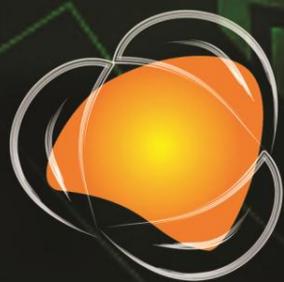


Claudiomir da Silva dos Santos
Fabricio dos Santos Rita
Leandro Gustavo da Silva
Luciano dos Santos Rodrigues
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Tais Arthur Correa
(Organizadores)



Tecnologia Ambiental



TECNOLOGIA AMBIENTAL



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T2559 Tecnologia Ambiental/Santos et al.
 – Campina Grande: EPTEC, 2022.
 235f.: il. color.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-52553-3

1. Inovação. 2. Tratamento de efluentes líquidos e sólidos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Santos, Claudimir da Silva dos. II. Rita, Fabrício dos Santos. III. Silva, Leandro Gustavo da. IV. Rodrigues, Luciano dos Santos. V. Marques, Rosângela Francisca de Paula Vitor. VI. Correa, Tais Arthur. VII. Título.

CDU 333.72

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
 As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
 Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons.
 Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2022 by Eptec
 Copyright © Eptec
 Copyright do texto © 2022 Os autores
 Copyright da edição © 2022 Eptec
 Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores
 Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa

Pixabay

Editoração e Revisão

Paulo Roberto Megna Francisco

Arte da Capa

Keila Cornetes | Designer GSC Eventos Especiais

Conselho Editorial

Claudimir da Silva dos Santos (IFSULMINAS)
 Djail Santos (CCA-UFPB)
 Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
 George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)
 Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)
 Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)
 João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)
 José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)
 Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)
 Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)
 Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
 Newton Carlos Santos (UFRN)
 Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
 Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
 Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
 Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)
 Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)



GSC EVENTOS ESPECIAIS

Gisele Corrêa Ferreira

Diretora

Camila Freitas

Administrativo e Financeiro

Lígia Sanches

Administrativo e Financeiro

Helena Longhi

Coordenação de Eventos

Keila Cornetes

Projeto Gráfico e Rede Sociais



19^o CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

ORGANIZAÇÃO

GSC Eventos Especiais

COMISSÃO ORGANIZADORA

Afonso Peche Filho
Alisson Souza de Oliveira
Claudimir da Silva dos Santos
Fabrício dos Santos Ritá
Generci Dias Lopes
Gilcean Silva Alves
Gustavo Henrique Gravatim Costa
Leandro Gustavo da Silva
Luciano dos Santos Rodrigues
Marcelo Simão da Rosa
Ronei Aparecido Barbosa
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Tais Arthur Correa
Vilmar Alves Pereira

COMISSÃO CIENTÍFICA

Afonso Peche Filho – IAC
Alisson Souza de Oliveira – UFU
Amanda Tristão Santini - UFV
Claudimir da Silva dos Santos – IFSULDEMINAS
Fabrício Pelizer de Almeida – UNIUBE
Fabrício dos Santos Rita – IFSULDEMINAS
Generci Dias Lopes – IFSULDEMINAS
Gilcean Silva Alves – IFPB
Giliane Aparecida Vicente da Silva Souza – UFPB
Gustavo Henrique Gravatim Costa – UEMG
Irene Carniatio Oliveira – UNIOESTE
Israel José da Silva – UFMG
Juliano de Paulo dos Santos - UFMT
Leandro Gustavo Silva – IFSULDEMINAS
Lina Bufalino – UFRA
Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido – IFSULDEMINAS
Luciano dos Santos Rodrigues – UFMG
Marcelo Bregagnoli - IFSULDEMINAS
Marcelo Simão da Rosa – IFSULDEMINAS
Maria Teresa Mariano – PUC
Mayara Andrade Souza – CESMAC
Monise Martins Silva – UEMG
Paula Tristão Santini - IFSULDEMINAS
Paulo Roberto Megna Francisco – UFCG
Paulo Sergio Lúcio – UFRN
Pollyanna Freire Montenegro Agra – UFCG
Rodrigo Florêncio Da Silva - Instituto Politécnico Nacional – México
Ronei Aparecido Barbosa – IFSULDEMINAS
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques – UNINCOR
Shirleyde Alves dos Santos – UEPB
Tais Arthur Correa – UEMG
Vênia Camelo de Souza – UFPB
Vilmar Alves Pereira – UNINI
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva – UFCG



Claudiomir da Silva dos Santos
Fabricio dos Santos Rita
Leandro Gustavo da Silva
Luciano dos Santos Rodrigues
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Tais Arthur Correa
(Organizadores)

TECNOLOGIA AMBIENTAL



1.a Edição
Campina Grande-PB
2022



REALIZAÇÃO



APOIO



FUNDAÇÃO DE APOIO À
PESQUISAS DO ESTADO
DE MINAS GERAIS

PATROCÍNIO



SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
PANORAMA NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA ATIVIDADE DE SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE PARAUAPEBAS-PA	11
CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DO CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO DA SERRA DA PIEDADE, MINAS GERAIS	20
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DA AMETRINA ATRAVÉS DE PROCESSOS OXIDATIVOS MEDIADOS POR PERSULFATO DE SÓDIO	26
APLICAÇÃO DE BIOCHAR MAGNÉTICO PARA A DEGRADAÇÃO DE AZUL DE METILENO POR PROCESSOS DE OXIDAÇÃO AVANÇADA	36
AVALIAÇÃO DE REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO (ABR) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO	47
TRIAGEM FITOQUÍMICA DE FOLHAS DE <i>Annona coriacea</i> Mart. EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO TRIÂNGULO MINEIRO	54
IRRIGAÇÃO POR CAPILARIDADE: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO	64
FATORES QUE INFLUENCIAM A ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO	72
BIOENSAIOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DE UM ATERRO SANITÁRIO REGIONAL	82
OBTENÇÃO DE FOSFATASE ÁCIDA POR FEMENTAÇÃO SUBMERSA UTILIZANDO <i>Trichoderma harzianum</i> EM MILHETO	90
FUNGOS FILAMENTOS E O CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS	99
INCORPORAÇÃO DE VIDRO DE GARRAFAS EM MASSA CERÂMICA	109



RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS DE RESÍDUOS DA BANANEIRA DESENVOLVIDO NO INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO.....	119
ESTUDO DA PRODUÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO COM MATÉRIAS-PRIMAS REGIONAIS PELO MÉTODO TRIAXIAL: PARTE 1.....	129
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL E PAPEL EM MASSA CERÂMICA.....	137
INCORPORAÇÃO DE CASCA DE OVO EM MASSA CERÂMICA.....	146
UTILIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) PARA CÁLCULO COMPARATIVO DA PEGADA DE CARBONO DA SÍNTESE DE METAL-ORGANICS FRAMEWORKS MG-MOF-74.....	156
ENERGIA MAREMOTRIZ: OS DESAFIOS EXISTENTES PARA SUA EXPLORAÇÃO EM TERRITÓRIO NACIONAL.....	165
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COAGULANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LATICÍNIOS EM ESCALA DE BANCADA.....	175
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE.....	184
PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE SEMENTES DE MILHO: REFLEXOS SOBRE A VIABILIDADE CELULAR DE LEVEDURAS.....	191
SCREENING FITOQUÍMICO DOS EXTRATOS ALCOÓLICOS DE <i>Azadiractha indica</i>.....	197
AVALIAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO ANAERÓBIO E PÓS-TRATAMENTO COM LAGOAS DE ALTA TAXA E WETLANDS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA.....	206
EFEITO DO TRATAMENTO PRIMÁRIO (EQUALIZAÇÃO E PENEIRAMENTO) NA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM BIODIGESTORES TRATANDO EFLUENTES DE SUINOCULTURA.....	216
ESTIMATIVA ANTECIPADA DA PHOMA DO CAFEIEIRO COMO CONTROLE: UM NOVO CAMINHO PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	224
CURRÍCULO DOS ORGANIZADORES.....	234



PREFÁCIO

Os sistemas de produção animal, desde a criação até o processamento da carne, ovos, leite e mel, sempre tiveram inovações tecnológicas para melhorias na conversão alimentar, qualidade dos produtos, técnicas de produção e processamento, gestão e sanidade. Entretanto, muito pouco se avançou referente aos impactos ambientais das atividades vinculadas à produção animal. Na concepção de produtividade hoje, a escala por unidade de área ou tempo, com qualidade da mercadoria são os referenciais estabelecidos pelo mercado, mas têm sido exigidos pelo consumidor, principalmente externo à produção e processamento, respeitando o meio ambiente, e atualmente com implementações do conceito de sustentabilidade ambiental.

Neste aspecto, muito tem de ser realizado ainda para a quebra de paradigmas, e resistências culturais sobre o tema que predomina no sistema atual de produção. Os profissionais que pretendem atuar na área específica da produção animal deverão ter foco especial nos impactos ambientais gerados, aliando as metas de lucro com o respeito à preservação ambiental. Precisarão ter conhecimento específico de como mitigar os impactos ambientais com processos economicamente viáveis.

É imprescindível que os profissionais atuantes na área se atentem para o elevado consumo de água utilizado e tenham sensibilidade para implementação de medidas de uso racional da água, reaproveitamento e reuso. Avaliem processos de tratamento de efluentes adequados à atividade e que tenham como premissa a ecoeficiência, o aproveitamento do efluente e a disposição ambientalmente adequada no solo e corpos hídricos. Elaborem e implementem a gestão de resíduos sólidos de forma a priorizar a reciclagem, e busquem novas alternativas para tratamento e destinação final dos resíduos. Atualmente observa-se uma falta de inserção dos profissionais da área de meio ambiente e saneamento na atividade da produção animal.

Logo, uma visão onde os efluentes sejam vistos dentro do custo de produção, passa ser um requisito para os profissionais que terão que caminhar em simbiose com os órgãos reguladores e fiscalizadores, evitando a reengenharia dos projetos com elevação dos custos.



Esta publicação do eixo Tecnologia Ambiental do 19º Congresso Nacional do Meio Ambiente, traz artigos que com toda certeza vão acrescentar no avanço das questões ambientais na área de produção animal.

O Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas é uma realização da GSC Eventos Especiais e do Instituto Federal do Sul de Minas - Campus Muzambinho.

Luciano dos Santos Rodrigues

UFMG



PANORAMA NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA ATIVIDADE DE SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE PARAUAPEBAS-PA

Maria Raimunda da Silva Melo¹
Mônica Silva da Silva¹
Salustiano Guitarra de Souza¹
João Francisco Costa Carneiro Junior²
Vera Raquel Mesquita da Silva²
Lorena Karine Gomes Noronha³

¹Graduandos do Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade Máster de Parauapebas – FAMAP, profeng01@faculdade.edu.br

²Prof. Faculdade Master de Parauapebas – Curso de Engenharia Ambiental, profeng01@faculadefamap.edu.br

³Engenheira Agrônoma, Msc. em Produção Vegetal – UDESC

11

INTRODUÇÃO

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo a cargo dos órgãos ambientais competentes, são licenciados a localização, instalação, expansão e operação de projetos e atividades, bem como os usuários dos recursos ambientais que são considerados poluidores efetivos ou potenciais ou aqueles que podem causar degradação ambiental de qualquer forma, levando em consideração as regulamentações legais (BRASIL, 1997).

Desta forma, as licenças ambientais incluem um dos instrumentos exigidos por lei, efetivando uma política ambiental nacional que promove a proteção Ambiental de algumas atividades e/ou empreendimentos, devido os impactos ambientais que ocasionam para serem desenvolvidos, sendo necessária a autorização da agência competente (ROSA & EGERT, 2017), podendo constatar que estas são um tipo de ferramentas de controle de atividades agrícolas e florestais.

A Licença Ambiental Rural (LAR) possui especificidades, destacando-se as áreas onde se encontram reservas legais e as áreas de proteção permanente. Antecedendo a verificação do licenciamento ambiental, tem-se que analisar se todos os órgãos responsáveis envolvidos



estão cientes (FATORELLI, 2010). O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é uma base de controle de dados para o monitoramento, planejamento ambiental, econômico e combate ao desmatamento florestal e qualquer tipo de vegetação nativa no país, sendo obrigatório como pré-requisito para o Licenciamento Ambiental a todo empreendimento rural independente da sua extensão ou do seu grau poluidor, realizado através do Sistema de Cadastramento Ambiental Rural (SICAR).

