb{P}(a < x < b) = \int_a^b \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

In Fig. 4, the model presented is the levels developed for biogas production, in an interval between [75 – 102.5] in $m^3 \text{ day}^{-1}$.

Figure 4 - Pertinence functions of fuzzy sets of biogas production output variable



Source: Authors (2022)

To obtain the rule base for the fuzzy system, the combinations (10×5) between the fuzzy sets of the input variables were considered, thus creating 50 pairs of the form (Temperature \times pH). This methodology was similarly used by [8, 11, 13-15]. For each value of an output variable, each temperature (T1, ..., T10) and the pH level (pH1, ..., pH5) were associated. This value, in turn, was related to the fuzzy set in the highest degree of adhesion.

Mamdani's inference method was used to calculate numerical values for output variables. With the help of the Fuzzy Logic Toolbox of MATLAB R2022b, we could build a system based on computational fuzzy rules and develop plots and contour maps of the associated system representation function.

The regression model was used to analyze and validate the efficiency of the fuzzy model, and it may present satisfactory results (MATLAB, 2020). The coefficient

of determination (R^2) assesses the quality of the model's fit in percentage and can explain the relationship of the collected data (OSTERTAGOVÁ, 2012).

The coefficient of determination (R^2) consists of evaluating the goodness of fit of the model with the percentage or how much the model was able to explain the data collected experimentally (OSTERTAGOVÁ, 2012).

III. RESULTS AND DISCUSSION

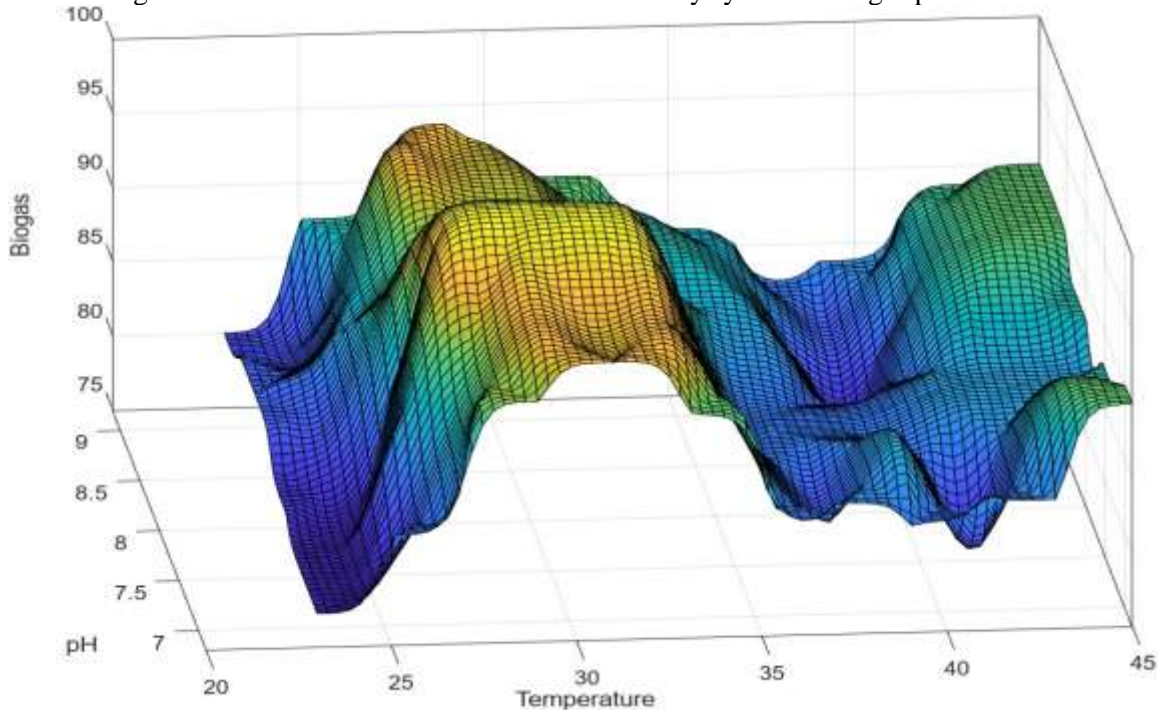
The construction of the fuzzy model was developed using the results found in the experiment applied to the field and information provided by specialists who work of biogas production from swine manure, as established in Table 2.

Table 2 – Fuzzy system rule base.

Input variables		Output variable	Input variables		Output variable
Temperature	pH	Biogas	Temperature	pH	Biogas
T1	pH1	B1	T6	pH1	B4
T1	pH2	B1	T6	pH2	B3
T1	pH3	B2	T6	pH3	B3
T1	pH4	B3	T6	pH4	B4
T1	pH5	B2	T6	pH5	B5
T2	pH1	B5	T7	pH1	B2
T2	pH2	B9	T7	pH2	B3
T2	pH3	B9	T7	pH3	B3
T2	pH4	B6	T7	pH4	B4
T2	pH5	B8	T7	pH5	B4
T3	pH1	B8	T8	pH1	B5
T3	pH2	B9	T8	pH2	B3
T3	pH3	B9	T8	pH3	B3
T3	pH4	B6	T8	pH4	B1
T3	pH5	B7	T8	pH5	B2
T4	pH1	B7	T9	pH1	B1
T4	pH2	B9	T9	pH2	B4
T4	pH3	B9	T9	pH3	B4
T4	pH4	B7	T9	pH4	B5
T4	pH5	B7	T9	pH5	B5
T5	pH1	B8	T10	pH1	B6
T5	pH2	B9	T10	pH2	B4
T5	pH3	B9	T10	pH3	B4
T5	pH4	B5	T10	pH4	B6
T5	pH5	B5	T10	pH5	B6

Using the Mamdani inference method, together with the three-dimensional graphics (Fig. 5) and respective contour map (Fig. 6), the results obtained in the model are presented.

Figure 5 - Three-dimensional surfaces of the fuzzy system in biogas production



Source: Authors (2022)

The best “B” pH levels at 7.6 to 8.2 can get the best field responses in biogas production together with a temperature between 27 to 33°C (Fig. 6). Considering that the success of biogas production depends on the balance between the bacteria that produce methane gas and its direct indicators such as volatile solids, pH, temperature, and organic material (RINGLE *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2022).

One of the important factors that the producer must monitor in the production process is the relationship between temperature and bacterial growth, as this relationship directly affects enzymatic rates that can compromise the stabilization of organic matter (VILLA *et al.*, 2020).

Konrad *et al.* (2014) in a field experiment to produce biogas, obtained better responses in anaerobic digestion under temperature conditions close to 35°C, values higher than that found in this result. It is understood that several bacteria promote anaerobic digestion, and that temperature can interfere with each species (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

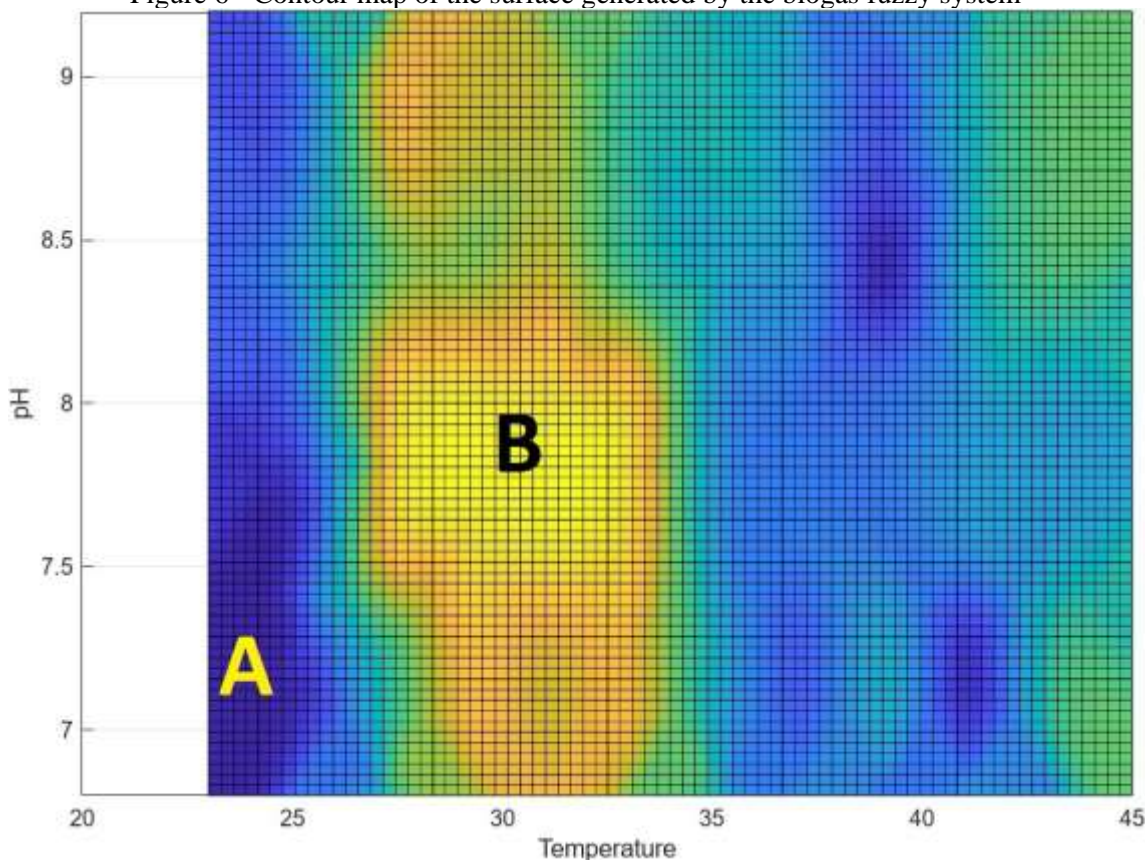
However, the “A” points present values below the expected for biogas production, when its production is evaluated with pH and temperature, that is, it is not recommended at a temperature between 23 and 25°C. Reinforcing these data, Schwingel *et al.* (2016), evaluated benchtop digesters using swine manure with 6 g L⁻¹ of total solids, subjected to three different temperatures (25, 35 and 40°C), and concluded that the temperatures of 35 and 40°C favored the start-up of the biodigesters, as they resulted in greater accumulated production of biogas.

Silva *et al.* (2015) presents a line of thought showing that the best results to produce biogas evaluating pH are between 6.6 to 7.35, being close to the research results, presented in indicator A.

Schwingel, studying the effect of temperatures between 20 and 30°C in the sequential anaerobic digester, concluded that methane production decreases when the digester is operated at a temperature of 20°C.

According to Souza *et al.* (2005), Massé and Massé (2001), and Massé *et al.* (2003), the efficiency of an anaerobic digester increases significantly when temperatures are above 20°C, which demonstrates efficiency in the results presented in the mathematical modeling (Fig. 6).

Figure 6 - Contour map of the surface generated by the biogas fuzzy system



Source: Authors (2022)

The fuzzy model presented a better performance than the linear regression model, as it presented a coefficient of determination (R^2) higher than the linear one (0.9741 and 0.9424, respectively), according to Table 3.

Table 3 – Results of the validation of fuzzy models of biogas production, in $m^3 \text{ day}^{-1}$ (Prod.), and regression model (Linear.), according to the coefficient of determination (R^2)

		Indicators	
		R^2	Regression Equation
Biogas	Fuzzy Model	0.9741	$y = 0.4269x + 76.814$
	Regression	0.9424	$y = 0.4756x + 74.763$
	Fuzzy Correlations x Regression	0.9852	$y = 0.8764x + 11.548$

However, when the fuzzy model was evaluated with linear data, the coefficient of determination (R^2) was superior to the fuzzy model with 0.9852.

IV. CONCLUSIONS

The high efficiency in biogas production depends directly on essential indicators for a good conversion of swine manure to methane production. Two indicators stand out, temperature and pH. Thus, the fuzzy model generalizes biometric variables for

biogas production for the ten temperature levels (from 23 to 45°C) and five pH variables (between 6.8 and 9.2) evaluated. These results can be used as a starting point for the development and management of a biogas production process from swine manure using temperature and pH as analysis variables.

The validation performed allows the input variables (temperature and pH) in the developed fuzzy mathematical model to show reliability for later use in evaluating the effects of these indicators on biogas production.

V. REFERENCES

ABPA. **Estatísticas**. Available at: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas.html>>. Accessed on: May 27, 2022.

AFKHAMI, P.; ZARRINPOOR, N. Location Assessment of Jatropha Cultivation for Biofuel Production in Fars Province, Iran: A Hybrid GIS-Based *Fuzzy* Multi-criteria Framework. **Waste Biomass Valor**, v.13, p.4511-4532, 2022. DOI: 10.1007/s12649-022-01809-7.

BARIK, D.; MURUGAN, S. An Artificial Neural Network and Genetic Algorithm Optimized Model for Biogas Production from Co-digestion of Seed Cake of Karanja and Cattle Dung. **Waste Biomass Valor**, v.6, p.1015-1027, 2015. DOI: 10.1007/s12649-015-9392-1.

CANCELIER, A.; DAL' SOTO, U.P.; COSTELLI, M.C.; LOPES, T.J.; SILVA, A. da. Avaliação da produção de biogas de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.2, p.209-217, 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000101264.

CANEPPELE, F. de L.; GODINHO, E.Z.; ZUIN, L.F.S; GABRIEL FILHO, L.R.A. Aplicação da lógica *fuzzy* no desenvolvimento do morango no Oeste do Paraná. **Revista Sodebras [online]**, v.16, n.184, p.6-9, 2021. DOI: 10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.06.

CEPEA. **Boletim Suíno**. Available at: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0654202001645121495.pdf>>. Accessed on: May 27, 2022.