Ademais, pode-se dizer que, com a abertura do comércio na década de 90 a suinocultura no Brasil ganhou importante relevância no cenário nacional. Desta forma, em 2018 este fora consolidado como um dos maiores exportadores mundiais, sendo o quarto do ranque, obtendo um total de 600 mil toneladas, ficando atrás dos Estados Unidos, União Europeia e Canadá (ABPA, 2019).

Diante de tais exigências legais ambientais, o suinocultor brasileiro em destaque nesta pesquisa, o suinocultor Parauapebense tem grandes dificuldades em obter a licença rural para a atividade de suinocultura, além da falta de conhecimento sobre as legislações ambientais aplicadas a atividade. Diante o exposto, objetiva-se analisar as questões burocráticas, a importância do LAR para atividades de suinocultura desenvolvida no município de Parauapebas-PA e visão do suinocultor.

12

METODOLOGIA

A pesquisa qualitativa possui o objetivo de interpretar o fenômeno a ser investigado levando em consideração a descrição, compreensão, observação e o significado, ou seja, ela “é realizada em áreas na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa (VERGARA, 2009). Neste contexto, foi elaborado um questionário que fundamentou o estudo desde a concepção dos objetivos à pesquisa bibliográfica com base em autores como Farias (2016). A pesquisa foi bibliográfica e de campo, tendo como instrumento as entrevistas abertas, cabendo contextualizar aqui a abordagem e os meios utilizados para tal.

Foram realizadas entrevistas com três produtores de suínos localizados no município de Parauapebas-PA, cidade localizada no norte brasileiro, com uma população estimada de 218.787 habitantes (IBGE, 2021). Os produtores utilizam a atividade de suinocultura para autoconsumo ou para ser vendidos a terceiros da região. A localização dos empreendimentos



situa-se na região Sul e Norte da cidade, vila Palmares I na zona rural e no bairro VS10, ambos em Parauapebas.

As entrevistas com os suinocultores foram realizadas no período de 18 de setembro a 25 de outubro de 2022. Para a realização destas, realizou-se antecipadamente o contato via telefone para conversas sobre o assunto e relatar o objetivo da pesquisa, posteriormente marcado entrevista com o produtor conforme agenda disponibilizada pelo mesmo. Neste sentido, houve o deslocamento dos pesquisadores para conhecer a propriedade rural e para realizar a entrevistas com perguntas diretas.

Realizou-se também uma entrevista com a servidora da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), na data 23/09/21, do Departamento de Licenciamento Rural, a entrevista ocorreu de forma sucinta abordando as questões de licenciamento ambiental rural para atividades de suinocultura no município, e no âmbito da conversa a servidora solicitou a formalização através de e-mail, que posteriormente encaminharia o questionário devidamente respondido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados junto da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Parauapebas-PA, observou-se que não há licenças ambientais rurais para atividade de suinocultura no município de Parauapebas. Assim como, não há procura destes junto a SEMMA.

As secretarias municipais de meio ambiente (SEMMAS) possuem um papel extremamente importante para atividade de suinocultura neste município, através de projetos, ações ambientais e palestras direcionadas aos produtores rurais. Despertando nesses produtores o interesse de buscar a regularização de suas atividades. Desta forma, o licenciamento ambiental surge como uma ferramenta de extrema importância, envolvendo as indústrias brasileiras que passam a reconhecer sua responsabilidade no processo de degradação dos recursos naturais (NETA, 2015).

Ao investigar se o município de Parauapebas-PA possui empreendimentos de atividade de suinoculturas, seja de pequeno, médio ou de grande porte, em processo de adequação ambiental, a SEMMA informou não possuir informações a respeito da quantidade de empreendimentos existentes no município, tendo essas informações confirmada apenas através de denúncias. Além disso, são poucas as situações em que os produtores procuram a secretaria para se regularizar. Isso pode ser explicado devido não haver uma cadeia produtiva



consolidada na região, e o baixo investimento a nível coletivo para o desenvolvimento dessa atividade. Segundo Farias (2007), as etapas do licenciamento terminam com a concessão de possíveis licenças ambientais correspondentes a região, de maneira que estas sirvam para formalidades cumprindo o que a legislação propõe.

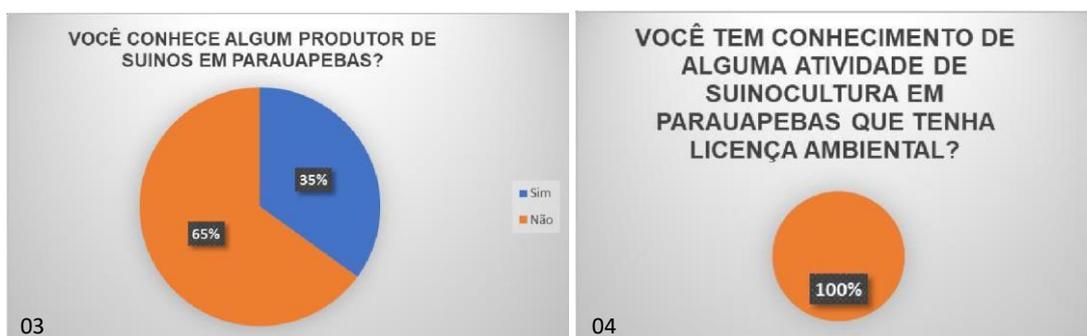
Aproximadamente 89% afirmam ter conhecimento do conceito de licenciamento ambiental, e cerca de 11% julgam não conhecer o tema abordado (Figura 1). Ademais, no questionário aplicado 57% julgaram não conhecer o Cadastro Ambiental Rural e 42% possuem conhecimento relacionado ao assunto, conforme Figura 2.



Figuras 1 e 2. Conhecimentos sobre o CAR e LAR.

14

Durante a pesquisa, constatou-se que 35% da população conhece algum produtor de suínos na região, enquanto 64% destacaram não conhecer suinocultor no município (Figura 03) e 100% da população afirmou não conhecer nenhuma atividade de suinocultura que tenha licença ambiental, certificando os dados obtidos na SEMMA (Figura 4).



Figuras 3 e 4. Conhecimentos sobre produção de suínos na Região.

Segundo a resolução do Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMAM) nº003/2018, empreendimentos que contenham entre 500 e 1000 cabeças de suínos se enquadram na categoria de pequeno porte, nesse sentido um dos empreendimentos visitados está

enquadrado nessa categoria. Os demais empreendimentos que possuem entre 50 e 500 suínos estão enquadrados na categoria de Micro porte.

Nas unidades visitadas, havia animais em diferentes tamanhos e quantidades (Figura 5), dentre estes, 67% dos produtores possuem aproximadamente cerca de 650 animais, os demais sendo 33%, entre 50 e 72 suínos aproximadamente. Caracterizado por pequenos rebanhos, com produção voltada a consumo próprio.

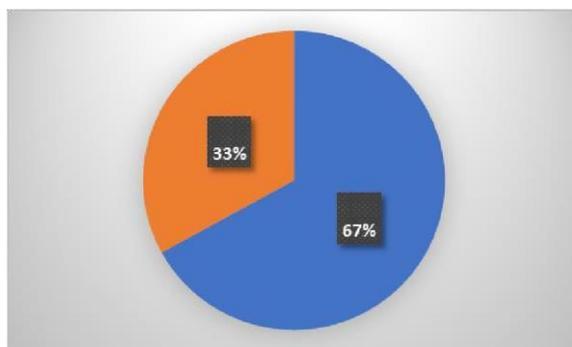


Figura 5. Quantidade Relativa de Animais dos Produtores.

Quando às respostas dos questionários aplicados aos suinocultores, obteve-se que 67% dos criadores de suínos relatam não ter conhecimento sobre o que é licenciamento ambiental rural, dentre estes, apenas 33% sabem sobre a temática, conforme Figura 6. Quando questionados sobre o CAR, 33% responderam não ter nenhum conhecimento sobre o CAR, enquanto 67% dos entrevistados enfatizaram ter conhecimento desta base de dados (Figura 7).

15



Figuras 6 e 7. Conhecimento sobre CAR e LAR por parte dos Suinocultores.

No decorrer da entrevista todos os produtores abordados informaram obter conhecimento a respeito da SEMMA, no entanto apesar de terem conhecimento da SEMMA 33% dos produtores visitados alegam não saber a real importância da secretaria para



atividades rurais. Durante o diálogo, descobriu-se que nunca houve fiscalização da SEMMA nestas propriedades.



Figura 8. Conhecimento da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

A fiscalização ambiental é uma atividade em conjunto com licenciamento ambiental. Consistem em desenvolver ações de controle e vigilância destinadas a impedir danos imediatos ao meio ambiente, ou ainda, daquelas realizadas em não conformidade com as autorizações pelos órgãos ambientais competentes (HOFFMANN, 2020).

Apesar da rentabilidade dessa atividade no Brasil os micros e pequenos produtores têm dificuldades em obter recursos para se adequar dentro das exigências ambientais. Diante das informações ficou em destaque a importância de um programa específico para esse grupo de produtores com baixos recursos financeiros, que possui pouco conhecimento quanto à legislação ambiental, quanto à importância do seu empreendimento.

16

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram evidenciados em teoria a importância do processo de licenciamento ambiental para garantir que as atividades econômicas não agridam o meio ambiente, reduzindo assim os possíveis impactos.

O licenciamento ambiental rural e o cadastro ambiental rural são ferramentas de gestão socioambiental indispensável na preservação e controle das atividades antrópicas. no entanto, a ausência dessas ferramentas regulamentadoras propicia com comercio de suínos na região, cujo manuseio se torna menos burocrático, reduzindo custo na produção. Algumas normas citam detalhadamente como a norma CONAMA 237/97, passos indispensáveis para regularização da área e manejo, porém, muitas destas informações não são de conhecimento dos produtores, tornando-os menos acessível à oportunidade de regulamentação do empreendimento.



Percebe-se também que, esses suinocultores possuem conhecimento do significado das siglas LAR e CAR ou pelo menos no que se refere, mas fica claro a ausência de informação e direcionamento quanto à legalização desses empreendimentos nos órgãos regulamentadores, onde muitas vezes permanecem realizando manejo incorreto dos suínos de forma clandestina.

Analisou-se que no município de Parauapebas 100% dos suinocultores visitados permanecem na ilegalidade, e uma das razões é o viés de não possuírem recursos financeiros suficientes para o cumprimento das normas ambientais.

Contudo, observou-se que diante deste fato, o não conhecimento das legislações ambientais inerente a regulamentação e fiscalização da suinocultura na região é preocupante, os envolvidos não possuem conhecimento específico destas normas, podendo assim acarretar descarte ilegal, poluição dos recursos hídricos dentre outros.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual de 2019. 2019. Disponível em: http://www.abpa-br.org/mercados/relatorio_anual_2019.pdf. Acesso em: 09 de dezembro de 2021.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 18 de março de 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 19 de março de 2021.

BRASIL. Lei nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 29 de março de 2021.

BRASIL. Casa Civil. lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm Acesso em: 09 de novembro de 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 08 de novembro de 2021.



BRASIL. Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União (DOU), Brasília, DF, seção 1, p. 16509, 2 set. 1981. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 28 de setembro de 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Diário Oficial da União (DOU), 22 dez. 1997. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf. Acesso em: 23 de novembro de 2021.

FARIAS, T. Licenciamento Ambiental: Aspectos Teóricos e Práticos. Belo Horizonte: Fórum, 2007. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3808136/mod_resource/content/1/Farias%2C%20Talde n.%20licenciamento.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3808136/mod_resource/content/1/Farias%2C%20Talde%20n.%20licenciamento.pdf). Acesso em: 04 de dezembro de 2021.

FARIAS, A. B. de. O papel do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM) na Gestão Ambiental Local e na Governança Hídrica do Município de Parauapebas, PA. Trabalho de Conclusão de Curso (Instituto Federal de Minas Gerais). Agência Nacional de Águas. Parauapebas-PA, 2016. Disponível em:

<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2086/1/TCC%20ARLETE%20BOAVENTURA.pdf>. Acesso em 01 de dezembro de 2021.

FATORELLI, L.; MERTENS, F. Integração de Políticas e Governança Ambiental: O Caso do Licenciamento Rural no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v.8, n.2, p.401-415, 2010.

HOFFMANN, V. Diagnóstico e proposta de melhoria de uma ferramenta de priorização das denúncias atendidas pela fiscalização ambiental. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 de dezembro de 2021.

NETA, M. S. C. et al. Licenciamento Ambiental: Conflito de Interesses. *Revista Verde de Licenciamento Ambiental: Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.5, esp., p.76-80, 2015.