CONAB. **Histórico mensal da carne suína: Análise Mensal**. Available at: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-carne-suina>>. Accessed on: Aug. 07 2022.

CREMASCO, C.P.; GABRIEL FILHO, L.R.A.; CATANEO, A. Metodologia de determinação de funções de pertinência de controladores *fuzzy* para a avaliação energética de empresas de avicultura de postura. **Energia na Agricultura**, v.25, n.1, p.21-39, 2010. DOI: 10.17224/EnergAgric.2010v25n1p21-39.

GABRIEL FILHO, L.R.A.; PUTTI, F.F.; CREMASCO, C.P.; BORDIN, D.; CHACUR, M.G.M.; GABRIEL, L.R.A. Software to assess beef cattle body mass through the *fuzzy* body mass index. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.41, n.2, p.204-214, 2021. DOI: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v41n2p204-214/2021.

GABRIEL FILHO, L.R.A.; SILVA, A.O.; PUTTI, F.F.; CREMASCO, C.P. *Fuzzy* modeling of the effect of irrigation depths on beet cultivars. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.42, n.1, e20210084, 2021. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n1e20210084/2022.

GODINHO, E.Z.; CANEPPELE, F.L. *Fuzzy system in a ferrous sulfate pre-treatment of elephant grass*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.52, e70483, 2022. DOI: 10.1590/1983-40632022v5270483

GODOY, F.O. de; GODINHO, E.Z.; DALTIM, R.S.; CANEPPELE, F. de L. Utilização da lógica *fuzzy* aplicada à energia solar. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.37, n.2, e26663, 2020. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26663.

IBGE. **Estatística da Produção Pecuária**. Available at: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2021_3tri.pdf>. Accessed on: May 27, 2022.

KONRAD, O.; KOCK, F.F.; LUMI, M.; TONETTO, J.F.; BEZAMA, A. Potential of biogas production from swine manure supplemented with glycerine waste. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p.844-853, 2014. DOI: 10.1590/S0100-69162014000500004.

MASSÉ, D.I.; MASSÉ, L. The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, v.76, n.2, p. 91-98, 2001. DOI: 10.1016/s0960-8524(00)00105-x.

MASSÉ, D.I.; MASSÉ, L.; CROTEAU, F. The effect of temperature fluctuations on psychrophilic anaerobic sequencing batch reactors treating swine manure. **Bioresource Technology**, v.89, n.1, p.57-62, 2003. DOI: 10.1016/s0960-8524(03)00009-9.

MATLAB: **Version 9.8.0 (R2022a)**. Natick, Massachusetts, The MathWorks, 2020

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, Larvas/MG, 2006. 729p.

OLIVEIRA, J.D. *et al.* Anaerobic co-digestion of swine manure and forage at two harvesting ages. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.52, n.4, e20200760, 2022. DOI: 10.1590/0103-8478cr20200760.

OSTERTAGOVÁ, E. Modelling using Polynomial Regression. **Procedia Engineering**, v.48, p.500-506, 2012. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.09.545

PUTTI, F.F.; LANZA, M.H.; GRASSI FILHO, H.; CREMASCO, C.P.; SOUZA, A.V.; GABRIEL FILHO, L.R.A. *Fuzzy modeling in Orange production under different doses of sewage sludge and wastewater*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.41, n.2, p.204-214, 2021. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n2p204-214/2021.

RINGLE, C.M.; SILVA, D.; BIDO, D. Modelagem de equações estruturais com utilização do smartpls. **Revista Brasileira de Marketing**, v.13, n.2, e2717, 2014. DOI: 10.5585/remark.v13i2.2717.

SCHWINGEL, A.W. *et al.* Performance of the anaerobic co-digestion of pig manure with the inclusion of crude glycerine. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.4, p.778-783, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160093.

SILVA, A. de A.; LANA, Â.M.Q.; LANA, R.M.Q.; DA COSTA, A.M. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.254-265, 2015. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p254-265/2015.

SOTO-PAZ, J.; GEA, T.; ALFONSO-MORALES, W.; CAICEDO-BRAVO, E.; OVIEDO-OCAÑA, E.R.; MANYOMA-VELÁSQUEZ, P.C.; TORRES-LOZADA, P. Co-composting of Biowaste: Simultaneous Optimization of the Process and Final

Product Quality Using Simulation and Optimisation Tools. **Waste Biomass Valor**, v.12, p.4480-4502, 2021. DOI: 10.1007/s12649-020-01321.

SOUZA, C.F.; JÚNIOR, J.L.; FERREIRA, W.P.M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato – considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, 2005. DOI: 10.1590/S0100-69162005000200027.

VIALI, L. Some considerations about the named normal curve. **VIDYA**, v.34, n.1, p.99-116, 2014.

VILLA, L.M. *et al.* Anaerobic co-digestion of swine manure with sweet potato or cassava in different C/N ratios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.50, n.10, e20190734, 2020. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190734.

VI. COPYRIGHT

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

Área: Ciências Exatas e Engenharias

3-3	<p>ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND DOPADA COM QUITOSANA: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS</p> <p>PORTLAND CEMENT MORTAR DOPED WITH CHITOSAN: COMPRESSION RESISTANCE AND PHYSICAL CHARACTERIZATION</p> <p>João Ricardo Pereira Da Silva; Eduardo Padrón Hernández; Patrícia Maria Albuquerque De Farias</p>
3-4	<p>AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA APLICANDO IOT NO CONTROLE</p> <p>AUTOMATION OF AN AQUAPONICS SYSTEM BY APPLYING IOT IN CONTROL</p> <p>Lucas Cruz Balthazar; Raul Rodrigues Martins; Fábio Jesus Moreira De Almeida; Letícia Fernanda Neves Evangelista; Filipe Figueiredo Ramos; Bruno Luís Soares De Lima</p>
3-4	<p>PROGNÓSTICO DA UTILIZAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL</p> <p>PROGNOSTIC OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES USED IN THE RESIDENTIAL SECTOR</p> <p>Ricardo José Bellam; Teófilo Miguel De Souza</p>

ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND DOPADA COM QUITOSANA: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS

PORTLAND CEMENT MORTAR DOPED WITH CHITOSAN: COMPRESSION RESISTANCE AND PHYSICAL CHARACTERIZATION

João Ricardo Pereira da Silva¹

Eduardo Padrón Hernández²

Patrícia Maria Albuquerque de Farias³

Resumo – *Materiais cimentícios suplementares (SCMs) são componentes-chave para argamassas sustentáveis. Este trabalho investiga a eficácia do uso do pó de quitosana (CS) como substituto parcial do cimento Portland em argamassa. A influência da quitosana incorporada a argamassa por meio de teores ótimos foi avaliada. Os teores de quitosana incorporados na dosagem foram 0%; 0,1%; 0,3% e 0,4%. As diferentes argamassas foram submetidas a ensaios de resistência à compressão, consistência, índice de vazios, absorção e massa específica. Os resultados mostraram que a microestrutura foi favorecida, à medida que o índice de vazios e a absorção da argamassa diminuíram com a utilização da quitosana, exceto 0,4%. Os resultados de resistência e propriedades físicas apresentaram-se favoráveis à incorporação da quitosana, indicando fortemente que a quitosana pode ser considerada material promissor a ser incorporado na produção de argamassa.*

Palavras-chave: Argamassa. Quitosana. Sustentabilidade.

Abstract - *Supplementary cementitious materials (SCMs) are key components for sustainable mortars. This work investigates the effectiveness of using chitosan powder (CS) as a partial substitute for Portland cement in mortar. The influence of chitosan incorporated into the mortar through optimal levels was evaluated. The levels of chitosan incorporated in the dosage were 0%; 0.1%; 0.3% and 0.4%. The different mortars were subjected to compressive strength, consistency, void ratio, absorption and specific mass tests. The results showed that the microstructure was favored, as the void ratio and mortar absorption decreased with the use of chitosan, except for 0.4%. The results of resistance and physical properties were*

¹ Mestre em Engenharia Civil (UNICAP); Doutorando em Ciência dos Materiais (UFPE). Contato: eng_jrps@hotmail.com. orcid.org/0000-0003-3307-9387. CV: <http://lattes.cnpq.br/7839267639642800>.

² Doutor em Física (UFPE); Professor associado da Universidade Federal de Pernambuco. Contato: eduardo.hernandez@ufpe.br. orcid.org/0000-0002-1492-1199.

³ Doutora em Química (UFPE); Professora Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Contato: patricia.mafarias@ufpe.br. orcid.org/0000-0001-8800-6500 CV: <http://lattes.cnpq.br/7171386978447730>.

favorable to the incorporation of chitosan, strongly indicating that chitosan can be considered a promising material to be incorporated in the production of mortar.

Keywords: *Mortar. Chitosan. Sustainability.*

I. INTRODUÇÃO

Em muitas partes do mundo, a urbanização está sendo acelerada por uma nova economia global e, no que lhe concerne, está literalmente reformando a face do planeta (DUAN *et al.*, 2022). As cidades metropolitanas em todos os países em desenvolvimento em todo o mundo, cresceram rapidamente em resposta à explosão populacional e ao crescimento econômico (KHAN *et al.*, 2021). Segundo as Nações Unidas (2014) 54% da população mundial vive em áreas urbanas e espera-se que esse percentual aumente para 66% até 2050. Essa situação acelerou o desenvolvimento da indústria da construção, interferindo no consumo de recursos naturais e com crescente deterioração do meio ambiente, em diversos países, principalmente nos países emergentes, causando um crescimento insustentável da indústria da construção (SILVA *et al.*, 2015).

O crescimento da população urbana é cada vez mais significativo, contanto, cada vez que esta cresce, é aumentada a demanda por energia elétrica, recursos naturais e, paralelo a esses, a emissão de gases poluentes (SOLIMAN *et al.*, 2022). Santamouris (2016) salienta que, através dos impactos ambientais, como a escassez de energia, os efeitos das mudanças climáticas e o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), especialmente as emissões de CO₂, levantaram-se preocupações sobre as tendências atuais do consumo de energia. Isso fez com o que, o setor da construção, por ser é uma das usuárias de energia e contribuidora de emissões de CO₂ liberadas no mundo, que afetam muito as condições ambientais, com impacto sobre aquecimento global, passou a ter atenção especial (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014).

Segundo Florentin *et al.* (2017) é fundamental analisar os processos que afetam o consumo de energia e as emissões de GEEs ao longo do ciclo de vida de uma construção e isso inclui examinar o potencial de materiais alternativos. Onuaguluchi e Banthia (2016) complementam que, para melhorar a sustentabilidade no uso de materiais de construção, a indústria da construção civil deve adotar a reutilização de subprodutos industriais e materiais renováveis (MATOS; PIKANÇO; FILHO, 2023, TRANNIN; PANCIERI, 2019, JÚNIOR; GOMES, 2020). Diante disso, Bennacer, Abahri e Belarbi (2016) afirmam que, atualmente, o uso de materiais mais ecológicos, como biopolímeros, estão se tornando cada vez mais competitivos para uso em compósitos cimentícios, devido aos seus benefícios ambientais. Conforme Olivia, Toni e Wibisono (2018), concretos e argamassas vêm sendo estudados, de forma intensa, com incrementos de biopolímeros, nas misturas, do tipo: polissacarídeos; celulose; amido; quitina e quitosana.

A quitosana é um polissacarídeo linear obtido a partir da desacetilação parcial ou total da quitina (ARANAZ *et al.*, 2021) que é o segundo biopolímero mais abundante após a celulose (ARROUZE *et al.*, 2016). Este polímero e seus derivados têm sido utilizados como biomateriais devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e atividades biológicas (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016). A quitosana é composta de unidades de glucosamina e acetilglucosamina, sendo a proporção entre essas unidades chamada de grau de desacetilação (BEDIAN *et al.*, 2017). Esse parâmetro, além do peso molecular, influencia de forma significativa as propriedades da quitosana (BEKALE; AGUDELO; TAJMIR-RIABI, 2015).

II. METODOLOGIA

De modo a atingir os objetivos propostos neste trabalho, o procedimento experimental consiste em analisar as propriedades da argamassa de cimento Portland substituindo parte do cimento por quitosana, verificando a resistência à compressão e características físicas. A seguir são descritas as variáveis independentes e dependentes do procedimento experimental em laboratório. As variáveis independentes são fixadas com a finalidade de observar a influência de suas variações sobre as variáveis dependentes. No presente trabalho foi considerado como independentes as variáveis relacionadas com a argamassa, mantendo constantes as características relativas: cimento Portland CP V ARI; agregado miúdo (areia utilizada na região metropolitana do Recife) não reativos; quitosana (adquirida da empresa Polymar) (Tabela 1); relação água/cimento 0,5; aditivo químico superplastificante MC-POWERFLOW 4001 (foi utilizado 0,2% sobre o peso do cimento); tal como à execução do método. No que diz respeito às variáveis dependentes, são as variáveis influenciadas pela variação das variáveis independentes, enfatizando as propriedades da argamassa: resistência à compressão; consistência da argamassa; índice de vazios; absorção de água por imersão e absorção de água por capilaridade.

A dosagem utilizada no presente trabalho foi 1,0: 3,0: 0,480 (cimento: areia: água) baseada na quantidade de materiais utilizado na metodologia conforme a norma NBR 7215 (ABNT, 2019). Sobre este traço final, foi acrescida a quantidade do biopolímero referente a cada composição. Salienta-se que a quitosana foi introduzida como substituição em relação à massa de cimento. As amostras foram preparadas conforme procedimento de preparação da argamassa da NBR 7215 (ABNT, 2019). Para a verificação da influência do biopolímero nas propriedades reológicas, foi verificado o índice de consistência da argamassa, através da mesa de espalhamento (flowtable), conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016). As caracterizações físicas foram analisadas utilizando uma série de 4 corpos de provas para cada amostra com e sem a presença de quitosana. A determinação da absorção, índices de vazios e massa específica das argamassas foram medidas segundo a Norma NBR 9778 (ABNT, 2009), realizadas na idade de 28 dias de cura. A absorção de água por capilaridade foi medida de acordo com a NBR 9779 (ABNT, 2012). Para cada intervalo de tempo, foi calculado o coeficiente de absorção de água por capilaridade (em g/cm²). Em seguida, foi aplicado o princípio do método de absorção que mais tem sido utilizado atualmente, sendo às leis de absorção de água em função da raiz quadrada do tempo (AL-NADDAF, 2018) (FENG; JANSSEN, 2018). Materiais sob condições saturadas ou insaturadas com água, a lei de Darcy é suficiente para descrever o transporte de umidade em materiais porosos (ZHANG; THIERY; BAROGHEL-BOUNY, 2016), com isso, conforme a equação 1 ($C=kt^{1/2}$), após obtenção dos valores de água absorvida por capilaridade (C) seguindo metodologia descrita pela ABNT NBR 9779, obtém-se a constante característica do material k conforme descrito por Gummerson, Hall e Hoff (1980), do modelo de raiz quadrada do tempo. Os materiais constituintes da argamassa (cimento e areia) foram pesados em balança digital de capacidade 8 kg; resolução 0,1g. Entretanto, a quitosana e o aditivo, devido à pouca quantidade, foram medidos em balança digital de capacidade 200g, resolução 0,0001g. Moldes com diâmetro de 50mm foram utilizados no presente trabalho. Ademais, os resultados de resistência à compressão axial foram uma média de três valores alcançados para a idade de 28 dias após a moldagem, utilizando uma máquina de ensaios universal EMIC. Neste processo, todos os resultados apresentados são uma média de três determinações, com desvio padrão máximo de 5%. Para verificar se existem influências significativas dos tratamentos na variável resposta resistência a compressão, empregou-se a análise de variância (ANOVA), com delineamento inteiramente casualizado (DIC) e teste de Tukey a um nível de significância de 5% (TEIXEIRA; ANDRADE; BONIFÁCIO, 2015), utilizando o software PAST.

Tabela 1- Propriedades da quitosana

Ensaio	Densidade aparente (g/l)	Perda por dessecação (%)	Cinzas totais (%)	pH	Grau de desacetilação (%)
Resultados	1,805	3,55	1,5	8,4	85

Fonte: Polymar.

III. RESULTADOS

3.1 - Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão axial das argamassas fabricadas com teores de quitosana estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resistência à compressão média das argamassas

Quitosana (%)	0%	0,1	0,3	0,4
Resistência Mecânica à Compressão (MPa)	36,0	37,9	34,6	32,7
Desvio Padrão (%)	0,1	0,4	0,7	0,1

Fonte: Autores, 2023.

Esta diferença de valores de resistência à compressão pode ser considerada significativa comparando a argamassa de referência com as demais (0,1%; 0,3% e 0,4% de substituição de quitosana). Isso pode ser verificado a partir da análise de variância (ANOVA, Tabela 3), seguido pelo Teste de Tukey para comparação quais pares de médias têm diferenças estatisticamente significativas (DRISCOLL, 1996), em ambos os testes, um nível de significância de 5%.

Tabela 3 - Análise de variância

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	43,5	3	14,5	90,625	1,62398E-06	4,06618
Dentro dos grupos	1,28	8	0,16			
Total	44,78	11				

Fonte: Autores, 2023.

Como o valor de *F* é maior do que o valor de *F* crítico, pode-se rejeitar a hipótese nula H_0 , a qual afirma que as quatro amostras analisadas são afetadas pela presença da quitosana (DRISCOLL, 1996). Com isto, realizou-se o Teste de Tukey (*T*) para verificação de qual par de médias poderiam ser consideradas significativamente diferentes. O resultado desta análise pode ser verificado na Tabela 4.

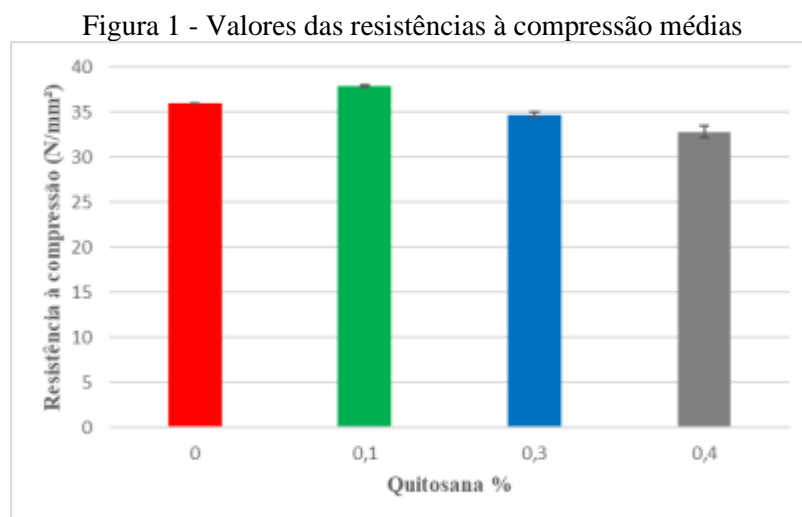
Tabela 4 - Teste Tukey para resistência à compressão das argamassas

	0%	0,1%	0,3%	0,4%
0%		0,00178	0,01139	3,66E-05
0,1%	8,227		3,66E-05	1,17E-06
0,3%	6,062	14,29		0,00178
0,4%	14,29	22,52	8,227	

Fonte: Autores, 2023.

A vista disto, pelo teste estatístico, constatou-se que a diferença das médias entre as amostras é significativamente diferente, apontando que a substituição de até 0,4% de quitosana na argamassa provocou variação de resistência.

Através da Figura 1 é possível observar um leve ganho de resistência (a compressão em função do uso da quitosana na argamassa, com o percentual de 0,1% do biopolímero apresentando melhor desempenho quanto aos demais percentuais.



Fonte: Autores, 2023.

Os valores obtidos no ensaio de índice de vazios corroboram para justificar os resultados de resistência à compressão. Além disso, verificou-se que ocorreu diminuição de resistência com aumento de porcentagem de incorporação de quitosana, provavelmente devido a quitosana interagir quimicamente com os produtos de hidratação do cimento podendo induzir a formação irregular dos cristais de silicato de cálcio hidratado (PEREZ *et al.*, 2015), bem como retardar as reações de hidratação do cimento (LASHERAS-ZUBIATE *et al.*, 2010).

3.2 - Consistência

De maneira a assegurar a fluidez pretendida, as argamassas devem ter um índice de consistência superior a 140 mm após abatimento na “flowtable”. Os resultados com o índice de consistência médio das argamassas podem ser observados na Tabela 5, no qual se observa que argamassa com percentuais de substituição do cimento por quitosana (0,1%; 0,3% e 0,4%) promoveram uma diminuição no índice de consistência da argamassa, ao comparar o resultado com argamassa sem substituição (0%).

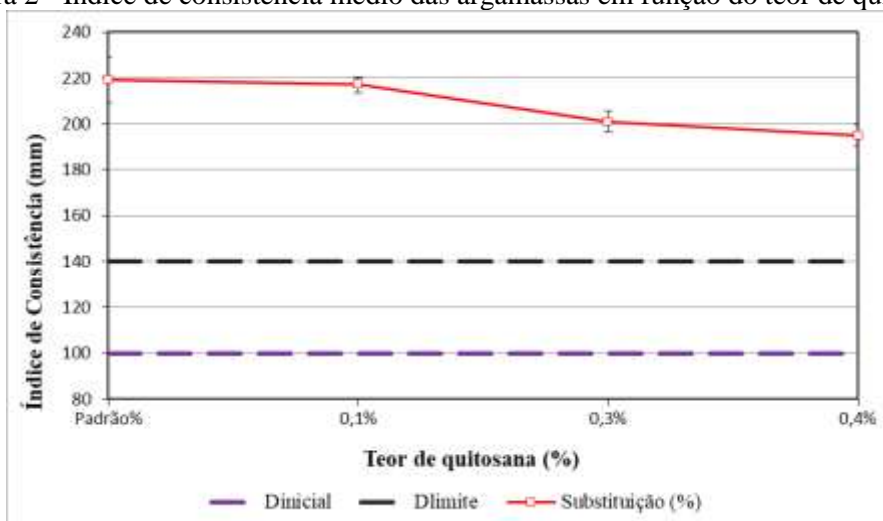
Tabela 5 - Índice de consistência médio das argamassas

Argamassa	Padrão	0,1%	0,3%	0,4%
Índice de consistência (mm)	219±21	217±7	201±9	195±9

Fonte: Autores, 2023.

A Figura 2 mostra que a adição de quitosana reduz significativamente a consistência, devido à finura das partículas e consequente maior demanda de água para molhamento destas partículas (ARSLAN *et al.*, 2019).

Figura 2 - Índice de consistência médio das argamassas em função do teor de quitosana



Fonte: Autores, 2023.

De acordo com o estudo realizado por Lasheras-Zubiate *et al.* (2010), a utilização de quitosana aumenta a capacidade de retenção de água da massa, fazendo com que a diminua. Ou seja, essa retenção mostra que existe uma interação entre cimento e quitosana, gerando uma distribuição e mudança no tamanho das partículas (BISHNOI; SCRIVENER, 2009) (NISTICÒ *et al.*, 2020).

3.3 - Absorção de água, índices de vazios e massas específica

Os resultados de absorção de água média são apresentados na Tabela 6. As amostras com 0,1% e 0,3% de quitosana apresentaram valores próximos a amostra de referência. Em contrapartida, o valor da amostra com 0,4%, obteve uma absorção em torno de 8% a mais do que a amostra padrão.

Tabela 6 - Absorção por imersão e índice de vazios médio das argamassas

Amostra	Absorção (%)	Desvio Padrão (%)	Índice de vazios (%)	Desvio padrão (%)
0%	8,64	0,1	18,44	0,1
0,1%	8,61	0,5	18,03	0,9
0,3%	8,56	0,1	18,73	0,2
0,4%	9,38	0,3	19,80	0,9

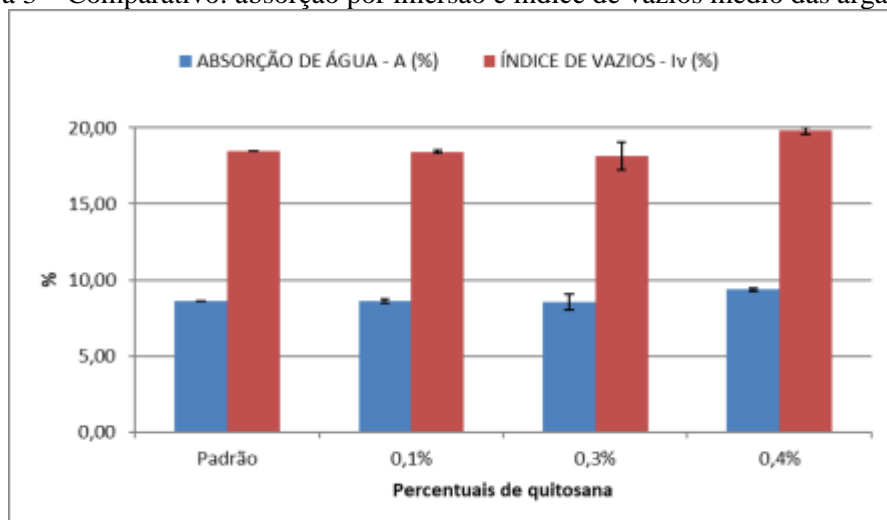
Fonte: Autores, 2023.

O ensaio de índice de vazios consistiu em verificar a relação entre o volume dos poros permeáveis e o volume total da argamassa, ao qual podemos observar na Figura 3. A amostra com 0,1% de quitosana obteve um menor percentual de vazios (18,03%) quando comparada a amostra padrão (18,44%). No entanto, a amostra com 0,4% obteve-se o maior índice de vazio (19,80%). A partir de 0,1% de presença de quitosana na argamassa, conforme apresentado no ensaio de consistência, dificuldades de moldagem podem ocorrer, uma vez que a trabalhabilidade é reduzida e a densidade pode, então, diminuir (aumento da porosidade).

Deve-se observar que os percentuais: padrão (0%), 0,1% e 0,3% apresentaram eficiência superior em relação ao percentual 0,4%. É importante notar que o resultado do percentual da amostra padrão deixa evidente que, dependendo da qualidade de

argamassa, teores 0,1% e 0,3% de quitosana pode conseguir apresentar eficiência da mesma magnitude de uma argamassa sem o biopolímero.

Figura 3 – Comparativo: absorção por imersão e índice de vazios médio das argamassas



Fonte: Autores, 2023.

A relação água/cimento interfere diretamente na porosidade da argamassa. A argamassa, apresenta zona de transição sendo uma região mais frágil, devido a uma película de água adsorvida pelo agregado, fazendo com que essa zona de transição possua relação água/cimento mais elevada e, conseqüentemente, possua porosidade maior, em comparação à matriz (SALES *et al.*, 2020). Assim, o aumento da porosidade a 0,4% pode estar atrelado pôr a quitosana ser higroscópica, podendo interferir nos processos de hidratação envolvidos durante a etapa de pega (endurecimento da pasta) (NISTICÒ *et al.*, 2020), e também aumentando a relação água/cimento na zona de transição. A relação água/cimento determina a porosidade da pasta de cimento endurecida em qualquer estágio de hidratação (WONG *et al.*, 2020). Com isso, sendo os vazios na argamassa constituídos tanto por bolhas de ar aprisionado quanto por espaços originados após o excesso de água ter sido removido, sendo que o volume deste último depende principalmente da relação/água cimento da mistura, em menor escala, podem existir vazios advindos da água aprisionada embaixo das grandes partículas (NEVILE, 2016), visto que a quitosana consegue adsorver na superfície da partícula de cimento para fazer aglutinação (NISTICÒ *et al.*, 2020).