OLIVEIRA, R. L. de. O Licenciamento Ambiental no Brasil: Papeis e Desafios dos Atores na Gestão de Riscos Ambientais. Disponível em:



www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=213b9c781a1cb374. Acesso em: 08 de dezembro de 2021.

ROSA; J. H.; EGERT, R. O licenciamento Ambiental e seus Impactos na Produção Agrícola. Revista Jurídica–Direito e Cidadania na Sociedade Contemporânea, p.32-45, 2017.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/sites/portalsebrae/>. Acesso em: 01 de dezembro de 2021.



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DO CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO DA SERRA DA PIEDADE, MINAS GERAIS

Andréa Rodrigues Marques¹
Fernanda Badotti²
Carla Alessandra Silva³

¹Profa. Dra. CEFET/MG, Departamento de Ciências Biológicas, CEFET-MG, andreamg@cefetmg.br

²Profa. Dra. CEFET/MG, Departamento de Química, CEFET-MG, fbadotti@cefetmg.br

³Aluna do curso mestrado em Tecnologia de Produtos e Processos, CEFET/MG, carlaalessandrasilva8@gmail.com

20

INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma região localizada no centro-sul do estado de Minas Gerais, que é a maior produtora nacional de minério de ferro, sendo que 74,4% de toda a produção nacional sai da região (ANM, 2018). Compreende uma área de aproximadamente 7.000 km² e abrange os municípios de Caeté, Itabira, Itaúna, João Monlevade, Mariana, Ouro Preto, Rio Piracicaba, Sabará e Santa Bárbara, entre outros. Além do minério de ferro, também são extraídos ouro e manganês (CASTRO; ENDO; GANDINI, 2020).

Por conta de seus recursos naturais, o QF virou alvo de estudos e mapeamentos geológicos, aos quais demonstram a importância na questão do desenvolvimento econômico e nacional. Portanto, destaca-se que a região não só tem uma importância econômica devido à extração de recursos, mas também, biológica, abrigando várias espécies de animais e vegetais (CARMO & JACOBI, 2013). Nesta região destaca-se um ecossistema peculiar, com uma vegetação ligada à canga, contendo dezenas de espécies raras e constituindo-se um ambiente caracteristicamente adverso. A vegetação de canga é caracterizada pelo afloramento rochosos que foram formados a milhares de anos, decorrentes a partir do intemperismo de rochas ferríferas subjacentes, como por exemplo, itabiras e diamictitos ferruginosos, posteriormente



enriquecidos com ferro, aos quais resultaram em couraças que atingem vários metros de espessuras e estendem-se por milhões de hectares (VIANA & LOMBARDI, 2007).

A Serra da Piedade, localizada em Minas Gerais, é demarcada o limite setentrional do Quadrilátero Ferrífero e sustentada morfológicamente por rochas do supergrupo Minas, Grupo Itabira, das formações Cauê (constituída na serra por itabiritos) e Cercadinho (constituída na serra por filitos), sendo a parte superior recoberta por uma superfície de canga que ajuda a sustentar o relevo (AZEVEDO et al., 2007). Os itabiritos da Formação que Cauê atingem a serra com grandes espessuras tangem aspectos didáticos e científicos.

A deposição em camadas (Banded Iron Formation - BIF's) aconteceu num processo global, por volta de 2,4 Ga e correspondem a rochas sedimentares do Paleoproterozóico. As BIF's do Proterozóico são constituídas de rochas finamente laminadas, a maioria pertencente às fácies oxidada e carbonatada, e em menor escala, silicatada e sulfetada (AZEVEDO et al., 2007).

A Serra da Piedade encontra-se na divisa dos municípios de Sabará e Caeté, sendo caracterizado como um importante sítio geológico associado a história da exploração do interior do Brasil pelos bandeirantes e a evolução geológica da Terra (AZEVEDO et al., 2007). Atualmente as atividades de mineração estão promovendo a destruição principalmente do solo do ecossistema de canga, ainda pouco conhecido, suprimindo populações da comunidade microbiana e de diferentes espécies de animais e vegetais que evoluíram em tal ambiente particular. Torna-se, imprescindível o conhecimento deste solo para o avanço de medidas que visam a sua preservação. Nesse contexto se insere este trabalho, que buscou respostas para a questão supracitada, tendo como objetivo caracterizar o solo quanto à fertilidade, de uma determinada área na Serra da Piedade, por meio de alguns atributos químicos.

21

METODOLOGIA

Área de estudo e coleta amostra de solo

A Serra da Piedade, situada a 50 Km da capital Belo Horizonte, na divisa dos municípios Sabará e Caeté/MG, está inserida na borda lateral do Quadrilátero Ferrífero (PIZANI, 2017). A área experimental é constituída por canga ferruginosa, encontra-se na coordenada 19°49'21,51" S 43°40'38,22" O, totalizando 108 m². O clima da região é classificado como subtropical de altitude e a temperatura média durante o ano varia em torno de 21°C, sendo que as maiores temperaturas são registradas no trimestre de janeiro a março e as menores temperaturas no trimestre de junho a agosto (LOPES, 2008).



Na área experimental foram selecionados dezoito pontos amostrais de solo, em três distintos transectos (L1, L2, L3; 06 pontos em cada) separados entre si por 2 m de distância. As amostras de solo foram retiradas na profundidade de até 10 cm, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2mm e secadas ao ar. A caracterização química foi realizada conforme o Laboratório Análise de Solos do Instituto Mineiro de Agropecuária (LASO-IMA, 2022). Foram quantificados: pH em água; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis; teores de P e K; capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (SB) e matéria orgânica. Os cátions trocáveis (Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+}) foram quantificados utilizando solução extratora de KCl 1 mol.L⁻¹ e, posteriormente, analisados por métodos volumétricos, de emissão ou absorção atômica. Os teores de P e K foram quantificados através de fotômetro de chama a partir da extração em solução ácida Mehlich⁻¹ (HCl 0,05 mol.L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol.L⁻¹) (TEIXEIRA et al., 2017). A partir desses resultados foram calculados a SB e a CTC. Foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), utilizando os resultados das análises de solo. A ACP sintetiza a variação multidimensional dos dados, ordenando-os nos eixos do diagrama de acordo com a similaridade das variáveis consideradas. Com essa análise objetivou-se agrupar os pontos amostrados dos atributos químicos semelhantes. ACP foi feita utilizando o software PAST®, versão 2.16 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

22

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos atributos químicos dos transectos (L1, L2 e L3) estão apresentados na Tabela 1. Em geral, as amostras de solo foram caracterizadas por acidez, com o pH entre 4 e 5. Os solos apresentaram baixa fertilidade natural com baixas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , e valores baixos de SB e CTC (Tabela 1). Os valores de pH mais ácido podem ser devido às altas concentrações de Al^{3+} (Tabela 1), que tornam o solo alumínio tóxico para a maioria das plantas agrícolas. A soma de bases (Cálcio e Magnésio) foi baixa em todas as amostras refletindo os baixos valores de CTC (Tabela 1). A pobreza de bases em geral é em decorrência do material de origem pobre nesses elementos e ao intemperismo intenso dos solos QF. Andrade (2019) mostrou os valores de Ca e Mg baixos onde a ciclagem era mais intensa nos campos rupestres ferruginosos. A baixa capacidade de troca catiônica e a soma de bases são típicas de solo profundamente distrófico, como já observado em outros solos do Quadrilátero Ferrífero (CARVALHO-FILHO et al., 2010; COELHO, 2017).



Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos do solo de cada transecto da área experimental do Monumento Natural Estadual Serra da Piedade (MONAESP), Caeté, Minas Gerais

Transecto	Identificação								
	pH	cmol.carga/dm ³			mg/dm ³			dag/kg	
	H2O	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K	SB%	CTC	M.O.
L1	5,05	0,13	1,46	0,18	3,39	27,17	1,71	5,11	3,25
L2	4,75	0,22	0,76	0,13	3,52	22,33	0,94	4,57	2,67
L3	4,75	0,62	0,93	0,15	4,02	38,17	1,18	8,88	5,86

A análise de componentes principais formou três agrupamentos como mostra a Figura 1. No diagrama, cada agrupamento (L1, L2 e L3) é representado por linhas e a distribuição dos atributos do solo é representada por pontos (AM1 a AM18). A aproximação entre dois pontos, significa semelhança entre os valores dos atributos do solo para cada agrupamento. De acordo com o resultado da ACP, foi possível caracterizar a fertilidade do solo seguinte forma: L1 apresentou solos com menor acidez (valores menores de Al₃⁺ e maiores de Ca₂⁺ e Mg₂⁺); L2 com solos valores intermediários de Al₃⁺ e Ca₂⁺; e L₃ apresentou os valores mais elevados de CTC, M.O., P e K. Estes resultados mostraram que em pequena escala o solo do campo rupestre ferruginoso pode apresentar uma dissimilaridade de atributos químicos que determinam sua fertilidade. Sabe-se que o campo rupestre possui uma variedade de habitats e uma heterogeneidade edáfica, mesmo em pequenas escalas (JACOBI et al., 2007; FERNANDES, 2016; ABRHÃO et al., 2019).

23

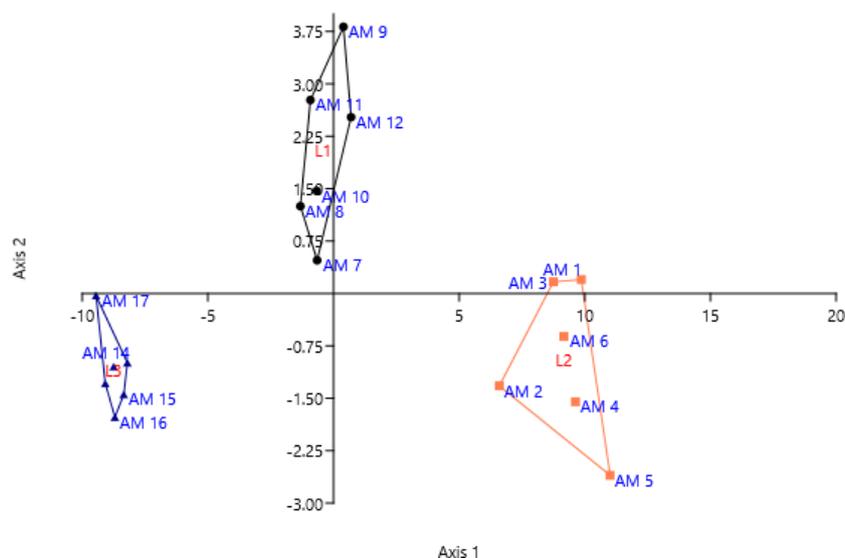


Figura 1. Análise dos componentes principais das variáveis dos atributos químicos dos pontos amostrados (AM1 a AM18) da área experimental no Monumento Natural Estadual Serra da Piedade (MONAESP), Caeté, Minas Gerais.

CONCLUSÕES

O solo foi considerando altamente intemperizado e distrófico, com baixa CTCs, elevados teores de Al_3+ e elevada acidez. Concluiu-se que esses resultados corroboram vários outros estudos que demonstraram uma grande heterogeneidade edáfica no ecossistema de canga. O próximo passo é compreender as inter-relações entre os componentes bióticos e abióticos desses ecossistemas únicos, ainda pouco estudados e intensivamente explorados por atividade minerária desde o período colonial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Federal de Educação Tecnológica pelo apoio técnico e financeiro e o IEF de Minas Gerais pela licença de coleta de solo concedida.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, A. et al. Soil types select for plants with matching nutrient-acquisition and-use traits in hyperdiverse and severely nutrient-impooverished campos rupestres and cerrado in Central Brazil. *Journal of Ecology*, v.107, p.1302–1316, 2019.
- ANDRADE, P. B. de. Solos e vegetação associados a cavidades naturais subterrâneas no geossistema ferruginoso da Serra dos Carajás-Pará. 2019.
- ANM. Agência Nacional de Mineração. Sumário mineral 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/ferro_sm_2018>. Acesso em: 27 de julho de 2022.
- AZEVEDO, U. R. et al. Serra da Piedade, Quadrilátero Ferrífero, MG-da lenda do Sabarabuçu ao patrimônio histórico, geológico, paisagístico e religioso. 2007.
- CARMO, F. F. do; JACOBI, C. M. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia*, v.64, p.527-541, 2013.
- CARVALHO-FILHO, A.; CURI, N.; SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.8, p.903-916, 2010.
- CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo Horizonte: 3a Editora. 2020. 420p.
- COELHO, M. R. et al. Solos do quadrilátero ferrífero sob diferentes coberturas vegetais e materiais de origem. *Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*, 2017.