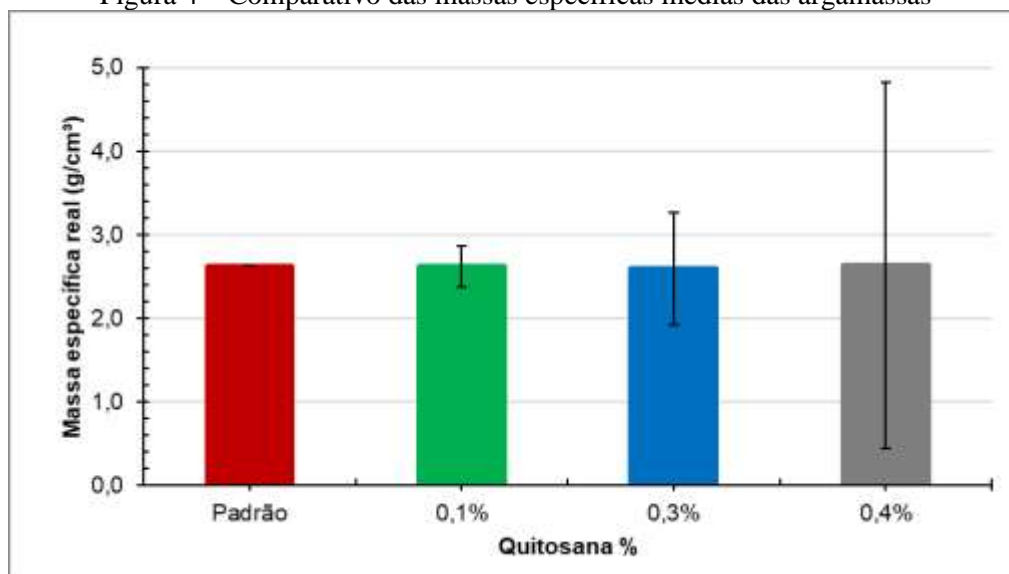
Os resultados dos ensaios de massa específica média (Tabela 7) indicaram que as amostras 0,1%, 0,3% e 0,4% de adição de quitosana, ficaram próximas do valor do corpo de prova padrão (0%) (Figura 4).

Tabela 7 – Massa específica média das argamassas

Amostra	Massa específica (g/cm ²)	Desvio padrão (%)
0%	2,62	0,25
0,1%	2,61	0,67
0,3%	2,59	2,19
0,4%	2,60	1,96

Fonte: Autores, 2023.

Figura 4 – Comparativo das massas específicas médias das argamassas



Fonte: Autores, 2023.

3.4 - Absorção de água por capilaridade

Os valores de absorção de água por capilaridade (em g/cm²) são apresentados na Tabela 8. Esses dados permitem acompanhar a variação da taxa de absorção capilar em função do tempo.

Tabela 8 – Absorção de água por capilaridade (g/cm²) média das argamassas

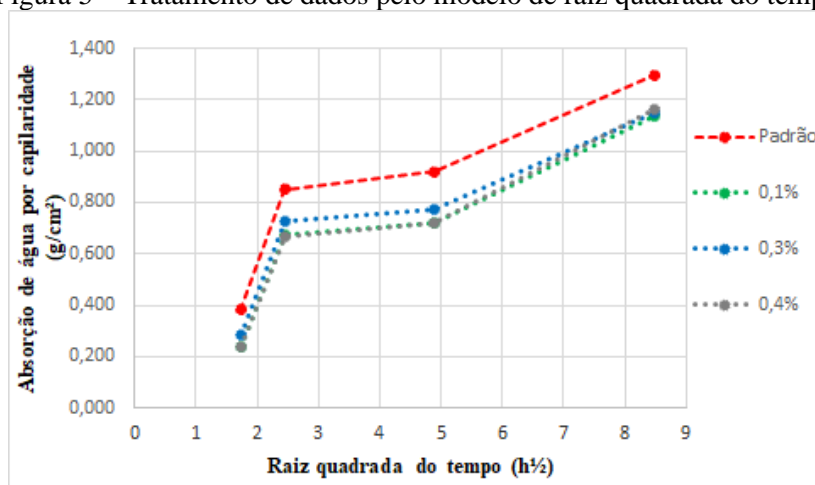
Amostra	3h	6h	24h	72
0%	0,382	0,851	0,919	1,296
0,1%	0,240	0,677	0,722	1,137
0,3%	0,283	0,729	0,770	1,148
0,4%	0,242	0,669	0,721	1,161

Fonte: Autores, 2023.

É possível verificar, conforme dados da Tabela 7, que a absorção de água por capilaridade aumenta em todos os corpos de prova, de acordo com o tempo de exposição ao ensaio.

Os valores de absorção de água por capilaridade estão apresentados na Figura 5, de maneira que foram processados com base no modelo de raiz quadrada do tempo, apresentando os coeficientes de absorção (em g/cm²), apresentados na Tabela 7, em função da raiz quadrada do tempo (em horas).

Figura 5 – Tratamento de dados pelo modelo de raiz quadrada do tempo

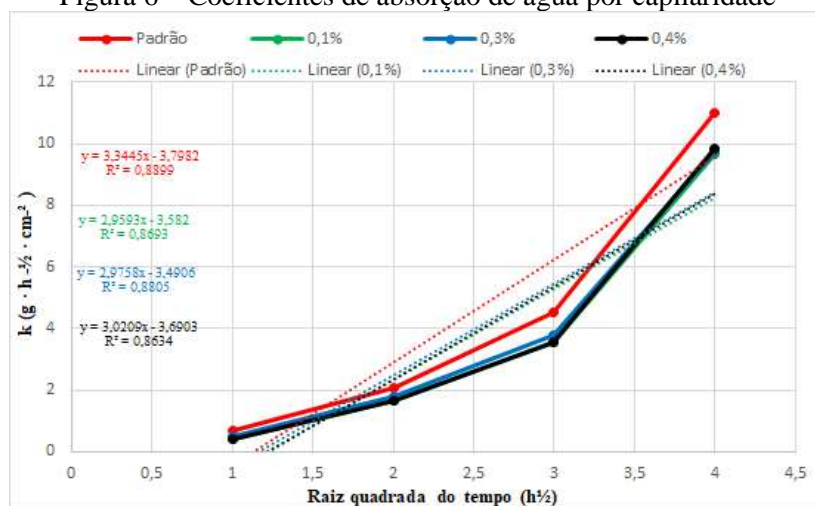


Fonte: Autores, 2023.

Conforme mencionado anteriormente, as partículas mais finas de quitosana tendem a diminuir a quantidade relativa de poros capilares, até certo limite. Logo, ocorre uma diminuição da sucção capilar da amostra padrão em relação as demais (0,1%; 0,3% e 0,4% de quitosana em substituição da massa de cimento).

Para cada conjunto de dados, foi realizada regressão linear, de modo a obter a equação da reta de melhor ajuste. Assim, foram determinados os coeficientes de absorção k de cada amostra, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), apresentados na Figura 6.

Figura 6 – Coeficientes de absorção de água por capilaridade



Fonte: Autores, 2023.

Embora tenha a função de hidratar o cimento e desenvolver uma característica de resistência na argamassa, a água em redundância tem seu lado negativo, pois ela tende a ser evaporada, fazendo com que a mesma chegue a superfície da argamassa, crie redes de poros, e diante disso, causar uma certa fragilidade da argamassa no seu estado já endurecido. Nóbrega (2009) afirma que a quitosana ocupa vazios na microestrutura da pasta de cimento endurecida, de modo a gerar ancoragem de grãos de cimento anidro. Isso diminui a permeabilidade da pasta endurecida, consequentemente diminuindo a percolação de fluidos.

IV. CONCLUSÃO

A quitosana foi testada como material alternativo para argamassas de cimento Portland. A quitosana introduziu fraca alteração na massa específica das argamassas. Foi observado ação espessante inferidos pela distribuição granulométrica e observados em ensaios de consistência (comprovada pela redução de trabalhabilidade) na argamassa de cimento Portland quando adicionada até 0,4% de quitosana

A presença de quitosana influenciou em todas as propriedades analisadas no presente trabalho, sendo mais efetiva de maneira positiva em concentrações de 0,1% de quitosana, influenciando no aumento da resistência mecânica; diminuição de índices de vazios e absorção capilar.

A viabilidade ambiental da argamassa dopada com quitosana, apresentou grande potencial como material suplementar cimentício, isso beneficiará uma construção mais sustentável.

V. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7215** – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de provas cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

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

_____. **ABNT NBR 9779** – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **ABNT NBR 13276** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

AL-NADDAF, M.. A new automatic method for continuous measurement of the capillary water absorption of building materials. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 160, p. 639-643, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.110>.

ARANAZ, Inmaculada *et al.* Chitosan: an overview of its properties and applications. **Polymers**, [S.L.], v. 13, n. 19, p. 3256, 24 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/polym13193256>.

ARROUZE, F. *et al.* Chitin and chitosan: study of the possibilities of their production by valorization of the waste of crustaceans and cephalopods rejected in Essaouira. **Journal Of Materials And Environmental Sciences**, v. 8, p.2251-2258, out. 2016.

ARSLAN, Hülya *et al.* The synthesis of a new chitosan based superplasticizer and investigation of its effects on concrete properties. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 204, p. 541-549, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.209>.

BEDIAN, Luis *et al.* Bio-based materials with novel characteristics for tissue engineering applications – A review. **International Journal Of Biological Macromolecules**, [S.L.], v. 98, p. 837-846, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.02.048>.

BEKALE, L.; AGUDELO, D.; TAJMIR-RIAAHI, H. A.. Effect of polymer molecular weight on chitosan–protein interaction. **Colloids And Surfaces B: Biointerfaces**, [S.L.], v. 125, p. 309-317, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.11.037>.

- BENNACER, R.; ABAHRI, K.; BELARBI, R.. Intrinsic properties controlling the sustainability of construction. **Sustainability Of Construction Materials**, [S.L.], p. 33-53, 2016. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-08-100370-1.00003-2>.
- BISHNOI, Shashank; SCRIVENER, Karen L.. Studying nucleation and growth kinetics of alite hydration using μc . **Cement And Concrete Research**, [S.L.], v. 39, n. 10, p. 849-860, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2009.07.004>.
- DRISCOLL, Wade C.. Robustness of the ANOVA and Tukey-Kramer statistical tests. **Computers & Industrial Engineering**, [S.L.], v. 31, n. 1-2, p. 265-268, out. 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352\(96\)00127-1](http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352(96)00127-1).
- DUAN, Xuelin *et al.* Decoupling relationship analysis between urbanization and carbon emissions in 33 African countries. **Heliyon**, [S.L.], v. 8, n. 9, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10423>.
- FENG, Chi; JANSSEN, Hans. Hygric properties of porous building materials (III): impact factors and data processing methods of the capillary absorption test. **Building And Environment**, [S.L.], v. 134, p. 21-34, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.038>.
- FLORENTIN, Y. *et al.* A life-cycle energy and carbon analysis of hemp-lime bio-composite building materials. **Energy And Buildings**, [S.L.], v. 156, p. 293-305, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.097>.
- GUMMERSON, R.J.; HALL, C.; HOFF, W.D.. Water movement in porous building materials—II. Hydraulic suction and sorptivity of brick and other masonry materials. **Building And Environment**, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 101-108, jan. 1980. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0360-1323\(80\)90015-3](http://dx.doi.org/10.1016/0360-1323(80)90015-3).
- HAMED, Imen; ÖZOGUL, Fatih; REGENSTEIN, Joe M.. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): a review. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 48, p. 40-50, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>.
- JÚNIOR, M.R.G; GOMES, L.G.. Concreto com resíduos de pneus para aplicação em meio fio. **Revista Sodebras [on line]**, v. 15, n. 179, nov./2020, p. 92-96, ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.15.2020.179.92>.
- KHAN, Irfan *et al.* Does energy trilemma a driver of economic growth? The roles of energy use, population growth, and financial development. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.L.], v. 146, p. 111157, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2021.111157>.
- LASHERAS-ZUBIATE, M. *et al.* Studies on chitosan as an admixture for cement-based materials: assessment of its viscosity enhancing effect and complexing ability for heavy metals. **Journal Of Applied Polymer Science**, [S.L.], v. 120, n. 1, p. 242-252, 13 out. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/app.33048>.
- MATOS, M.M.; PICANÇO, N.A; FILHO, N.A.. Compósitos cimentícios utilizando casca de coco babaçu em substituição gradual e total ao agregado graúdo brita 1. **Revista Sodebras [on line]**, v. 18, n. 205, jan./2023, p. 42-52, ISSN 1809-3957. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.205.42>.
- NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto – 5ª Edição**. Bookman Editora, 2016.

NISTICÒ, Roberto *et al.* Chitosan and its char as fillers in cement-base composites: A case study. **Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**. p. 186-192. out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2019.10.002>.

NÓBREGA, A.K.C. “Formulação de pastas cimentícias com adição de suspensões de quitosana para cimentação de poços de petróleo”. 137 f. **Tese D.Sc., PPGCEM/CCET/UFRN**, Natal, RN, Brasil, 2009.

OLIVIA, M *et al.* Biopolymers to improve physical properties and leaching characteristics of mortar and concrete: a review. Iop Conference Series: **Materials Science and Engineering**, [S.L.], v. 345, p. 012028, abr. 2018. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/345/1/012028>.

ONUAGULUCHI, Obinna; BANTHIA, Nemkumar. Plant-based natural fibre reinforced cement composites: a review. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 68, p. 96-108, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014>.

PEREZ, G. *et al.* Characterisation of cement pastes with innovative self-healing system based in epoxy-amine adhesive. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 60, p. 55-64, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.03.010>.

SALES, Almir *et al.* **Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção** – [2. ed.] – [Reimpr.]. – Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional S.A. Publicado pelo selo LTC | Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2020.

SANTAMOURIS, Mat. Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. **Solar Energy**, v. 128, p.64-94, abr. 2016.

SIEFFERT, Y.; HUYGEN, J.M.; DAUDON, D.. Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering–architecture collaboration. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 67, p. 125-138, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.018>.

SILVA, R.V. *et al.* Carbonation behaviour of recycled aggregate concrete. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 62, p. 22-32, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.04.017>.

SOLIMAN, Ahmed *et al.* Innovative construction material technologies for sustainable and resilient civil infrastructure. **Materials Today: Proceedings**, [S.L.], v. 60, p. 365-372, 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.248>.

TEIXEIRA, Regiane Farias; ANDRADE, Paulo César de Resende; BONIFÁCIO, Elton Diêgo. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DO CONCRETO. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 635-643, jan. 2015. Universidade Vale do Rio Verde (UninCor). <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v13i1.2401>.

TRANNIN, I.CB; PANCIERI, T.A.. Uso de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição como alternativa sustentável para a pavimentação. **Revista Sodebras [on line]**, v. 14, n. 163, jan./2019, p. 26-31, ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.163.26>

WONG, H. S. *et al.* Microscopy techniques for determining water–cement (w/c) ratio in hardened concrete: a round-robin assessment. **Materials And Structures**, [S.L.], v. 53,

n. 2, 17 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1617/s11527-020-1458-2>.

ZHANG, Zhidong; THIERY, Mickaël; BAROGHEL-BOUNY, Véronique. Investigation of moisture transport properties of cementitious materials. **Cement And Concrete Research**, [S.L.], v. 89, p. 257-268, nov. 2016. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.08.013>.

VI. COPYRIGHT

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

AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA APLICANDO IOT NO CONTROLE

AUTOMATION OF AN AQUAPONICS SYSTEM BY APPLYING IOT IN CONTROL

Lucas Cruz Balthazar¹
Raul Rodrigues Martins²
Fábio Jesus Moreira de Almeida³
Letícia Fernanda Neves Evangelista⁴
Filipe Figueiredo Ramos⁵
Bruno Luís Soares de Lima⁶

Resumo – *A aquaponia se difundiu mundialmente como uma técnica alternativa para o plantio e piscicultura, alinhando estes dois num sistema harmônico que isenta a necessidade de rotação de culturas e uso de agrotóxicos, permitindo uma alta produtividade. Para execução deste sistema, há a demanda de um ambiente controlado que exige acompanhamento constante de alguns indicativos (temperatura e umidade do ar, temperatura da água, pH da solução e nível do tanque) para que a produção se consolide em sua máxima. A aplicação de IoT na aquaponia visou garantir uma automação eficiente e um controle semi-autônomo dos parâmetros para um ambiente ideal através de sensores e atuadores interligados ao microcontrolador Arduino e sua conexão com a plataforma de IoT: Cayenne; dessa forma, pretendeu-se otimizar um sistema de aquaponia e permitir que manutenções preditivas tanto do plantio quanto da piscicultura possam ser realizadas. O sistema de aquaponia foi monitorado semanalmente em relação a temperatura, amônia e nitritos dissolvidos na água, com uma circulação de 80 litros por hora. O projeto de otimização do sistema aplicando IoT foi eficaz para fins acadêmicos: os sensores captaram a variação da temperatura em dias quentes (12h até 16h) acionando coolers termoeletrônicos para resfriamento e o sistema eletrônico definiu o ponto de equilíbrio do pH (zerando os níveis de reagentes), sendo enviada notificação via Cayenne caso ocorresse uma divergência nos parâmetros citados. Todavia, para fins comerciais serão necessárias melhorias*

¹ Bacharel em Engenharia Elétrica (UPM). Contato: lucascbalth@gmail.com.

² Bacharel em Engenharia Elétrica (UPM). Contato: raulzito.12.93@gmail.com.

³ Doutor em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia (UPM); Mestrado em Tecnologia Nuclear (USP), Professor e pesquisador da Universidade Presbiteriana Mackenzie em Regime Integral. Contato: fabio.almeida@mackenzie.br.

⁴ Técnico em Eletrotécnica (IFSP); Estudante de Engenharia Elétrica na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Contato: leticiafeneves@gmail.com.

⁵ Técnico em Eletrotécnica (SENAI); Estudante de Engenharia Elétrica na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Contato: filipe.f.ramos98@gmail.com.

⁶ Doutor em Engenharia Elétrica (USP); Professor e Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Contato: bruno.lima@mackenzie.br.

como diversificação dos sensores e atuadores, leitura de parâmetros e a inclusão de Machine Learning (IA) para estabilidade dos dados e adição de tomadas de decisões recorrentes sem a interferência humana direta.

Palavras-chave: Aquaponia. Automação. IoT.

Abstract - Aquaponics has spread worldwide as an alternative technique for planting and psiculture, aligning these two in a harmonic system that exempts the need for crop rotation and the use of pesticides, allowing high productivity. To implement this system, there is a demand for a controlled environment that requires constant monitoring of some indicators (air temperature and humidity, water temperature, solution pH and tank level) so that production is consolidated at its maximum. The application of IoT in aquaponics aimed to guarantee an efficient automation and a semi-autonomous control of the parameters for an ideal environment through sensors and actuators interconnected to the Arduino microcontroller and its connection with the IoT platform: Cayenne; In this way, it was intended to optimize an aquaponics system and allow predictive maintenance for both planting and psiculture to be carried out. The aquaponics system was monitored weekly for temperature, ammonia and nitrites dissolved in the water, with a circulation of 80 liters per hour. The system optimization project applying IoT was effective for academic purposes: the sensors captured the temperature variation on hot weather (12h to 16h) activating thermoelectric coolers for cooling and the electronic system defined the pH balance point (zeroing the levels of reagents), and notification is sent via Cayenne if there is a divergence in the mentioned parameters. However, for commercial purposes improvements will be needed such as diversification of sensors and actuators, parameter reading and the inclusion of Machine Learning (AI) for data stability and addition of recurring decision making without direct human interference.

Keywords: Aquaponics. Automation. IoT.

I. INTRODUÇÃO

O contínuo avanço da tecnologia permitiu que dispositivos se conectassem através da Internet, consolidando o tráfego de dados com operações em tempo real. A partir disso, se possibilitou que análises e coletas simultâneas entre sensores e atuadores e máquinas interconectados (INTEL, 2017) resultem em produtos inteligentes de alta competitividade (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

Um exemplo de aplicação é o controle e automatização de um sistema de aquaponia utilizando IoT (*Internet of Things*), devido o acompanhamento diário de parâmetros essenciais para a harmonia do sistema entre a hidroponia e a psicultura.

A hidroponia é uma técnica de plantio em meio líquido, sem a necessidade de solo, baseada na alimentação das raízes com uma solução nutritiva (NETO *et al.*, 2015). Essa técnica tem múltiplos benefícios como aumento da eficiência de fertilizantes, controle assertivo do crescimento vegetativo e a redução de 70% de água usada na irrigação (ABREU *et al.*, 2015).

A aquaponia é um sistema integrado de cultivo de plantas (hidroponia) e criação de peixes (psicultura) em um ambiente aquático. Nesse sistema, os resíduos dos peixes, como excrementos e sobras de alimentos, são transformados por bactérias em nutrientes que alimentam as plantas cultivadas em um ambiente hidropônico. (ECOTELHADO, 2019). As plantas, por sua vez, absorvem esses nutrientes e ajudam a limpar a água para os peixes. (JUNIOR, 2019). É um sistema sustentável e eficiente que permite produzir alimentos saudáveis e frescos com pouca água e nenhum uso de fertilizantes químicos.

Este esquema é observado na Figura 1:

Figura 1 - Fluxograma de um sistema básico de Aquaponia



Fonte: ECOTELHADO (2019).

Como visto, o sistema funciona em harmonia e é altamente sustentável, sendo baixo o monitoramento do sistema (MALAVOLTA *et al.*, 2003). Além de excluir a aplicação de agrotóxicos nas hortaliças e economizar 90% da água destinada ao plantio caso fosse convencional (ECOTELHADO, 2019).

Define-se como um ambiente ideal para aquaponia aquele que apresente um controle estável na temperatura da água (MORAES; FURLANI, 2001). Ou seja, impactando na absorção, oxigenação, condutividade elétrica da planta e no pH da água; resultando no balanceamento dos nutrientes (FURLANI *et al.*, 1999).

O monitoramento convencional desses fatores implicava em danos irreversíveis a plantação, pois o diagnóstico de uma modificação no ambiente só era perceptível visualmente (FURLANI *et al.*, 1999). Sendo assim, tecnologias foram criadas para automatizar o monitoramento, através de sensores que avaliam as condições ideais do ambiente de plantio (NETO *et al.*, 2015) e possibilite a manutenção rápida.

Desde sua invenção em 1970, os microcontroladores contribuíram na automação de processos através da sua análise de sinais de entrada e tradução destes em ações efetivas (VERDAN, 2016). Para que um microcontrolador atue, ele necessita de sensores que identifiquem os sinais aplicáveis à tarefa e de uma interface com lógica programável para orientar as tomadas de decisões (WENDLING, 2010).

Uma das interfaces mais utilizadas em projetos com microcontroladores é o Arduino devido seu monitoramento de sensores, comunicação com computadores e celulares e entre outras funções (THOMSEN, 2014). Ele foi elaborado como um dispositivo que disponibiliza programação acessível, hardware livre para personalização e de fácil assimilação aos estudantes (BACK, 2014).

O alinhamento da globalização (MEGDA, 2018) com a expansão da Indústria 4.0 flexibilizou a conectividade entre dispositivos e humanos (COOPER; JAMES, 2009). Essa combinação resultou nas Fábricas Inteligentes (INTEL, 2017).

A aplicação de IoT (*Internet of Things*) em processos caracteriza na coleta, gestão, transmissão e análise de dados síncronos que resultam na identificação de ineficiências. A partir disso são tomadas decisões autônomas que impulsionem a performance do processo (COOPER; JAMES, 2009).

O Cayenne é um exemplo de interface de IoT, o qual acessa dados de qualquer lugar, bastando ter uma conectividade disponível à Internet (TESTA *et al.*, 2020).

Na sua configuração há widgets que monitoram e controlam dispositivos remotos em tempo real (TESTA *et al.*, 2020); além de incluir notificações pré-definidas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Quando John Woodward estudou como as plantas extraíam nutrientes do solo, três séculos atrás, descobriu que podia cultivá-las em água (VINCENZONI, 1988). Entretanto, as publicações consolidadas de Nicolas de Saussure que concluíram a necessidade de uma ingestão de nutrientes mineiras (NETO *et al.*, 2015) no meio líquido para validar a aplicação de aquaponia no plantio (GODDEK *et al.*, 2015).

Os minerais são disponibilizados em solução aquosa, com sais fertilizantes e adubos químicos, cumprindo a função que seria exercida pelo solo. Para uma alta produtividade no cultivo é necessário observar-se alguns fatores: estágio de crescimento, estação do ano, a espécie de planta cultivada, a temperatura e a intensidade de luz (FURLANI, 1999).

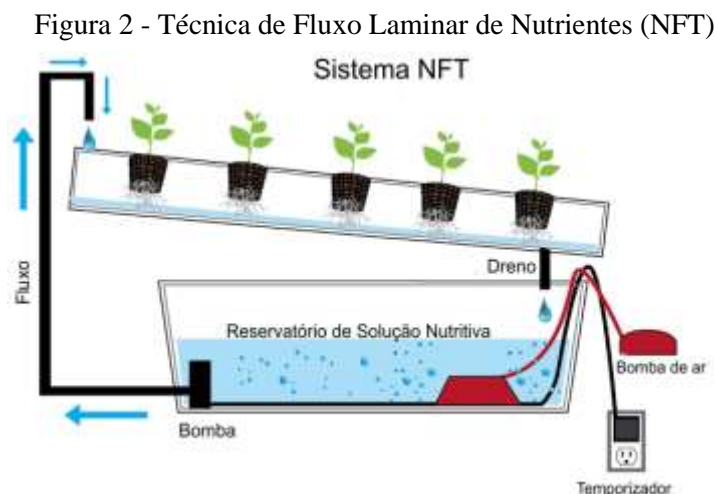
Além disso é determinante a avaliação da condutividade elétrica e do pH da solução; pois o primeiro é responsável pela métrica de adubo presente na solução. Uma vez que a quantidade de íons presentes na solução dita se há uma resistência e condutividade no meio líquido, conforme citado em vários trabalhos.

O pH é responsável pela condição ideal do plantio, já que a tolerância de pH para plantas é abaixo de 5,5 e acima de 6,5 (FERRI, 1979); desta forma, a solução nutritiva tem que ser neutra para impor uma eficiência máxima.

A aquaponia visa a produção de alimentos saudáveis utilizando um método capaz de integrar o cultivo de plantas em sistema hidropônico com o manejo de animais aquáticos (NIZIO *et al.*, 2015). Sua execução baseia-se na seguinte sequência:

1. Definir-se a quantidade de plantas a serem cultivadas, proporcionalmente a quantidade de peixes, delimitando os nutrientes disponíveis (NIZIO *et al.*, 2015);
2. Manejar os peixes na lagoa (viveiro), onde se produzirá água com alto teor de amônia (RAKOCY *et al.*, 2006);
3. Essa água é bombeada para o filtro biológico, onde ocorrerá a transformação da amônia em nitrito e este em nitrato (RAKOCY *et al.*, 2006);
4. Assim, as plantas absorvem os nutrientes e a água retorna em condições viáveis para os peixes (NIZIO *et al.*, 2015).
5. Durante todo o ciclo, a água passa pelo estágio de filtração contínua (GODDEK *et al.*, 2015).