- FERNANDES, G. W. The Megadiverse Rupestrian Grassland. In: FERNANDES, G. W. (Ed.), Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. Springer International Publishing, p.3–14. 2016.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v.4, n.1, p.1-9, 2001.
- JACOBI, C. M. et al. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity Conservation*, v.16, p.2185–2200, 2007.
- LASO- IMA. Laboratório Análise de Solos do Instituto Mineiro de Agropecuária. Análise de Solos. Disponível em: <<http://ima.mg.gov.br/laboratorios/laboratorio-de-saude-animal/1452-laboratorios/laboratorio-de-quimica-agropecuaria/1528-laboratorio-de-analise-de-solos>>. Acesso em: 27 de julho de 2022.
- LOPES, N. A educação ambiental e a luta do movimento SOS Serra da Piedade. 53f. Monografia (Especialista em Educação Ambiental). Universidade Candido Mendes. Rio de Janeiro, 2008.
- PIZANI, F. M. C. et al. Impactos ambientais causados pelo turismo na Serra da Piedade/MG: Propostas para educação ambiental. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 9, 2017, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2017.
- TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. 2017.
- VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v.58, p.157-177, 2007.



ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DA AMETRINA ATRAVÉS DE PROCESSOS OXIDATIVOS MEDIADOS POR PERSULFATO DE SÓDIO

Gabriela de Souza Freitas¹
Cátia A. L. Graça^{2,3}
O. Salomé Soares^{2,3}
Marcela Prado Silva Parizi⁴

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus Presidente Prudente, g.freitas@unesp.br

²LSRE-LCM – Laboratory of Separation and Reaction Engineering – Laboratory of Catalysis and Materials, Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal

³ALiCE – Associate Laboratory in Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal.

⁴Profa. Dra., Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Campus de Presidente Prudente

26

INTRODUÇÃO

A ametrina (AMT) é um herbicida pertencente à família das s-triazinas, comumente aplicado no controle de ervas daninhas; age através de sua absorção pelas folhas e raízes das plantas, inibindo a fotossíntese e bloqueando o transporte de elétrons. Trata-se de um pesticida orgânico classificado como poluente persistente (POP's), altamente solúvel, podendo permanecer no ambiente por meses ou anos (JIANG et al., 2020). É aplicado na palha do açúcar antes da chuva com o objetivo de seu princípio ativo entrar em contato com a água e penetrar no solo, atuando nas plantas nos estágios pré e pós emergenciais, o que favorece o manejo inicial da cultura (SANTOS et al., 2018).

Sua aplicação é feita em cultivos de abacaxi, soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, plantação de oliveiras e videiras, entre outros (SANTOS et al., 2018). A AMT pode sofrer lixiviação após sua aplicação no solo e ter como destino águas superficiais próximas, além disso, a contaminação de ambientes pode ocorrer por meio de descarte inadequado de embalagens contaminadas, assim como pelo descarte de efluentes contaminados de indústrias em corpos hídricos (ROCHA, 2021).



Diante da preocupação em relação aos poluentes orgânicos e da ineficiência dos processos convencionais em estações de tratamento de água (ETA's) na remoção desses contaminantes, medidas têm sido investigadas nos últimos anos; visto que a persistência ambiental de micropoluentes está ligada a interações físico-químicas e à matriz na qual estão inseridos (ROCHA, 2021).

Os processos oxidativos avançados são vias potenciais de remoção, ocorrem por meio da geração de espécies reativas intermediárias, incluindo o radical sulfato, oxigênio singlete, radical hidroxila e tripletes da matéria orgânica dissolvida; que são capazes promover a degradação de micropoluentes (ZHI et al., 2020).

As reações pela interação com radicais sulfato se mostram bastante eficazes na remoção dos POP's de corpos hídricos (ZHI et al., 2020), sendo estes gerados por ativação do reagente persulfato de sódio (PS). Sua ativação pode ocorrer de diferentes maneiras, incluindo através de reações com catalisadores metálicos, temperatura, peróxido de hidrogênio, pH, radiação UV, entre outros (GRAÇA; VELOSA; TEIXEIRA, 2017; GRAÇA et al., 2018). Diversos catalisadores metálicos têm vindo a ser explorados na ativação de PS, tais como o titânio – por meio de uma modificação do dióxido de titânio (TiO_2), o ferro, o cobre, cobalto, entre outros (TIAN et al., 2022). Entretanto, devido ao teor tóxico dos metais e a sua disponibilidade limitada, a troca de catalisadores de materiais metálicos por materiais não-metálicos torna-se essencial. Desta forma surgem os catalisadores à base de carbono, como carvão ativado, nanotubos de carbono, grafeno, entre outros, na ativação do PS. Ainda, os materiais de carbono apresentam um baixo custo e uma alta estabilidade química, gerando pouco ou nenhum prejuízo ao meio ambiente após o seu uso.

Os POA a base de persulfato ativado, além de se mostrarem importantes soluções para a remoção de micropoluentes de corpos hídricos, apresentam uma maior oxidação, melhor seletividade, uma ampla faixa de pH em que a degradação ocorre e não geram poluição secundária após a sua utilização (GAO et al., 2022).

Palharim, Graça e Teixeira (2020) estudaram POA mediados por PS na degradação de parabenos. O estudo comparou a ativação do PS por radiação UVA e por ferro de valência zero (FVZ), concluindo que a ativação do PS pelo FVZ é mais eficaz (PALHARIM; GRAÇA; TEIXEIRA, 2020). Isto indica que PS catalisado por metais na degradação de poluentes é um processo promissor, porém merece estudos adicionais devido ao potencial de contaminação. No estudo da degradação catalítica do antibiótico sulfametoxazol, Liang et al. (2019) comprovaram a



eficácia do carvão ativado para a ativação do PS, em que a reação apresentou uma eficiência de degradação do poluente equivalente a 91,2%.

Ao que se sabe, a utilização de materiais de carbono na ativação de PS ainda é pouco explorada, não havendo registros de trabalhos onde tal tenha sido aplicado na degradação da AMT.

Sendo assim, para a realização do presente estudo, foi utilizado carvão ativado granular (GAC) como catalisador do PS para a degradação da AMT. O GAC foi escolhido devido ao seu baixo custo do produto, aliado ao seu caráter ambientalmente amigável, comparativamente aos nanotubos e grafenos (HUANG et al., 2020). A concentração de PS foi variada de forma a verificar a sua influência na reação, mantendo fixas as concentrações de AMT e catalisador. A eficiência na remoção de pesticida foi avaliada monitorizando a sua concentração ao longo da reação através de cromatografia líquida de alta eficiência e teor em carbono orgânico total.

Assim sendo, o presente estudo vem contribuir para o conhecimento na área dos POA mediados por persulfato dada a escassez literária de trabalhos que verificaram a degradação da ametrina através desse método.

METODOLOGIA

Os experimentos de degradação de AMT foram realizados numa montagem experimental tal como esquematizada na Figura 1. Esta consiste numa placa de agitação, onde se coloca um beaker de 250-mL, sob agitação constante. Primeiramente a solução de AMT (20 mg/L) é transferida para o beaker com o auxílio de uma proveta. De seguida, é adicionado o catalisador na dose pretendida (0,5 g/L). A reação começa quando o PS é adicionado e alíquotas de 1 mL são retiradas em tempos determinados, ao longo de 300 minutos. Para separar as partículas de catalisador da solução, as alíquotas são filtradas com filtro de seringa (Whatman, 0,45 μ m). Para a detecção da AMT, utilizou-se a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC, Hitachi), a um comprimento de onda de 222 nm, usando fosfatos e metanol como eluentes e uma coluna c18 (Shimadzu, série 20A) como fase estacionária. A concentração de carbono orgânico total (TOC) foi determinada indiretamente por meio da diferença entre o carbono total (TC) e o carbono inorgânico (IC) contidos na amostra, através do equipamento Shimadzu TOC-L.



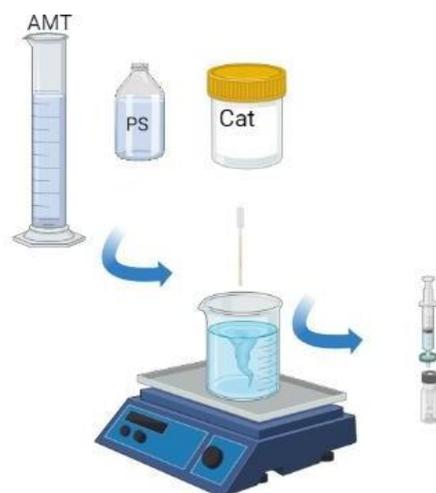


Figura 1. Representação do sistema de agitação contínua.

As condições experimentais exploradas neste estudo estão elencadas na Tabela 1. Os experimentos de 1 a 4 foram realizados com a finalidade de verificar o efeito do PS sem a ação do catalisador, na remoção da AMT. O experimento 5 foi realizado para verificar a capacidade de adsorção do GAC (controle). Os experimentos do 6 ao 9 foram realizados para verificar a ativação do PS por parte do GAC, para diferentes concentrações de PS.

29

Tabela 1. Concentrações de PS e GAC nos ensaios realizados

Ensaio	[PS]0 (MM) ¹	[GAC]0 (G/L) ²
1	10	0
2	20	0
3	35	0
4	50	0
5	0	0,525
6	10	0,525
7	20	0,525
8	35	0,525
9	50	0,525

1 ([PS]0) = concentração de persulfato de sódio adicionado a reação. 2([GAC]0) = concentração de catalisador adicionado para a ativação do PS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a degradação da AMT na presença de diferentes concentrações de PS, sem catalisador. Nesse caso, pode-se observar o persulfato de sódio sozinho é capaz de degradar o poluente, sendo que o aumento da concentração de PS resulta em uma maior degradação. O ajuste cinético dos dados se adéqua a uma reação de primeira ordem, tal como



representado na Figura 4. A constante cinética aumenta de 0,0015 para 0,0084 min^{-1} , evidenciando o papel oxidante do PS sozinho.

A caráter de comparação, a Figura 3 contém a reação entre ametrina e GAC, sem a presença de PS, o que indica que o GAC apresenta um potencial de consumir o poluente, que pode ser realizado por meio de reações de adsorção (LIANG et al., 2019).

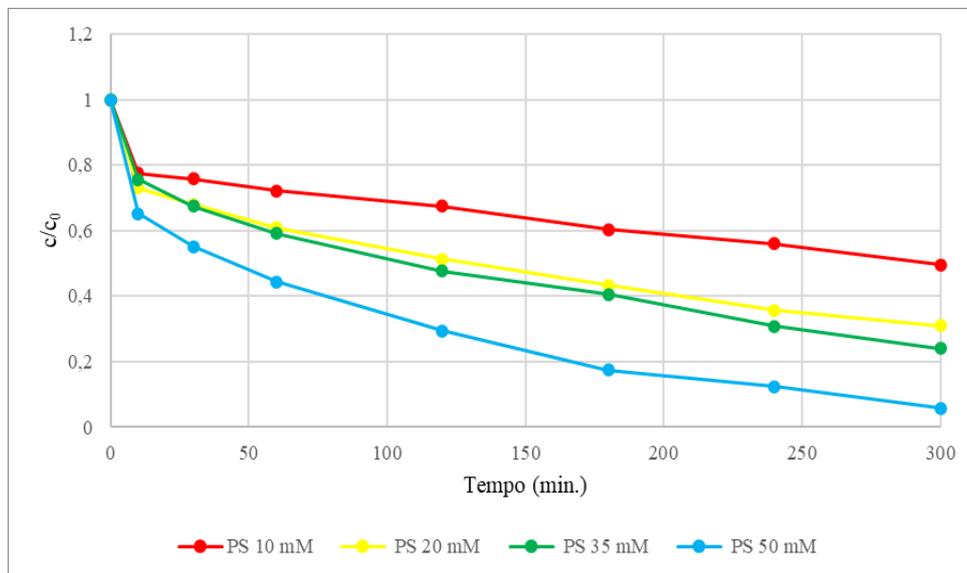


Figura 2. Perfil de degradação da AMT na presença de diferentes concentrações de PS.