A Figura 2 exemplifica o funcionamento do método NFT empregado:



Fonte: DESIMA (2016).

Figura 4 - Sistema de aquaponia automatizado



Fonte: Autores, 2023.

Os dados gerados pelos sensores e atuadores (citados anteriormente) foram repassados para a plataforma de IoT, chamada Cayenne.

No Cayenne executou-se uma programação prévia que a partir dos dados recebidos verificaria se os parâmetros ideais foram atingidos, disparando uma notificação ao usuário caso o contrário ocorresse. Devido a fácil usabilidade da plataforma, o usuário poderia visualizar e averiguar remotamente as informações coletadas, seja pelos gráficos ou tabelas interativos gerados dentro do Cayenne.

Com essa combinação dos sistemas eletrônicos com o Cayenne, se consolidou a automação básica do ambiente de aquaponia e o monitoramento á distância dos dados.

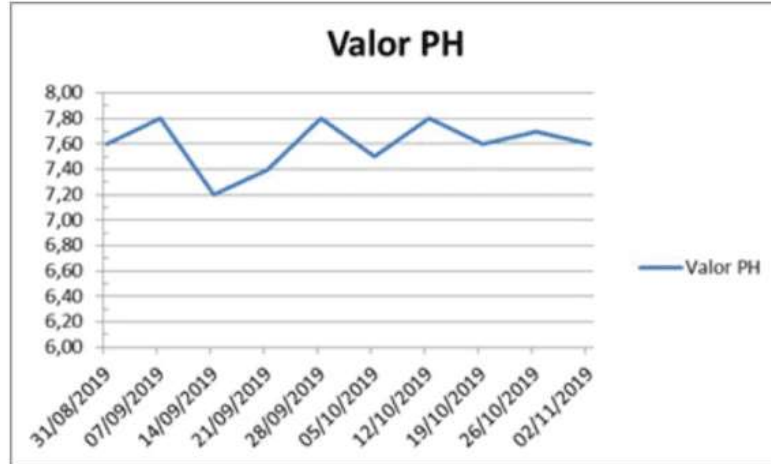
IV. RESULTADOS

Os parâmetros de temperatura e níveis de amônia e nitritos dissolvidos na água foram medidos semanalmente. Manteve-se no sistema uma circulação de água igual a 80 litros de por hora.

Utilizou-se como reagentes a amônia tóxica e o nitrito para medição manual e em conjunto o sensor de pH. A finalidade disto foi a validação dos dados obtidos via Arduino.

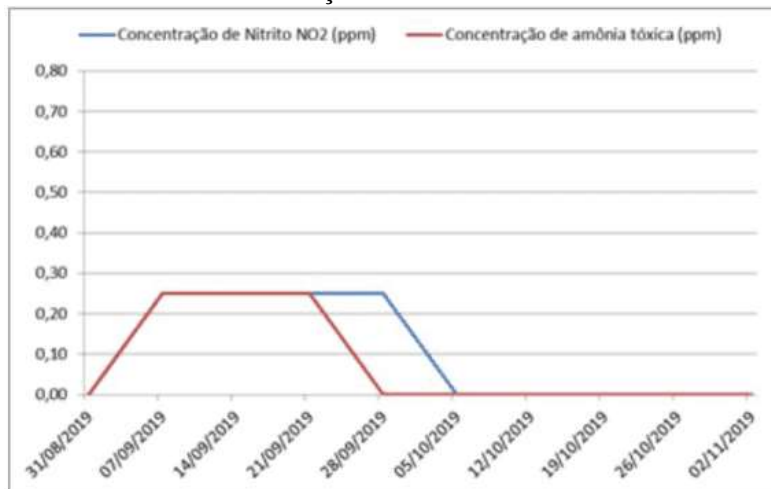
Nos primeiros dias de operação do sistema, coletou-se os dados mostrados anteriormente e a partir disso se elaborou dois gráficos de acompanhamento. Durante as dez semanas estabelecidas como meta para consolidação do projeto, registraram-se os resultados apresentados nos Gráficos 1 e 2:

Gráfico 1 - Medição de pH com o sensor



Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 2 - Medição de nitrito e amônia tóxica



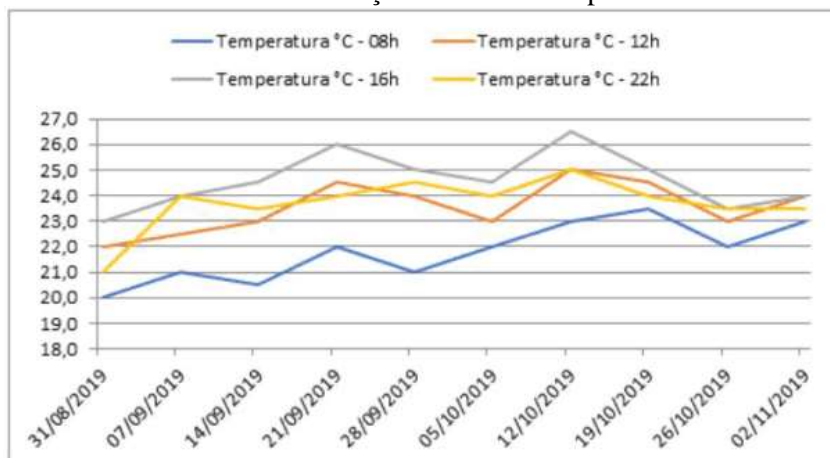
Fonte: Autores, 2023.

Conforme visto no Gráfico 1, o valor de pH se apresentou constante – tendo pequenas oscilações – não sendo necessário acionar o atuador para correção.

Já o Gráfico 2 sinalizou que no início do ciclo o sistema não estava equilibrado, tendo pequenos níveis dos reagentes; quando o sistema encontrou o ponto de equilíbrio, esses níveis zeraram.

A temperatura da água foi monitorada pelos sensores DS18B20 durante quatro horários (08h; 12h; 16h e 22h), como demonstrado no Gráfico 3:

Gráfico 3 - Variação horária da temperatura



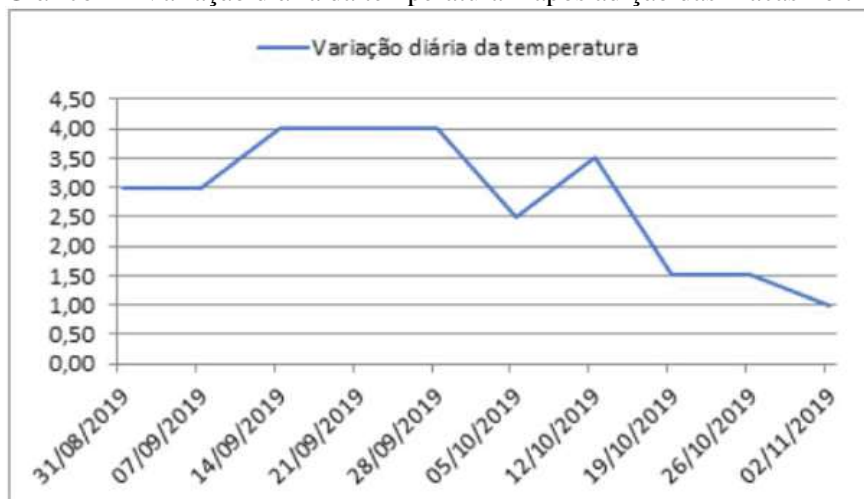
Fonte: Autores, 2023.

Com estes dados obtidos, observou-se que entre o horário de 12h e 16h a temperatura apresentou picos; fato este que fez o Cayenne disparar uma notificação para o celular informando o ocorrido e demonstrando via gráfica a variação da amplitude térmica nesses horários.

Dessa forma, implementou-se a adição de Placas Peltier – coolers termoelétricos – próximas ao dissipador no dia 26/10/2019 (sábado). Pretendeu-se o esfriamento do sistema nos horários citados, ação essa que ocasionou a estabilidade da temperatura.

Também impactou positivamente na medição diária, demonstrado no Gráfico 4:

Gráfico 4 - Variação diária da temperatura – após adição das Placas Peltier



Fonte: Autores, 2023.

Os gráficos apresentados (1 a 4) foram obtidos através do monitoramento via Cayenne, sendo possível tabelar as ações ao longo do período meta, e tomar decisões para manutenção do ambiente ideal da aquaponia.

No caso da temperatura que teve uma amplitude térmica notável, a plataforma disparou uma notificação para o celular informando o ocorrido e sendo possível implementar a solução dos coolers termoelétricos – citados anteriormente.

V. CONCLUSÕES

Os parâmetros de temperatura e níveis de amônia e nitritos dissolvidos na água foram medidos semanalmente; mantendo-se no sistema uma circulação de água igual a 80 litros de por hora.

Para os fins acadêmicos, o projeto de automação de um sistema de aquaponia aplicando IoT no controle cumpriu seu propósito – evidenciando os benefícios na adição de tecnologia no gerenciamento de tarefas manuais.

Para fins comerciais, seria necessário melhorias pontuais como sensores mais potentes e que contemplem outros parâmetros – por exemplo: oxigenação e eletro condutividade –, atuadores para gerenciar outras funções (limpeza, regulação e alimentação do sistema) e um selamento hermético no microcontrolador Arduino a fim de prolongar sua vida útil.

Além disso, para uma estabilidade recorrente do sistema a inclusão de *Machine Learning* se torna uma alternativa viável – uma vez que o aprendizado dos dados lidos pelos sensores permite uma predição mais coesa das tomadas de decisões.

VI. REFERÊNCIAS

ABREU, C. S. P. *et al.* **Automação de abrigos de cultivos para culturas hidropônicas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologias da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

BACK, M. **Detalhes sobre o Arduino Uno.** Disponível em: <<http://arduinomais.blogspot.com/2014/06/detalhes-sobre-o-arduinouno.html>>. Acesso em: 15 abr.2019.

COOPER, J.; JAMES, A. **Challenges for Database Management in the Internet of Things.** IETE Technical Review. v. 26, n. 10, p.320-329, 2009.

DESIMA. **DIFFERENT TYPES OF AQUAPONIC SYSTEMS.** Bringing Nature Home. 2016. Disponível em: <<https://desima.co/blog/different-types-of-aquaponic-systems/>>. Acesso em: 15.set.2022

ECOTELHADO. **O que é aquaponia? Confira como montar a sua com Ecotelhado.** Dicas Sustentáveis. Blog. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/o-que-e-aquaponia-confira-como-montar-a-sua-com-ecotelhado/>>. Acesso em: 16.set.2022

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 362p.

FURLANI, P. R. *et al.* **Cultivo hidropônico de plantas.** Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 1999. 5p. Boletim Técnico, 180.

GODDEK, S. *et al.* Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, Basel, Switzerland, v. 7, p. 4199-4224, 2015.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry International Journal** 89, p.23-24, 2017.

INTEL. **The Fourth Industrial Revolution – Technology Alliances Lead the Charge: White Paper.** 2017. Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/fourth-industrial-revolution-white-paper.pdf>>. Acesso em: 09.mar.2021.

JUNIOR, R. R. C. **O que é hidroponia?** Disponível em: <<http://www.gforum.tv/board/623/264958/o-que-e-hidroponia.html>>. Acesso em: 11.mai. 2019.

MALAVOLTA, M. *et al.* **Estudo comparativo da produção e composição mineral da alface cultivada em cinco sistemas.** – SP. In: 43°. CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2003, Recife, Brasil. Anais do 43° Congresso Brasileiro de Olericultura. Santos, Brasil: Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP, 2003. 4p.

MEGDA, R. G. **Indústria 4.0: aplicação dos conceitos para identificar falhas de lubrificação.** Monografia (Graduado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul, Varginha, 2018.

MORAES, C. A. G.; FURLANI, P. R. **Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, n. 200, p.1055113, 2001.

NETO, A. J. B. *et al.* Monitoramento de um Cultivo Hidropônico Através de um Circuito de Automação e Controle. **Ciências e Tecnologia,** Maceió, n. 1, p. 105-116, nov. 2015.

NIZIO, A. *et al.* **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia.** Outubro, 2015. Disponível em: <<http://cleberalex.com/wp-content/uploads/2018/10/Doc-189.pdf>>. Acesso em: 17.abr. 2019.

RAKOCY, J. E. *et al.* Recirculating aquaculture tank production systems aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture Center Publications,** n. 454, p. 1-7, 2006.

SANTOS, J. D. *et al.* Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. **Journal of Environmental Management,** São Paulo, n. 114, p. 8-12, jan. 2013.

TESTA, G. H. *et al.* Projeto e implementação de um sistema de comunicação e controle de uma estufa agrícola utilizando redes mesh e transceptores de radiofrequência. **Revista Sodebras [on line],** v. 15, n. 176, p. 38-43, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.15.2020.176.38>.

THOMSEN, A. **O que é Arduino?** Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

VERDAN, D. B. **Estudo e montagem de sistema para acionamento remoto via sinais DTMF do celular.** Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

VINCENZONI, A. **Coltivazioni senza terra.** Idroponiche e Aeroponiche. Seconda edizione. Bologna, Itália: Edizione Agricole, 1988.

WENDLING, M. **Sensores.** Trabalho (Engenheiro Elétrico) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

VII. COPYRIGHT

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

PROGNÓSTICO DA UTILIZAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL

PROGNOSTIC OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES USED IN THE RESIDENTIAL SECTOR

Ricardo José Bellam¹
Teófilo Miguel de Souza²

Resumo – No atual cenário mundial, se faz necessário difundir e aperfeiçoar as fontes alternativas de energia para ajudar na matriz energética contemporânea. O presente estudo teve por objetivo analisar a percepção da população com relação a esse cenário e avaliar quais soluções tecnológicas poderiam ser mais exploradas no setor residencial. A metodologia envolveu um estudo exploratório de abordagem qualitativa, com análise das respostas de 40 pessoas, a pesquisa com 6 perguntas foi realizada através do site “Survey Monkey” sobre o uso de energias alternativas em condomínios residenciais, com o intuito de entender a percepção das pessoas com relação a essas tecnologias. As tecnologias atuais necessitam de alto volume para serem rentáveis (ou no mínimo sustentáveis), logo, os condomínios residenciais forneceram uma possibilidade de estudo. Conclui-se que existe uma consciência da sociedade em relação a necessidade do uso de fontes alternativas de energia, mesmo com investimento inicial alto.

Palavras-chave: Energia. Tecnologias. Alternativa.

Abstract – In the current world scenario, it is necessary to disseminate and improve alternative energy sources to help in the contemporary energy matrix. The present study aimed to analyze the perception of the population in relation to this scenario and evaluate which technological solutions could be further explored in the residential sector. The methodology involved an exploratory study of qualitative approach, with analysis of the answers of 40 people, the research with 6 questions was conducted through the site "Survey Monkey" on the use of alternative energies in residential condominiums, in order to understand people's perception of these technologies. Today's technologies require high volume to be profitable (or at least sustainable), so residential condominiums have provided a study possibility. It is concluded that there is an awareness of society regarding the need for the use of alternative energy sources, even with high initial investment.

Keywords: Energy. Technologies. Alternative.

¹ Aluno de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Contato: r.bellam@unesp.br.

² Livre-Docente em Materiais Elétricos (UNESP); Professor Titular da UNESP. Contato: teofilo.souza@unesp.br.

I. INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade tem muito destaque no cenário mundial, e a utilização de fontes de energia renováveis fazem parte deste contexto. Com a crescente demanda de energia, essas fontes se fazem cada vez mais necessárias. Nas últimas décadas a sociedade despertou quanto a utilização dos recursos energéticos que utiliza, e com os avanços do progresso tecnológico para gerar, e transmitir a eletricidade se tem uma grande transformação em regiões pobres que por sua vez se transformam em grandes centros urbanos e industriais (PEREIRA, SILVA NETO, 2021; PINHEIRO, 2020).

Nesse mesmo sentido, podem resolver localmente os problemas de abastecimento com investimentos direcionados em determinada cidade, ao contrário da energia hidroelétrica, que é gerada distante dos polos consumidores, sendo transmitida a longas distâncias, requerendo grandes investimentos e causando impactos ambientais. Miranda e Rodrigues (2020) enfatizam que pesquisadores nacionais e internacionais se desdobram em pesquisas quanto aos impactos e suas investigações no período da pré e pós-construções nos eventos ambientais, sociais, políticos entre outros.

Pelo sentido dos impactos que as hidrelétricas geram, desponta a necessidade de desenvolver soluções para complementar a matriz energética brasileira que vem se tornando uma necessidade cada vez maior.

Para a sustentabilidade, um grande problema, é a má gestão dos resíduos sólidos que causam inúmeros problemas ecossistêmicos na comunidade, e, conforme a natureza destes resíduos, pode também, impactar a população com doenças, deteriorando a saúde das pessoas (PEREIRA, SILVA NETO, 2021).

O Ministério da Saúde decreta um marco regulatório para a gestão dos resíduos sólidos. Visto que seria preciso reunir uma grande variedade de normas em apenas um dispositivo no que tange aos resíduos, que seria ligado à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2 de agosto de 2010, com a Lei nº 12.305 que abriga a compreensão do papel de todos os órgãos para a proteção ao Meio Ambiente, segmentos sociais, econômicos e de manter a saúde da sociedade (ARAÚJO, 2022; ZAGO; BARROS, 2019; BRASIL, 2010).

Diante disso, como problema de pesquisa, é importante levantar qual tecnologia pode ser apontada para geração de energia em baixa escala no âmbito residencial.

O presente estudo teve por objetivo analisar a percepção da população com relação a esse cenário e avaliar quais soluções tecnológicas poderiam ser mais exploradas no setor residencial.

Este artigo visa compreender de que maneira a comunidade tem se conscientizado sobre a necessidade e o uso de energias alternativas em nossa sociedade, de maneira autossustentável, complementando assim, a matriz energética brasileira. Com esse trabalho, também, temos o intuito de discutir possíveis alternativas das quais podem ser usadas de cunho residencial em baixa/média escala, usando resíduos como matéria-prima para geração de energia.

Como dito, uma boa maneira de gerar energia elétrica, é usar como matéria-prima os resíduos originados nas cidades, dessa forma, são possíveis atacar dois problemas simultaneamente, para isso, é preciso entender melhor o cenário brasileiro.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Com a migração das atividades sociais, de trabalho e a educação para dentro das residências devido o cenário do Covid-19, a geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) aumentou no país 4% e alcançou a marca de 82,5 milhões ton/ano, conforme os dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, publicação de reconhecimento divulgada

pela Abrelpe (Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). (ALMACO, 2022; ABRELPE, 2022).

Apesar das tecnologias necessárias para a execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estejam a disposição no Brasil, os gastos e a falta de uma maior integração na gestão dos RSU têm sido indicado por especialistas como as razões para esse comportamento negativo. Em países que já solucionaram, ou estão em vias de resolver o problema dos RSU, não apenas os aterros sanitários, mas também, incineradores e biodigestores para geração de energia são tecnologias bastante comuns, entretanto no Brasil, dada à falta de uma gestão unificada de RSU, os desafios continuam praticamente os mesmos anteriores à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (IPEA, 2020; SANTOS, 2020).

Ainda não existem dados relevantes que divulgam uma relação direta entre a disposição de resíduos e a geração de energia proveniente deste reaproveitamento no setor residencial. A disposição destes resíduos ocorre de maneiras diversas, mas não é visto na prática esses resíduos transformados em energia elétrica de maneira relevante. Dentre os processos de reaproveitamento de resíduos, o método com maior potencial para transformar resíduos sólidos em energia elétrica nas cidades, é a biomassa, portanto, vamos detalhar esse método, a seguir, para explorar e entender melhor como podemos aplicá-lo a nível residencial (FERREIRA, 2020).

Gráfico 1 - Disposição e tratamento de RSU por país em 2022 (países selecionados)



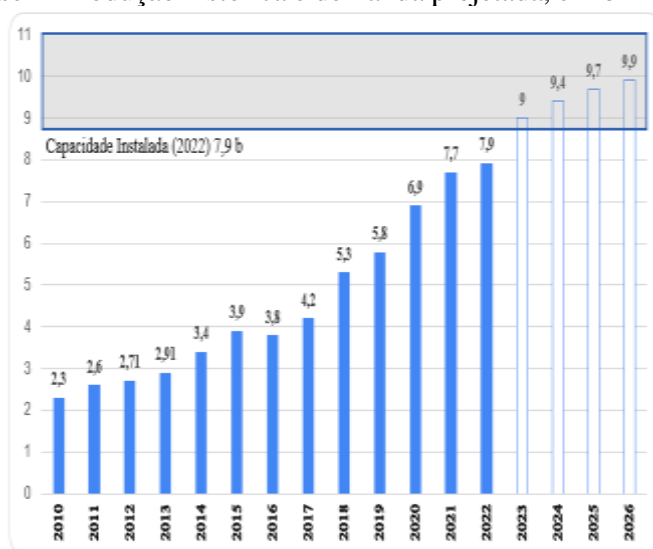
Fonte: Adaptado pelo autor SENSONEO, 2022.

A biomassa é uma das fontes de produção de energia com maior potencial de crescimento para os próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no nacional, ela é considerada uma das principais alternativas para diversificar a matriz energética e, assim, reduzir a dependência de combustíveis fósseis (DE MIRANDA.; MARTINS; LOPES, 2019).

Como na coleta seletiva a quantidade de biomassa que pode ser reaproveitada é relevante, seria uma grande oportunidade de desenvolvimento de novas soluções e oportunidades para ajudar a matriz energética brasileira.

Além disso, biocombustíveis, como biodiesel e etanol, também podem ser obtidos com este recurso, poderá substituir derivados de petróleo, como o diesel e a gasolina. Porém, o uso ainda é considerado baixo, a imprecisão na determinação de quanto é usado se devem a vários fatores, um deles, é a dispersão de matérias-primas, pois qualquer galho pode ser considerado biomassa (definida como matéria orgânica de origem vegetal ou animal o qual pode ser convertida em energia térmica ou elétrica). (CAVALCANTI, 2022). Outro problema é o consumo, este, é muito utilizado em unidades pequenas, isoladas e distantes dos grandes centros. Por fim, um terceiro é a ligação dessa fonte de energia ao desmatamento e à desertificação – prática que já ocorreu no passado, mas está sendo drasticamente reduzida.

Gráfico 2 - Biodiesel – Produção histórica e demanda projetada, em bilhões de litros por ano



Fonte: Adaptado pelo autor EPBR, 2022.

Com relação à geração de energia elétrica, em 2018, a produção total, oriunda da biomassa, foi de 54,4 mil gigawatt-hora (GWh) e representou cerca de 9% de toda a energia elétrica produzida no Brasil. As duas matérias primas mais usadas para a geração de eletricidade, em 2018, foram a biomassa da cana e a lixo, sendo que, do total dos produtos energéticos utilizados para essa finalidade, 62,2% foi biomassa da cana (principalmente do bagaço) e 27,0% lixo (IBGE, 2021).

A produção de energia das Usinas Termelétricas a biomassa aumentou 3% em 2019 em relação ao ano anterior. No total, o Brasil produziu uma média de 3.108 MW, superando o resultado médio de 3.007 MW em 2018. Fonte Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE). Na análise regional, o Estado de São Paulo é o maior produtor de energia, com 1.391 MW/ano médios. A região possui 41% de capacidade instalada das usinas no país. Mato Grosso do Sul vem em segundo lugar, com 514 MW médios, e Minas Gerais, com 390 MW médios, completando a lista dos maiores geradores de biomassa em 2020. (BRASIL, 2021).

A produção em larga escala de eletricidade e biocombustíveis, está associada à biomassa agrícola e, também, ao uso de tecnologias eficientes. Um pré-requisito para sua produção é a existência de uma forte agroindústria com grandes plantações, seja soja, arroz, milho ou cana-de-açúcar, todavia, se criarmos mais soluções, permitindo o uso de resíduos com mais facilidade, esses números podem aumentar consideravelmente. (FORTES; RAIMUNDO, 2020). As técnicas utilizadas para transformar biomassa em energia são:

- Combustão direta para obtenção do calor: Ela ocorre em fogões (cocção de alimentos), fornos (metalurgia) e caldeiras, para a geração de vapor.
- Pirólise ou carbonização: O mais simples e antigo dos meios de transformação de um combustível sólido (geralmente lenha) em outro de qualidade superior e conteúdo energético (carvão). A biomassa é obtida pelo tratamento dos resíduos das culturas. Do milho, utiliza-se como matéria-prima o caule, o caroço, a casca e as folhas. Do arroz e da soja, o refugo nos campos é tratado como palha. No caso da cana-de-açúcar, podemos usar palha, vinhaça e bagaço.

O desafio consiste em reutilizar os materiais coletados e transformar em energia em pequena escala. Funciona muito bem em larga escala usando os resíduos agrícolas, mas, em pequena escala, acaba sendo custoso. Portanto, para tal, toda a sociedade precisa participar deste processo. Pensando nos benefícios que podem surgir a médio e longo prazo, visto que a nossa matriz energética precisa ser reforçada.

A economia gerada pode ser convertida em desconto na taxa condominial, dessa forma, seria mais fácil implantar soluções alternativas, pois, nesses tipos de habitações, normalmente, é necessário aprovar o projeto em assembleia. Para tal, se faz necessário algo rentável que trará benefícios mensuráveis para a coletividade.

III. METODOLOGIA

A metodologia envolveu um estudo exploratório de abordagem qualitativa, com análise das respostas de 40 pessoas, a pesquisa com 6 perguntas foi realizada através do site “Survey Monkey” sobre o uso de energias alternativas em condomínios residenciais, com o intuito de entender a percepção das pessoas com relação a essas tecnologias. O estudo foi realizado na cidade de São José dos Campos com 40 pessoas, sendo estes somente os progenitores, todas residentes de prédios em condomínios.

O trabalho envolveu uma pesquisa bibliográfica e documental de cunho qualitativo, abrangendo a literatura especializada no tema e seus principais marcos legais, a saber: a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n. 6.938/1981), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei Nº 14.026/2020) e os marcos estaduais e municipais.

No estudo abaixo, o objetivo foi realizar um levantamento de dados acerca da visão do cidadão com relação aos problemas aqui apresentados. A fim de caracterizar este panorama, realizamos uma pesquisa qualitativa para mostrar este cenário.

A pesquisa visa compreender melhor a visão dos moradores acerca do tema para o direcionamento de propostas condizentes com a realidade local, levantando hipóteses plausíveis que venham a ajudar no desenvolvimento de soluções.

Nesse contexto, foi aplicado um formulário com questões norteadoras para o tema de pesquisa, que visa mensurar a importância das fontes alternativas de energia no cotidiano das pessoas e o nível de conhecimento dessas fontes energéticas.