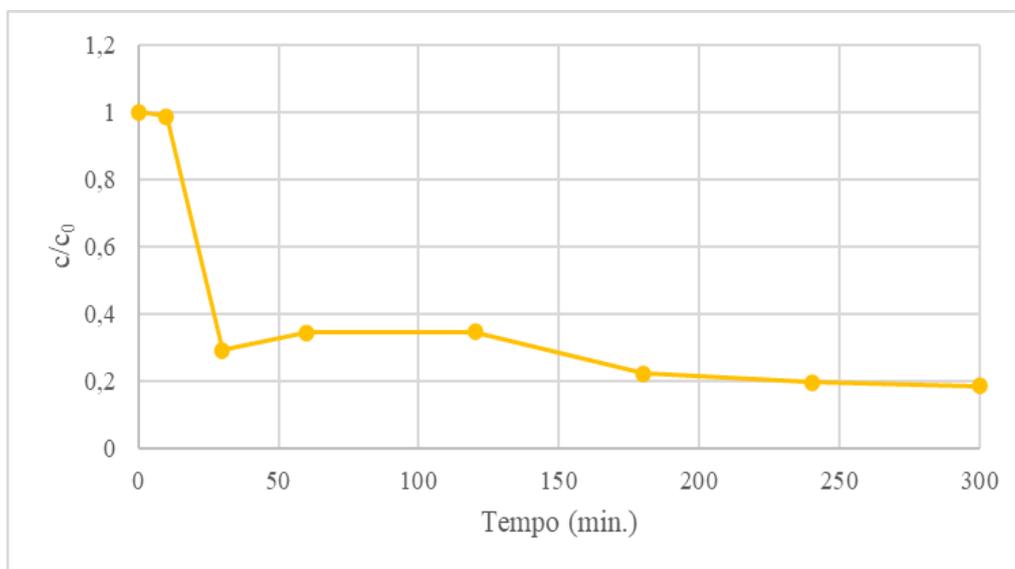


Figura 3. Perfil de degradação da AMT na presença de GAC.



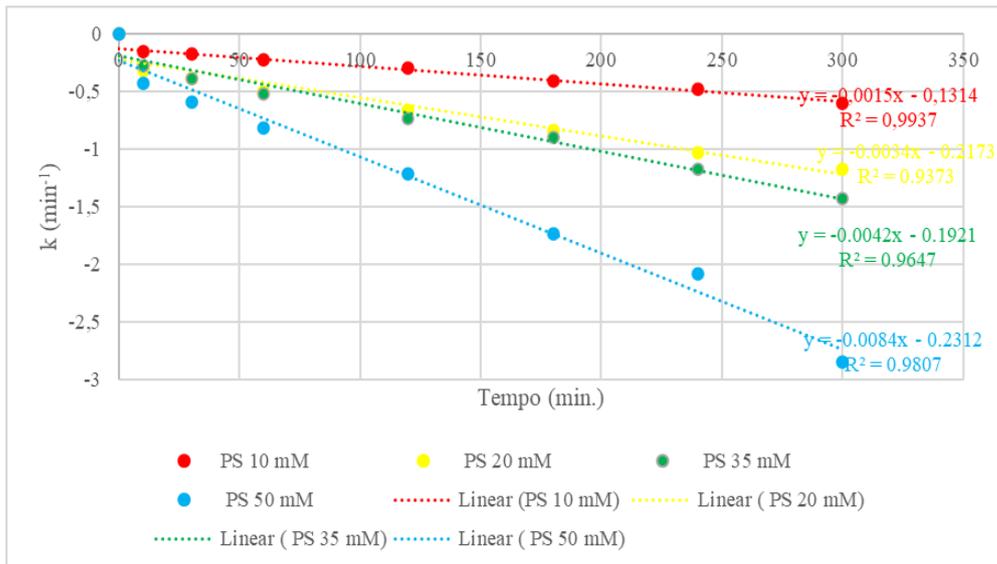


Figura 4. Ajuste dos dados a uma cinética de reação de primeira ordem sem a presença de catalisador.

Na Figura 5 está representada o perfil de degradação do poluente pela ação do PS ativado por GAC, ao passo que na Figura 06 o ajuste dos dados a uma cinética de degradação de primeira ordem. Observa-se que não são necessárias elevadas concentrações de PS para se atingir uma taxa de remoção eficaz em um curto intervalo de tempo.

31

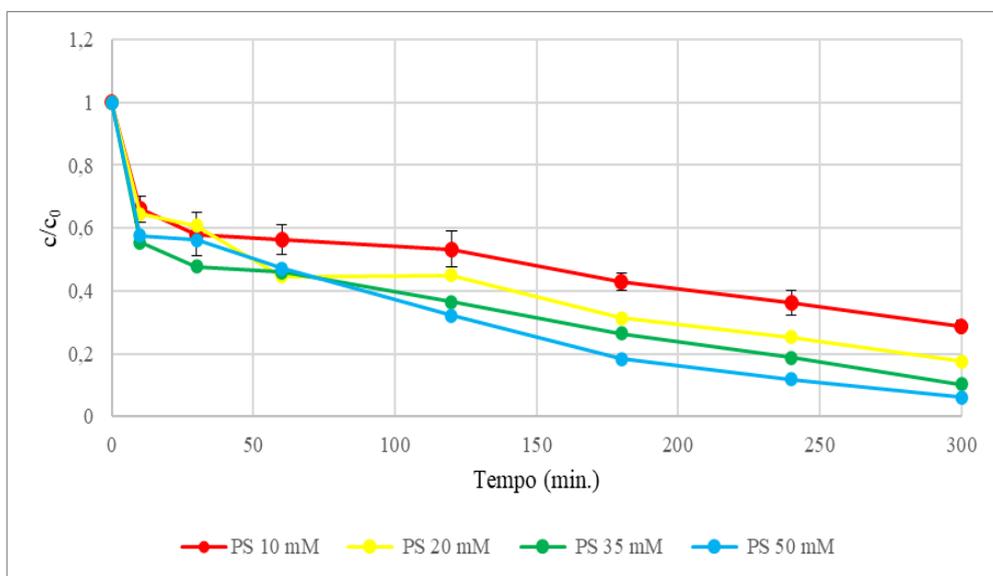


Figura 5. Taxa de degradação da AMT em reação na ativação do PS por GAC.

As Figuras 4 e 6 contém o ajuste de dados a uma cinética de reação de primeira ordem de reações sem e com a presença de GAC, respectivamente. Por meio da equação da reta gerada através da linha de tendência, é possível observar o valor da constante k (min^{-1}), que variou de 0,0015 a 0,0084 min^{-1} na reação sem o catalisador.



O valor de k para a reação com a presença de catalisador foi de $0,0033 \text{ min}^{-1}$ para a menor concentração de PS, semelhante ao valor encontrado por Pham et al. (2022) ao analisarem a degradação de paracetamol por catalisadores de carbono; já para a maior concentração de PS, $k = 0,0082 \text{ min}^{-1}$. Observa-se um aumento na constante cinética de degradação ao se comparar a presença de catalisador em diferentes concentrações de PS; ainda, em análise das reações sem o GAC, em 10, 20 e 35 mM de PS a velocidade de reação foi aumentada, porém na concentração de 50 mM, isso não foi observado, pois o PS em excesso pode não mais degradar o poluente e sim competir pelos radicais livres (GRAÇA et al., 2018).

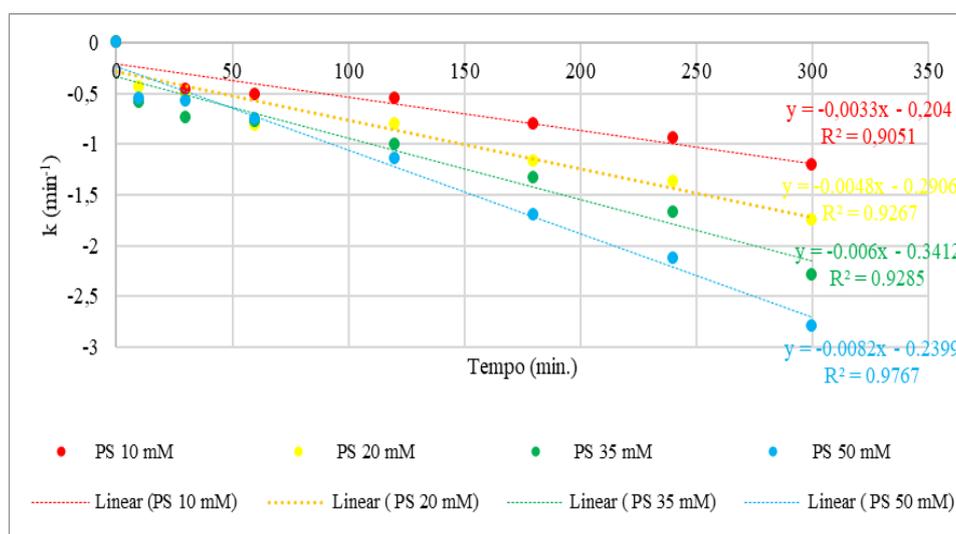


Figura 6. Ajuste dos dados a uma cinética de reação de primeira ordem com a presença de catalisador.

A concentração de carbono orgânico total nas diferentes reações realizadas é indicada por meio da Figura 7. Quando não há a presença do catalisador, observa-se que em todas as concentrações de PS a concentração de COT aumentou, de forma que em 10 mM de PS chegou a 31,72 mg/L. Nas demais concentrações pode-se observar uma proporcionalidade entre, quanto maior a [PS], maior o COT.

Quando se observa a concentração de TOC na presença de catalisador, infere-se um decaimento na mesma em relação às concentrações de TOC sem a presença do GAC. As porcentagens de remoção do TOC na presença do GAC foram de 28, 2, 28 e 38%, respectivamente, com o aumento da concentração de PS. Enquanto nas reações sem a presença de catalisador não foi verificada uma remoção significativa de TOC, realçando o efeito catalítico do material.



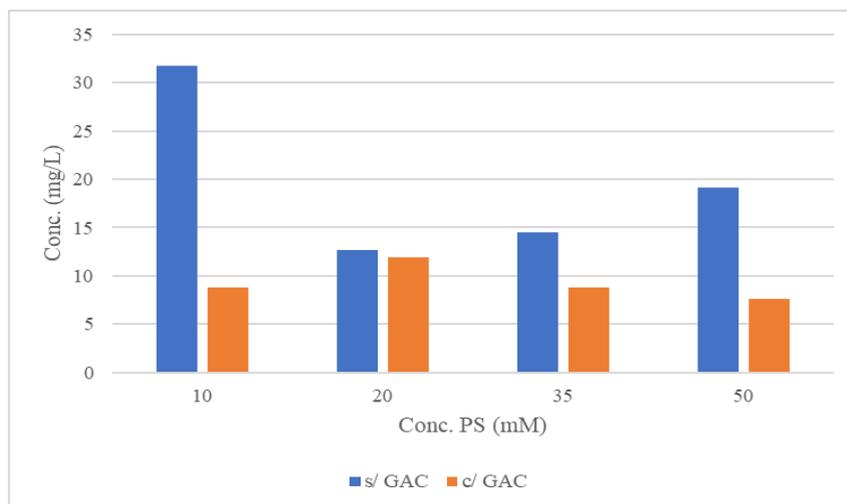


Figura 7. concentração de TOC das reações de remoção de ametrina.

Assim sendo, pontos devem ser considerados, como o fato de em baixas concentrações de PS (10 mM) ou em maiores (50 mM), não há grande diferença na degradação com e sem a presença de GAC. Ainda, nas concentrações intermediárias de PS (20 e 35 mM), a presença do GAC aumenta a velocidade da reação. Por fim, na maior concentração de PS é inviabilizável o uso de catalisador, visto que esse já se mostra capaz de degradar a ametrina por si só.

33

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de se tratarem de estudos preliminares, é possível evidenciar a eficácia do uso de carvão granular ativado para a ativação do persulfato de sódio.

O aumento da velocidade de degradação evidenciado com o acréscimo do catalisador evidencia o efeito catalítico do GAC, corroborando assim o seu potencial para este tipo de reações, a presença do catalisador potencializou a mineralização do poluente através dos radicais gerados na reação, efeito comprovado por meio das concentrações de TOC. Contudo, não se podem evidenciar diferenças significativas para as concentrações mais elevadas de PS, ao passo que o catalisador pode não mais promover a geração de radicais livres ou o persulfato se encontra em excesso, competindo pelos radicais.

Conclui-se, através das análises das taxas de reação de primeira ordem, que com o aumento da concentração de PS, em ambos os casos, ocorre um aumento linear na degradação da ametrina. Entretanto, o estudo se mostrou mais eficaz quando ocorre a presença do GAC nas diversas concentrações de PS, exceto na maior delas.



AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que, através da Bolsa Estágio em Pesquisa no Exterior, processo nº 2022/01991-0, e em conjunto com o LRSE-LCM possibilitaram a realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS

- GAO, Y. et al. Degradation of antibiotic pollutants by persulfate activated with various carbon materials. *Chemical Engineering Journal*, v.429, 2022.
- GRAÇA, C. A. L.; VELOSA, A. C.; TEIXEIRA, A. C. S. C. Amicarbazone degradation by UVA-activated persulfate in the presence of hydrogen peroxide or Fe²⁺. *Catalysis Today*, v.280, p.80-85, 2017.
- HUANG, W. et al. Activation of persulfates by carbonaceous materials: A review. *Chemical Engineering Journal*, v.418, 2021.
- JIANG, C. et al. Degradation of atrazine, simazine and ametryn in an arable soil using thermal-activated persulfate oxidation process: Optimization, kinetics, and degradation pathway. *Journal of Hazardous Materials*, v.400, 2020.
- LIANG, J. et al. Different mechanisms between biochar and activated carbon for the persulfate catalytic degradation of sulfamethoxazole: Roles of radicals in solution or solid phase. *Chemical Engineering Journal*, v.375, 2019.
- PALHARIM, P. H.; GRAÇA, C. A. L.; TEIXEIRA, A. C. S. C. Comparison between UVA- and zero-valent iron-activated persulfate processes for degrading propylparaben. *Environmental Science and Pollution Research*, v.27, 2020.
- PHAM, V. L.; KIM, D.; KO, S. Advanced oxidative degradation of acetaminophen by carbon catalysts: Radical vs non-radical pathways. *Environmental Research*, v.188, 2020.
- SANTOS, C. M. N. et al. Phytoremediation of brazilian tree species in soils contaminated by herbicides. *Environmental Science and Pollution Research*, v.25, n.28, p.27561-27568, 2018.
- ROCHA, C. M.; LASTRE-ACOSTA, A. M.; PARIZI, M. P. S.; TEIXEIRA, A. C. S. C. Environmental photochemical fate of pesticides ametryn and imidacloprid in surface water (Paranapanema River, São Paulo, Brazil). *Environmental Science and Pollution Research*, v.29, 2022.
- TIAN, D. et al. Heterogeneous photocatalyst-driven persulfate activation process under visible light irradiation: From basic catalyst design principles to novel enhancement strategies. *Chemical Engineering Journal*, v.428, 2022.



ZHI, D. et al. Remediation of persistent organic pollutants in aqueous systems by electrochemical activation of persulfates: A review. *Journal of Environmental Management*, v.260, 2020.



APLICAÇÃO DE BIOCHAR MAGNÉTICO PARA A DEGRADAÇÃO DE AZUL DE METILENO POR PROCESSOS DE OXIDAÇÃO AVANÇADA

Hansel David Burgos Melo¹
João Carlos Alves Macedo²
Juliana Souza-Araujo³
Daniele Frascareli⁴
Erik Sartori Gontijo⁵
André Henrique Rosa⁶

¹Aluno do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais - Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, hdburgosm@udenar.edu.co

²Aluno do Curso de Doutorado em Ciências Ambientais - Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, j.macedo@unesp.br

³Pós-doutoranda em Ciências Ambientais - Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, j.araujo.bio@gmail.com

⁴Pós-doutoranda em Ciências Ambientais - Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, dani.frascareli@hotmail.com

⁵Pós-doutorando em Ciências Ambientais - Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, sartori_jg@hotmail.com

⁶Professor no Instituto de Ciência e Tecnologia - UNESP, andre.rosa@unesp.br

36

INTRODUÇÃO

Os corantes orgânicos têm a característica de apresentarem cores fortes e, alguns, podem ser altamente tóxicos. São usados principalmente em uma variedade de produtos industriais, tais como em papel, têxteis, couro, como também na indústria farmacêutica, onde aproximadamente 15% deles vão para o efluente líquido (LI et al., 2012). O pigmento AM é um tipo de pigmento catiônico e é comumente usado na indústria têxtil (KARTHI et al., 2022). A água poluída com corantes apresenta dificuldades para descolorar e sofrer processos de biodegradação, devido por seu alto cromatismo e sua forte propriedade de absorção da luz (FAN et al., 2009). Consequentemente, isto permite a redução da penetração da radiação solar na água, o qual pode provocar uma alteração das atividades fotossintéticas, alterando assim o equilíbrio natural da flora e fauna (MASHKOOR et al., 2018).

Diferentes tecnologias têm sido propostas para o tratamento de xenobióticos em águas poluídas, como a adsorção (SINGH et al., 2019), oxidação avançada (KANAKARAJU; GLASS; OELGEMÖLLER, 2018), degradação fotocatalítica (OCHOA-GUTIÉRREZ et al., 2018), processos



de precipitação (ADYANI & SOLEIMANI, 2019), filtração por membrana e tratamentos biológicos (COLLIVIGNARELLI et al., 2019), entre outros. No entanto, a maioria destes procedimentos tem valores econômicos elevados, são lentos, ineficientes, consomem muita energia e geram subprodutos tóxicos (HAN et al., 2022).

Nas últimas décadas, devido ao rápido desenvolvimento da agroindústria em todo o mundo, uma grande quantidade de resíduos tem sido gerada, tornando-se uma fonte de preocupação ambiental. Em virtude disto, criou-se a oportunidade de reintrodução destes resíduos no ciclo de produção, por exemplo, por meio de sua transformação em biocarvão ou biochar (QUIÑONES; TEJADA; RUIZ, 2014) com a adição de metais (RONG et al., 2019a). No Brasil, o potencial para esse tipo de opção é relevante uma vez que o país representa o líder mundial na produção e na exportação de muitas culturas, como o café (PASETO, 2018). No entanto, ainda há dificuldades na gestão dos resíduos envolvidos, como é o caso da casca do café. A casca de café é responsável por cerca de 44% do peso fresco do fruto e o principal subproduto de seu processamento (MORENO CLAVIJO; ROMERO JIMÉNEZ, 2016).

Por esse motivo, o objetivo deste trabalho foi determinar os diferentes processos que acontecem quando é usado o BC-Fe a base de casca de café como ativador do PS para o tratamento do azul de metileno.

37

METODOLOGIA

Preparação do catalizador magnético

Resíduos do processamento de café (casca) da espécie *Coffea arabica* (Linnaeus, 1753) (Rubiaceae) produzidos na região Santo Antônio de Posse (SP), foram triturados num moinho de facas (Willey Mil - MA048) com rotação fixa de 1730 rpm e posteriormente peneirados (peneira de calibre 35 MESH), uma vez que o tamanho das partículas da biomassa é um parâmetro importante na produção de biochar, afetando diretamente o desempenho da pirólise (DEMIRBAS, 2005).

Para a fabricação do BC-Fe, foi empregada a técnica de Impregnação - Pirólise de uma etapa (FENG et al., 2021) com diferentes concentrações de Fe(II) (1; 5,5 e 10% em m/m), usando $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ como sal portadora de Fe(II). A biomassa pré-tratada foi pesada e colocada em cadinhos de porcelana para seu respectivo processo de pirólise num forno tipo mufla com ausência de oxigênio (RONG et al., 2019a) a temperaturas de 500, 600 e 700°C. As condições de processamento térmico seguiram uma taxa de aquecimento de 5°C min^{-1} (CARRIER et al., 2012).



Depois que a pirólise for concluída, o forno esfriou até a temperatura ambiente, durante um período de 12 horas. Os BC-Fe foram lavados com uma solução 0,1 mol L⁻¹ de HCl, filtrados e deixados secar num forno com presença de oxigênio até eliminar a presença de água. Por último, foram pesados para calcular o rendimento de produção.

Desenho experimental

O Desenho Experimental Fracionado (FFD) oferece opção para ponderar e quantificar a relevância dos fatores examinados e avaliar possíveis interações entre aqueles com um número mínimo de experimentos (SAMADI-MAYBODI; SADEGHI-MALEKI, 2016; STEINLE et al., 2000). Mediante isto, para determinar os fatores que afetam os processos de descoloração do AM, decidiu-se trabalhar com o software estatístico Design – Expert (Versão: 13.0.5.0), o qual proporciona resultados adequados para os sistemas por meio de um desenho experimental especial (MONTGOMERY, 2017), além de implementar um método de análise de variância (ANOVA) para estimar as interações e os efeitos dos fatores na degradação. Para isso, foram analisados 7 fatores com três ensaios no ponto central, como se indica na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores pesquisados para determinar sua influência na degradação de AM.

Variável	Fatores	Unidades	Níveis		
			Baixo	Medio	Alto
A	Massa de BC-Fe	g	0,5	0,75	1
B	Concentração de PS	mM	1	5,5	10
C	pH		2	6	10
D	Temperatura de pirolises	°C	500	600	700
E	Temperatura experimental	°C	25	37,5	50
F	Tempo experimental	min	15	67,5	120
G	Concentração de Fe	%	1	5,5	10

Testes de atividade catalítica

Os experimentos de degradação foram realizados com uma solução de Azul de Metileno de 10 mg L⁻¹. O tratamento de degradação (POA) foi realizado em erlenmeyer de 250 mL, onde se adicionou 200 mL da solução, ajustando o pH e adicionado o catalisador. Em seguida, foi adicionado o persulfato de potássio (PS) para iniciar a reação. Durante o processo de degradação, 3 mL foram tomados da solução de reação em tempos definidos. As amostras coletadas foram filtradas através de filtros de seringa de 0,22 µm e adicionado 15 µL de metanol para parar a reação de oxidação (LIANG et al., 2021). Por último, foi analisado as



concentrações de AM utilizando um espectrofotômetro UV-VIS Femto 700-plus no comprimento de onda de 664 nm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento da produção

Os resultados mostraram um decréscimo no rendimento atribuído pela destruição tanto da celulose como da hemicelulose (LEE et al., 2013; MONTERO et al., 2018; RAFIQ et al., 2016). Pode-se determinar que as diferenças entre as porcentagens de cada BC-Fe em diferentes temperaturas com relação a quantidade de Fe(II) impregnado, variou entre 2.8% (BC-Fe 500) e 2,5% (BC-Fe 700), devido as quantidades de ferro em peso adicionado para cada BC-Fe (RONG et al., 2019b). Com relação às porcentagens obtidas no rendimento, são possíveis comparar como os de (MONTERO et al., 2018) onde conseguiu eficiências máximas de 37% e 36%.

Tabela 2. Rendimento da produção de BC-Fe dependendo da temperatura de pirolises e concentração de Fe(II)

	Temperatura (°C)					
	500		600		700	
Ferro (% m/m)	1	10	5,5	1	10	
Produção (%)	33,6	36,4	35,6	32,3	34,8	

39

Desenho experimental

ANOVA para o modelo fatorial

De acordo com o desenho experimental testado, observou-se que o modelo apresentou uma resposta considerável no ensaio de degradação do AM ($F=18,43$; $p<0,0001$). Os valores de $p>0,10$ indicam que os termos do modelo não foram significativos (KHAMPARIA & JASPAL, 2017), é assim que, todos os outros fatores também tiveram boas respostas, como suas interações, exceto a temperatura experimental. O R^2 predito de 0,70 está em razoável concordância com o R^2 ajustado de 0,77; ou seja, a diferença é inferior a 0,2. O grau de precisão mede a relação sinal-ruído. Uma razão maior que 4 é desejável, sendo para esta pesquisa uma proporção de 18,29 indica um sinal adequado, e por esse motivo, o modelo pode ser usado para navegar no espaço de desenho.