Após o prazo de 1 semana para o público-alvo preencher o questionário, houve a coleta de dados, onde foram tabulados, facilitando a visualização dos resultados para entender e verificar as visões dessas pessoas em relação aos assuntos abordados.

IV. RESULTADOS

De acordo com a pesquisa, a utilização de fontes alternativas de energia, é vista como de grande valia para garantir a sustentabilidade, onde os entrevistados se mostraram muito interessados nessas tecnologias. Isso impacta diretamente as cidades, como também na qualidade de vida das pessoas, as quais, a médio prazo, verão os retornos de se investir nessas soluções, acarretando uma considerável diminuição nas contas de energia elétrica.

As respostas recebidas foram transformadas em gráficos que mostram o resultado da pesquisa. Nas respostas é possível identificar o número de entrevistados, no total de 40 pessoas.

Tabela 1 - Pergunta 1 - Conhece alguma fonte alternativa de energia além da Solar?

Opções de Resposta	Respostas	Total
SIM	90%	36
NÃO	10%	4
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022.

Inicialmente, identificou-se na pergunta 1, que, 90% dos entrevistados têm consciência da existência das fontes alternativas mais conhecidas no mercado. Logo, embora não seja muito praticado no Brasil, as informações, e a consciência da necessidade da utilização das mesmas, já é bem difundido perante a população.

Tabela 2 - Pergunta 2 - Quais das fontes alternativas de energia você já ouviu falar?

Opções de Resposta	Respostas	Total
Biomassa	31%	12
Biodigestão	24%	9
Eólica	44%	18
Nenhuma dessas	2%	1
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022

Em seguida, as informações obtidas, conforme a pergunta 2, demonstra que, depois da energia solar, a mais conhecida, dentre os entrevistados, a energia Eólica com 44%, seguido pela Biomassa, com 31%. Aqui também, se pode entender que o público entrevistado está consciente de quais tipos de energias alternativas estão em maior utilização.

Tabela 3 - Pergunta 3 - Você enxerga a utilização de fontes alternativas de energia importante para a sustentabilidade?

Opções de Resposta	Respostas	Total
SIM	100%	40
NÃO	0%	0
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022

Em seguida, as informações obtidas, conforme a pergunta 3, demonstra que as pessoas têm consciência da necessidade da utilização destas fontes de energia para garantir a sustentabilidade, ajudando assim, a matriz energética atual.

Tabela 4 - Pergunta 4 - Você estaria disposto a pagar 10% mais caro na sua conta de energia para promover o desenvolvimento de outras fontes de energia, visando tornar esta atividade mais sustentável no futuro?

Opções de Resposta	Respostas	Total
SIM	40%	16
NÃO	60%	24
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022

Em seguida, as informações obtidas, conforme a pergunta 4, demonstra que as pessoas não estariam dispostas a contribuir mais do que já contribuem (através de impostos) para impulsionar o desenvolvimento dessas fontes tornando-as mais acessíveis e possíveis de serem utilizadas em larga escala.

Tabela 5 - Pergunta 5 - Você estaria disposto a investir em alguma solução alternativa para geração de energia elétrica no condomínio em que vive sabendo que começaria a ter um desconto na taxa do condomínio 5 anos após a instalação?

Opções de Resposta	Respostas	Total
SIM	80%	32
NÃO	20%	8
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022.

Em seguida, as informações obtidas, conforme a pergunta 5, demonstram que as pessoas têm visão de longo prazo, e que, 80% estariam dispostas a investir nessas tecnologias, sabendo que o tempo de retorno seria em torno de 5 anos.

Tabela 6 - Pergunta 6 - Caso existisse algum incentivo por parte do governo (como abatimento no IR, por exemplo) se sentiria mais propenso a investir seu dinheiro em painéis solares?

Opções de Resposta	Respostas	Total
SIM	90%	36
NÃO	10%	4
TOTAL		40

Fonte: Da pesquisa, 2022.

Deste modo, com as informações obtidas, conforme a pergunta 6, demonstram que as pessoas enxergam que quem deveria impulsionar o uso dessas tecnologias é o Governo, através de incentivos.

De acordo com pesquisa realizada, foi possível identificar que a população tem boa consciência da necessidade de se buscar fontes alternativas de energias para ajudar na nossa matriz energética. Entretanto, é válido analisar, que mesmo com esta consciência, pelo fato de ser mal explorada no Brasil, poucas pessoas estão dispostas a contribuir para essa mudança, e, enxergam como principal responsável por este desenvolvimento, o governo.

O lado positivo é, que, se o Governo implementar medidas para impulsionar essas fontes de energia, boa parte da população já entende a necessidade do uso e se dispõe a investir, aguardado o tempo de retorno, o que é relativamente longo. A pesquisa indica, também, a carência de mais possibilidades, isto, no que tange os métodos de geração de energias alternativas, pois vemos que a população tem bastante familiaridade com a Energia Solar e a Eólica, não conhecendo os outros meios já existentes e amplamente divulgados.

V. DISCUSSÃO

Os dados sobre o tema da geração de energia, em geral, são amplamente divulgados em larga escala e calculados pelos países, porém, como solução observada para auxílio na nossa matriz energética, seria interessante fomentar o mercado de soluções residenciais em larga escala. Como essas tecnologias ainda tem baixa eficiência, ainda

não foram desenvolvidas soluções residenciais aplicáveis com relação à biomassa. (DE MIRANDA.; MARTINS; LOPES, 2019). Apenas a Solar é utilizada a nível residencial, e, mesmo a Eólica, não é frequentemente usada em casas e condomínios no Brasil atualmente.

Um mercado muito interessante a ser desenvolvido, são os condomínios residenciais, pois estes possuem muitos residentes e algum espaço físico para implantação de um projeto como Biodigestor, por exemplo. Nos prédios se tem a possibilidade de instalação de painéis solares nos topos, sem poluir a imagem da cidade, usando para bombeamento da água e geração de energia elétrica. (POÇAS, 2021).

A quantidade de lixo gerada pelos condomínios residenciais é extraordinária, permitindo soluções com maior volumetria. Caso tenha espaço físico disponível, como citado anteriormente, diversas soluções poderiam ser desenvolvidas visando, assim, o uso dos resíduos.

As tecnologias atuais necessitam de alto volume para serem rentáveis (ou no mínimo sustentáveis), logo, os condomínios residenciais fornecem uma possibilidade de estudo. Assimilando que, direcionar novos projetos nesse nicho de mercado específico, criando micro soluções para estes condomínios, seria um excelente caminho a médio prazo.

Um bom exemplo de solução de baixa escala, que é um biodigestor portátil, neste caso, o que transforma restos de comida em gás de cozinha desenvolvido pela GEF Biogás Brasil, conforme a foto a seguir:

Figura 1 - Biodigestor portátil desenvolvido pela GEF Biogás Brasil



Fonte: GEF Biogás, 2020.

Seu sistema autônomo não precisa de eletricidade ou água pressurizada para funcionar. O biotânque é capaz de gerar gás de cozinha por até oito horas por dia. Esse projeto foi desenvolvido para pequenas propriedades rurais, onde funciona com perfeição. (GEF BIOGÁS, 2020).

O desafio que se apresenta é a conexão de equipamentos similares a rede elétrica ou gás de um prédio residencial. Além disso, esses equipamentos ainda requerem alto nível de interação manual, sendo que o desafio é como desenvolver soluções similares com usabilidade e aplicabilidade nas cidades em larga escala.

VI. CONCLUSÃO

Ao término do presente artigo, conclui-se que existe uma consciência da sociedade em relação a necessidade do uso de fontes alternativas de energia, mesmo com investimento inicial alto. Um bom exemplo são os painéis solares, amplamente utilizados, os quais necessitam alto valor de investimento, conseqüentemente, um tempo de retorno sobre o investimento longo.

Mesmo assim, são vistos como boa opção para a geração de energia limpa. Os avanços dessas soluções tecnológicas são mais rápidos quando possuem algum tipo de subsídio do governo, como feito em alguns países da Europa. Na França, por exemplo, o governo subsidia até a aquisição por parte da população de bicicletas elétricas, visando a diminuição da poluição e diminuindo a utilização de combustíveis fósseis, além de painéis solares para qualquer cidadão que esteja disposto a investir tempo nesse projeto, portanto, com a ajuda do governo, acaba se tornando mais atrativo.

Entretanto, também exige boa vontade da população, pois, realizar qualquer tipo de projeto dessa natureza, sempre exige tempo e um aporte inicial das pessoas. O investimento inicial costuma ser caro, uma das maneiras de incentivo seria, por exemplo, através do abatimento no imposto de renda, como nos países desenvolvidos.

VII. REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos 2022**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/panorama/>. Acesso em: 12 de fev de 2023.

ARAÚJO, Vanderson Dias de. **Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Caicó/RN**. Orientador: Mariana Mazzini Marcondes. 2022. 66f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Acesso em: 12 de fev de 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB - **Subsídios para a definição do Projeto Estratégico de elaboração do PLANSAB**. Agosto 2008. Disponível em: <http://www.abm.org.br/PLANSAB.pdf>. Acesso em: 12 de fev de 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética Plano Decenal de Expansão de Energia 2021 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2012. **Ministério de Minas e Energia Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético**. Disponível em: https://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/paper/2012/MME_PlanoDecenal_2021_20120924_1.pdf. Acesso em: 15 de jan de 2023.

ALMACO. **Boletim ALMACO**. 2022. Disponível em: <https://almaco.org.br/2022/01/27/geracao-de-residuos-aumenta-4-com-brasileiro-em-casa-durante-a-pandemia/>. Acesso em: 12 de fev de 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2010.

CAVALCANTI, Cláudia Jéssica da Silva. **Simulação e otimização de processos para obtenção de biocombustíveis: etanol, bioquerosene de aviação e diesel verde**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco,

Recife, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48258>. Acesso em: 18 de jan. 2023.

DE MIRANDA, R. L.; MARTINS, E. M.; LOPES, K. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 94–106, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/4829>. Acesso em: 25 de fev. 2023.

EPBR. **Demanda global por biocombustíveis deve aumentar 22% nos próximos anos, aponta IEA**. <https://epbr.com.br/demanda-global-por-biocombustiveis-deve-aumentar-22-nos-proximos-anos-aponta-iea/>. Acesso em: 25 de jan. 2023.

FERREIRA, Bruno Salvatori Minosso. **Economia circular para energias renováveis a partir do biogás**: uma análise da transição para sustentabilidade / Bruno Salvatori Minosso Ferreira. — Curitiba : Universidade Positivo, 2020. 74 f. ; il. Disponível em: <https://repositorio.fass.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1973/1/BRUNO%20SALVATORI%20MINOSSO%20FERREIRA.pdf>. Acesso em: 20 de fev de 2023.

FORTES, A. G.; RAIMUNDO, B. Bioenergia em Moçambique: tecnologias de produção, uso e aspetos sustentáveis. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 60–77, 2020. DOI: 10.18616/rdsd.v6i1.5777. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/5777>. Acesso em: 10 de jan de 2023.

GEF BIOGÁS. **Confira funcionamento de biodigestor portátil que transforma restos de comida em gás de cozinha**. 2020. Disponível em: <https://www.gefbiogas.org.br/noticias/confira-funcionamento-de-biodigestor-portatil-que-transforma-restos-de-comida-em-gas-de-cozinha>. Acesso em: 20 de fev de 2023.

IBGE. **Em 2018, o Brasil gerou R\$ 84 bilhões em produtos energéticos da biomassa**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/32473-em-2018-o-brasil-gerou-r-84-bilhoes-em-produtos-energeticos-da-biomassa>. Acesso em: 25 de jul de 2022.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil**: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. 2020. Acesso em: 10 de jan de 2023.

MIRANDA, Ana Paula Teixeira; RODRIGUES, Carmem Lima. **Estudo dos impactos socioambientais provocados pela construção da usina hidrelétrica**. Ferreira Gomes, AP (2014-2019). Orientador: Avelino Gambim Júnior. 2020. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em História) – Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unifap.br:80/jspui/handle/123456789/770>. Acesso em: 10 de jan de 2023.

PEREIRA, Donisete da Silva; SILVA NETO, Romeu. Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: uma revisão sistemática. **Meio Ambiente (Brasil)**. v.3, n.1, p.02-21. Disponível em: ISSN: 2675-3065. 2021. Acesso em: 10 de jan de 2023.

PINHEIRO, Vinícius de Carvalho Neiva. **Despacho ótimo de sistemas elétricos com armazenamento de energia para fontes intermitentes de geração no Brasil**. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da

Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: [s.n], 2020. Acesso em: 10 de jan de 2023.

POÇAS, Carla Caroline Carvalho. **Estudo de viabilidade de implementação de energia solar térmica e fotovoltaica no restaurante universitário em Rio Verde-GO.** Graduação em Engenharia Ambiental – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021 -- Rio Verde, 2021. 40 p. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1840/1/tcc_%20Carla%20Poças.pdf. Acesso em: 10 de jan de 2023.

SANTOS, Sara Dálete Lima dos. **Percepções sobre o lixo doméstico entre os moradores do município de Carpina-PE.** 2022. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração Pública) – Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022. Acesso em: 10 de jan de 2023.

SANTOS, Livia Salgado Cardoso dos. **Prejuízos ao meio ambiente e agravos na saúde das populações vizinhas às unidades de blendaem no município de Magé,** Rio de Janeiro. 2020. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ. 2020. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/17274>. Acesso em: 23 de jan de 2023.

SENSONEO. **Índice Global de Resíduos 2022:** Estes são os maiores produtores de resíduos do mundo. Disponível em: <https://sensoneo.com/global-waste-index/>. Acesso em: 23 de set de 2022.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. de V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 24, n. 2, 2019. Acesso em: 23 de jan de 2023.

VIII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá pelo apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

IX. COPYRIGHT

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