Desenho fatorial fracionado

Em um modelo FFD, os efeitos de pouca relevância são distribuídos com de forma normal e têm a tendência de estar próximo da reta no gráfico de probabilidade normal, enquanto que os efeitos significativos aparecem como dados atípicos (CHANG; TENG; ISMAIL, 2011). A Figura 1a mostra o gráfico de probabilidade normal dos efeitos de fatores e suas interações na descoloração do AM, sendo os principais: F (tempo experimental), C (pH), D (temperatura de pirolises) e A (massa de BC-Fe). Como secundários estão o G (concentração de Fe) e as interações CG (pH x concentração de Fe). Estes resultados foram ainda verificados com o Diagrama de Pareto (Figura 1b), onde o limite de Bonferroni é limite no qual os efeitos que sobrepassam são significativos (muito importantes). Os efeitos que estão entre o limite t e o limite de Bonferroni podem ser moderadamente significativos, e aqueles que estão por baixo do limite de t são insignificantes, podendo ser descartados (HU; WANG; LIU, 2016; LIANG et al., 2015). Desta forma, confirmou-se que o fator E (temperatura experimental) pode ser descartado, uma vez que os BC com metais têm a capacidade de iniciar a decomposição dos persulfatos em radicais sulfatos em temperatura ambiente (HUANG et al., 2021) e só tem maiores diferenciações quando é conseguida temperaturas maiores ou iguais a 50°C, além de precisar tempos de até 150h para conseguir eficiências elevadas (DOMINGUEZ et al., 2020). Desta forma, os efeitos fatoriais, de maior a menor impacto no processo de degradação são: $F > C > D > A$. Poderia ser considerado moderadamente os fatores principais G e B, e suas interações CG, AF, CD, CDG, BF e DF.

40

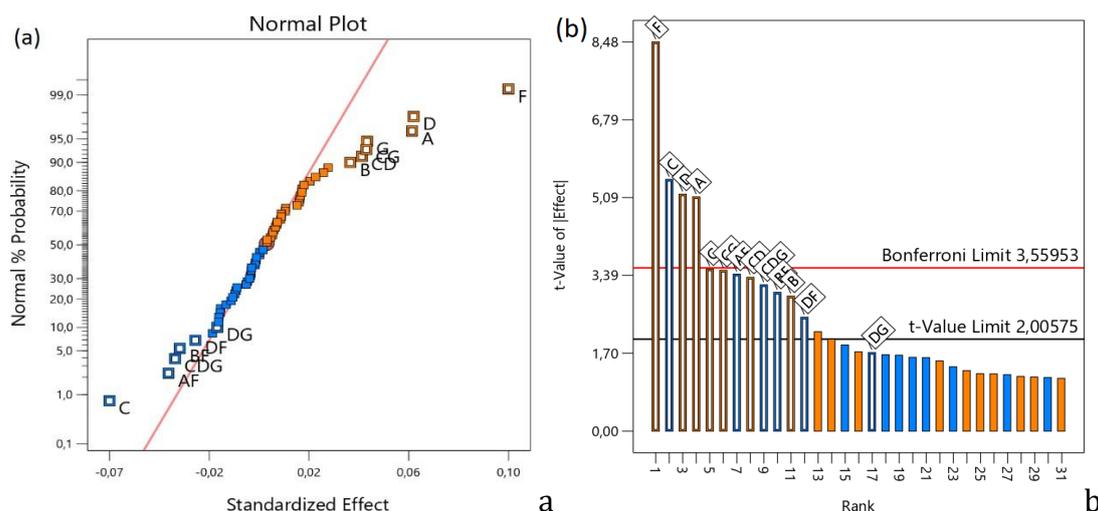


Figura 1. (a) Probabilidade normal e (b) Diagrama de Pareto. (A: massa de BC-Fe, B: Concentração de PS, C: pH, D: temperatura de pirolises, E: temperatura experimental, F: tempo experimental e G: concentração de Fe no BC-Fe).



Os efeitos na variação dos 7 fatores sobre as características do POA foram pesquisados por meio de um FFD 27-1. Foi encontrado que as capacidades de degradação no sistema com níveis baixos (-) e altos (+) de diferentes fatores oscilam entre aproximadamente 80% (Figura 3a) e 99,8% (Figura 3b), respectivamente. Porém, quando todos os parâmetros estão ao mínimo, com exceção do pH (pH=10), consegue-se degradações de 62,1% (-) e 78% (+) (Figura 3c). Esta diminuição deve-se a influência do fator nos POAs, visto que em ambientes ácidos os radicais sulfato estão mais presentes (HUANG et al., 2021), além, em pH elevados pode afetar a especiação dos metais e a estrutura do poluente orgânico (WANG & WANG, 2018). Isto também é observado quando é feita uma comparativa entre os fatores mais importantes, F e C (Figura 3d), porque mesmo que tenham decorrido 120 min e como outros em (-) só é possível conseguir eficiências um pouco superiores ao 80%.

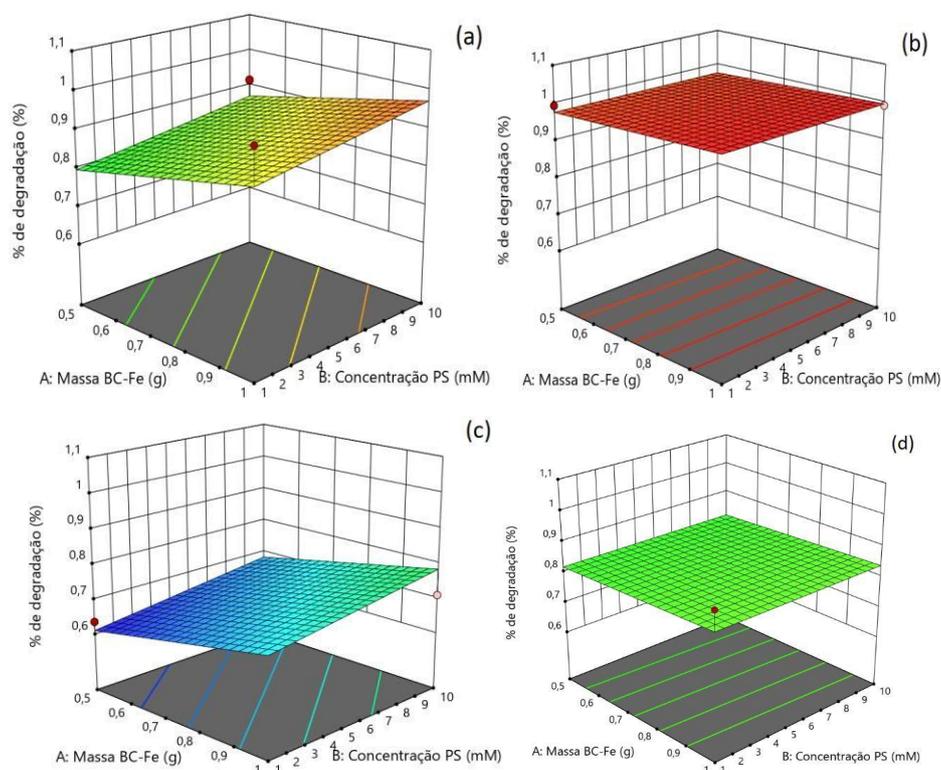


Figura 2. Modelo 3D de superfície. (a) pH=2, temperatura de pirolises=500°C, tempo experimental=15 min e concentração de Fe=1% p/p; (b) pH=10, temperatura de pirolises=700°C, tempo experimental=120 min e concentração de Fe=10% p/p; (c) pH=10, temperatura de pirolises=500°C, tempo experimental=15 min e concentração de Fe=1% p/p; (d) pH=10, temperatura de pirolises=500°C, tempo experimental=120 min e concentração de Fe=1% p/p.

Optimização dos fatores

O Método de Superfície de Resposta (response surface method, RSM) foi usado para determinar as condições ótimas das variáveis independentes (ŞENARAS, 2019), obtendo uma máxima descoloração do AM com um mínimo de tempo experimental. A otimização foi alcançada sob condições definidas usando o método de otimização numérica integrada no software Design-Expert. Desta forma, estabeleceu-se que com tempos experimentais inferiores aos 36 min e com os outros fatores é possível conseguir eficiências de descoloração aproximada de 81,79%. Isto pode ser comparado com outros tipos de BC impregnados com metais preparados para o tratamento de corantes orgânicos, os quais conseguiram tempos perto aos desta pesquisa (ANDREW et al., 2015; PANG et al., 2018; TAO et al., 2018; YANG et al., 2015; ZHAO et al., 2018; ZHU et al., 2017).

CONCLUSÕES

Um catalizador com impregnação de metal foi fabricado aproveitando os resíduos provenientes da cultura do café, por meio de processo simples de impregnação-pirolises, o qual de mostrou eficiências de degradação para o azul de metileno com tempos experimentais baixos. Os resultados preliminares indicam que o bioproduto preparado é promissor para a utilização visando o tratamento de corantes orgânicos em água. Além disso, a utilização da técnica RSM mostrou se adequada para definição das melhores condições para otimizar os processos em um POA-RS, diminuindo assim o número de testes, tempo e reativos empregados.

42

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, através do programa de Demanda Social (DS) por meio do processo número 8887.680119/2022-00; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2022/00985-6) e Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP 01.22.0290.00 (0080/21) por bolsas e suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

ADYANI, S. H.; SOLEIMANI, E. Green synthesis of Ag/Fe₃O₄/RGO nanocomposites by Punica Granatum peel extract: Catalytic activity for reduction of organic pollutants. International Journal of Hydrogen Energy, v.44, n.5, p.2711–2730, 2019.



ANDREW LIN, K. Y.; HSU, F. K.; LEE, W. DER. Magnetic cobalt–graphene nanocomposite derived from self-assembly of MOFs with graphene oxide as an activator for peroxymonosulfate. *Journal of Materials Chemistry A*, v.3, n.18, p.9480–9490, 2015.

BEZERRA, M. A. et al. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. *Talanta*, v.76, n.5, p.965–977, 2008.

CARRIER, M. et al. Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v.96, p.24–32, 2012.

CHANG, S. H.; TENG, T. T.; ISMAIL, N. Screening of factors influencing Cu(II) extraction by soybean oil-based organic solvents using fractional factorial design. *Journal of Environmental Management*, v.92, n.10, p.2580–2585, 2011.

COLLIVIGNARELLI, M. C. et al. Treatments for color removal from wastewater: State of the art. *Journal of Environmental Management*, v.236, p.727–745, 2019.

DEMIRBAS, A. Pyrolysis of ground beech wood in irregular heating rate conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v.73, n.1, p.39–43, 2005.

DOMINGUEZ, C. M. et al. Thermally activated persulfate for the chemical oxidation of chlorinated organic compounds in groundwater. *Journal of Environmental Management*, v.261, p.110240, 2020.

FAN, J. et al. Rapid decolorization of azo dye methyl orange in aqueous solution by nanoscale zerovalent iron particles. *Journal of Hazardous Materials*, v.166, n.2–3, p.904–910, 2009.

FENG, Z. et al. Preparation of magnetic biochar and its application in catalytic degradation of organic pollutants: A review. *Science of the Total Environment*, v.765, p.142673, 2021.

HAN, X. W. et al. Construction of Ag/3D-reduced graphene oxide nanocomposite with advanced catalytic capacity for 4-nitrophenol and methylene blue. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.650, p.128688, 2022.

HSU, J. C. et al. Evaluation of the multiple-ion competition in the adsorption of As(V) onto reclaimed iron-oxide coated sands by fractional factorial design. *Chemosphere*, v.72, n.7, p.1049–1055, 2008.

HU, X.; WANG, H.; LIU, Y. Statistical Analysis of Main and Interaction Effects on Cu(II) and Cr(VI) Decontamination by Nitrogen–Doped Magnetic Graphene Oxide. *Scientific Reports*, v.6, 2016.

HUANG, W. et al. Activation of persulfates by carbonaceous materials: A review. *Chemical Engineering Journal*, v.418, p.129297, 2021.



KANAKARAJU, D.; GLASS, B. D.; OELGEMÖLLER, M. Advanced oxidation process-mediated removal of pharmaceuticals from water: A review. *Journal of Environmental Management*, v.219, p.189–207, 2018.

KARTHI, S. et al. Removal of methylene blue dye using shrimp shell chitin from industrial effluents. *Materials Today: Proceedings*, 3 jun. 2022.

KHAMPARIA, S.; JASPAL, D. Study of decolorisation of binary dye mixture by response surface methodology. *Journal of Environmental Management*, v.201, p.316–326, 2017.

LEE, Y. et al. Characteristics of biochar produced from slow pyrolysis of Geodae-Uksae 1. *Bioresource Technology*, v.130, p.345–350, 2013.

LI, P. et al. An efficient and energy saving approach to photocatalytic degradation of opaque high- chroma methylene blue wastewater by electrocatalytic pre-oxidation. *Dyes and Pigments*, v.92, n.3, p.923–928, 2012.

LIANG, J. et al. Investigating triazine-based modification of hyaluronan using statistical designs. *Carbohydrate Polymers*, v.132, p.472–480, 2015.

LIANG, S. et al. Facile synthesis of magnetic mesoporous silica spheres for efficient removal of methylene blue via catalytic persulfate activation. *Separation and Purification Technology*, v.256, p.117801, 2021.

MASHKOOR, F. et al. Exploring the Reusability of Synthetically Contaminated Wastewater Containing Crystal Violet Dye using *Tectona grandis* Sawdust as a Very Low-Cost Adsorbent. *Scientific Reports*, v.8, n.1, p.1–16, 2018.

MONTERO, J. I. Z. et al. High efficiency removal of As(III) from waters using a new and friendly adsorbent based on sugarcane bagasse and corncob husk Fe-coated biochars. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.162, p.616–624, 2018.

MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. Ninth ed. Arizona: John Wiley & Sons, 2017.

MONTGOMERY, K.; LITTLE, J. M. Ethical thinking and stakeholders. *The Medical Journal of Australia*, v.174, n.8, p.405–406, 2001.

MORENO CLAVIJO, N.; ROMERO JIMÉNEZ, A. A. Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. 2016.

OCHOA-GUTIÉRREZ, K. S. et al. A Novel Prototype Offset Multi Tubular Photoreactor (OMTP) for solar photocatalytic degradation of water contaminants. *Chemical Engineering Journal*, v.341, p.628–638, 2018.



- PANG, Y. et al. Preparation and application of magnetic nitrogen-doped rGO for persulfate activation. *Environmental Science and Pollution Research*, v.25, n.30, p.30575–30584, 2018.
- PANIĆ, S. et al. Optimization of thiamethoxam adsorption parameters using multi-walled carbon nanotubes by means of fractional factorial design. *Chemosphere*, v.141, p.87–93, 2015.
- PASETO, L. A. Estratégias de competitividade em sistemas de produção de café. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2018.
- QUIÑONES, É.; TEJADA, C.; RUIZ, V. Remediación de aguas contaminadas con cromo utilizando diferentes biomateriales residuales. *Revista Ciencias e Ingeniería al Día*. Universidad de Cartagena, 2014.
- RAFIQ, M. K. et al. Influence of pyrolysis temperature on physico-chemical properties of corn stover (*Zea mays L.*). *Biochar and Feasibility for Carbon Capture and Energy Balance*. PLOS ONE, v.11, n.6, e0156894, 2016.
- RONG, X. et al. The magnetic biochar derived from banana peels as a persulfate activator for organic contaminants degradation. *Chemical Engineering Journal*, v.372, p.294–303, 2019a.
- SAFDARI, M. S. et al. Heating rate and temperature effects on pyrolysis products from live wildland fuels. *Fuel*, v.242, p.295–304, 2019.
- SAMADI-MAYBODI, A.; SADEGHI-MALEKI, M. R. In-situ synthesis of high stable CdS quantum dots and their application for photocatalytic degradation of dyes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v.152, p.156–164, 2016.
- ŞENARAS, A. E. Parameter optimization using the surface response technique in automated guided vehicles. In: *Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies*, Academic Press, p.187–197, 2019.
- SINGH, N. K. et al. Biological wastewater treatment for prevention of River Water Pollution and Reuse: Perspectives and challenges. *Water Conservation, Recycling and Reuse: Issues and Challenges*, v.9, p.81–93, 2019.
- STEINLE, P. et al. Effect of environmental factors on the degradation of 2,6-dichlorophenol in soil. *Environmental Science and Technology*, v.34, n.5, p.771–775, 2000.
- TAO, X. et al. Activated carbon-supported cobalt molybdate as a heterogeneous catalyst to activate peroxymonosulfate for removal of organic dyes. *Applied Organometallic Chemistry*, v.32, n.12, e4572, 2018.
- WANG, J.; WANG, S. Activation of persulfate (PS) and peroxymonosulfate (PMS) and application for the degradation of emerging contaminants. *Chemical Engineering Journal*, v.334, p.1502–1517, 2018.



YANG, B. et al. Facile synthesis of Fe_3O_4 /hierarchical- Mn_3O_4 /graphene oxide as a synergistic catalyst for activation of peroxymonosulfate for degradation of organic pollutants. RSC Advances, v.5, n.27, p.20674–20683, 2015.

ZHAO, X. et al. Seaweed-derived multifunctional nitrogen/cobalt-codoped carbonaceous beads for relatively high-efficient peroxymonosulfate activation for organic pollutants degradation. Chemical Engineering Journal, v.353, p.746–759, 2018.

ZHU, Z. et al. Magnetic Fe–Co crystal doped hierarchical porous carbon fibers for removal of organic pollutants. Journal of Materials Chemistry A, v.5, n.34, p.18071–18080, 2017.



AVALIAÇÃO DE REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO (ABR) NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO

Ariane Mística Rodrigues¹
Luciano dos Santos Rodrigues²
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques³
Claudiomir da Silva Santos⁴
Alisson Souza de Oliveira⁵
Fabício Santos Rita⁶

¹*Bióloga. Aluna de Especialização em Saneamento Ambiental, Faculdade FAVENI, arianemisticarodrigues@gmail.com*

²*Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, lsantosrodrigues@gmail.com*

³*Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com*

⁴*Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com*

⁵*Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Monte Carmelo, prof.alisson.oliveira@unincor.edu.br*

⁶*Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com*

47

INTRODUÇÃO

A indústria de beneficiamento da produção animal, que pode ser composta pelos abatedouros, frigoríficos, graxarias e curtumes tem um papel fundamental na economia brasileira. Estas indústrias geram volumes elevados de efluentes altamente concentrados em termos de matéria orgânica, sólidos e gorduras, podendo ter um poder poluente equivalente a 1000 habitantes.

Os efluentes provenientes de abatedouros possuem natureza essencialmente orgânica. Por esta característica os efluentes são na grande maioria dos casos, tratados por processos biológicos como lagoas de estabilização, reatores anaeróbios ou sistemas de lodos ativados, de acordo com seu porte, capacidade de abate ou da existência de unidades de industrialização da carne (FORLANI et al., 2004).



Todos no planeta devem ter acesso à água potável segura e acessível. Esse é o um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030, segundo a agenda de desenvolvimento sustentável da ONU. Mas, um bilhão e 200 milhões de pessoas (35% da população mundial) não têm acesso a água tratada. Um bilhão e 800 milhões de pessoas (43% da população mundial) não contam com serviços adequados de saneamento básico (CETESB, 2020). No entanto, esse número que deverá subir ainda mais até 2050, no qual pelo menos uma em cada quatro pessoas viverá em um país onde a falta de água potável será crônica ou recorrente (FAO, 2021).

O processo de digestão anaeróbica consiste em a atuação de diversos microrganismos que transformam compostos orgânicos mais complexos (proteínas, carboidratos e lipídios) em produtos mais simples como o gás metano e carbônico (SANTOS, 2016). Esse processo fermentativo no qual a matéria orgânica é transformada em biogás e digestato na ausência de oxigênio alcançando níveis entre 60 e 70% de metano e 30 e 40% de dióxido de carbono (SIQUEIRA, 2008). Sendo um sistema que acontece de forma equilibrada envolvendo processos sequenciais onde 3 (três) grupos de bactérias atuam: as bactérias fermentativas (acidogênicas), as bactérias sintróficas (acetogênicas) e as arqueas metanogênicas. Sua ação é dividida em 5 estágios (SANTOS, 2016).

O reator anaeróbio compartimentado (em inglês, anaerobic baffled reactor – ABR) é uma opção de tratamento anaeróbio de águas residuárias com altas concentrações de matéria orgânica e sólidos, como são os efluentes dos abatedouros (OLIVEIRA et al., 2014). Segundo Barber e Stuckey (1999), o ABR é promissor no tratamento de águas residuárias, em função de sua eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão, do baixo custo de implantação e da simplicidade de operação.

Dessa forma, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência em escala real de um sistema de tratamento composto por reator ABR no tratamento de efluentes frigoríficos de bovinos.

METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em um abatedouro localizado no sul do estado de Minas Gerais funcionando em escala real.

O empreendimento possui uma estação de tratamentos de efluentes composta por tratamento primário (TP), que engloba caixa gradeadora, caixa de gordura e decantador,



reator anaeróbio compartimentado (ABR) dividido em cinco câmaras. Este sistema é responsável por tratar todo o efluente proveniente do abatedouro. O efluente é encaminhado para todas as fases de tratamento por gravidade através de tubos e conexões.

Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, DQO, DBO, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas, surfactantes aniônicos, nitrogênio amoniacal e sulfetos. As amostras foram coletadas na entrada e saída do reator ABR.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998).

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório. Em seguida foram resfriadas e mantidas sob refrigeração até o momento da realização das análises de maneira a manter suas características.

O monitoramento do sistema de tratamento permite a comparação do efluente com os padrões da legislação ambiental, permitem calcular a carga poluidora, além de permitir avaliar o sistema de forma global.

49

Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos valores obtidos por meio de média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios dos parâmetros avaliados durante o período experimental do sistema de tratamento do abatedouro estão na Tabela 1.

Os valores médios do afluente e efluente para a temperatura foram de 22 e 23°C, respectivamente. Conforme Chernicharo (2007), a temperatura é um dos fatores físicos que mais afetam o crescimento microbiano, pois pode alterar a velocidade do metabolismo dos microrganismos, o equilíbrio iônico e a solubilidade dos substratos. Os valores de temperatura ficaram dentro da faixa mesofílica, no intervalo de crescimento dos microrganismos.



Os valores médios de pH do esgoto bruto e efluente do reator ABR foram respectivamente de 6,25 e 7,50, mostrando que houve um aumento deste parâmetro. Observa-se ocorrência de neutralização da água residuária durante o tratamento, indicando que o reator UASB foi operado de forma estável durante o período experimental.

O controle de pH tem como objetivo principal a eliminação do risco de inibição das arqueias metanogênicas pelos baixos valores de pH, evitando assim, a falha do processo.

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros físico-químicos do afluente e efluente do reator ABR durante o período experimental

Parâmetro	Afluente ETE	Efluente ETE
Temperatura	22	23
pH	6,25	7,5
DBO	5.225	286
DQO	11.641	1.361
Sólidos suspensos	2.425	87
Sólidos sedimentáveis	107	2
Óleos e Graxas	100	2,5
Surfactantes Aniônicos	0,62	0,66

Os resultados das concentrações de DBO do esgoto bruto e saída do reator ABR, observadas ao longo da fase experimental são mostrados na Tabela 1 e Figura 1. Observa-se que o teor de DBO, inicialmente elevada no afluente, é reduzido consideravelmente no reator ABR.

Os valores de DQO do esgoto bruto (Tabela 1 e Figura 2) foram semelhantes ao reportado por Bernet e Paul (2006) de 11200 mg/L e valores superiores ao de Pacheco (2006) de 4000 mg/L para abatedouro de bovinos. Estas variações é devido às operações operacionais das indústrias, como consumo de água, tipo de animal e procedimentos de limpeza.



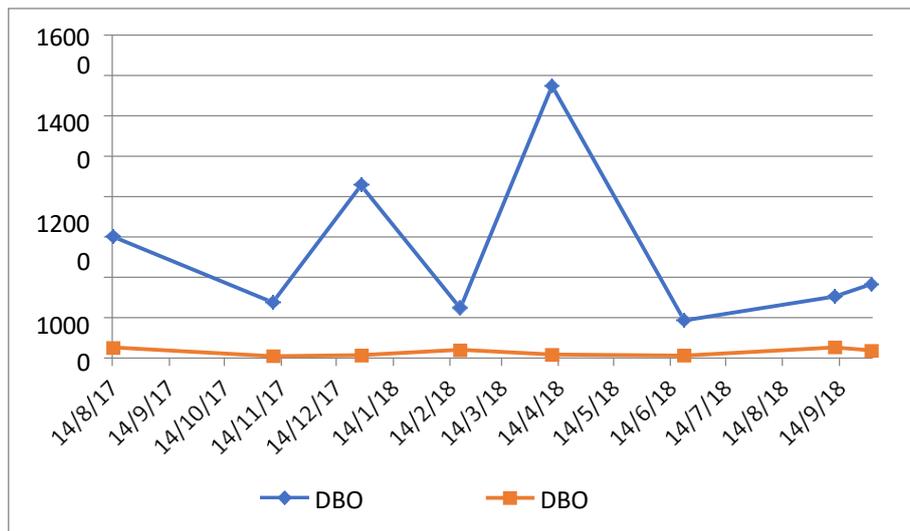


Figura 1. Variações de DBO afluente e efluente ao reator ABR durante o período experimental.

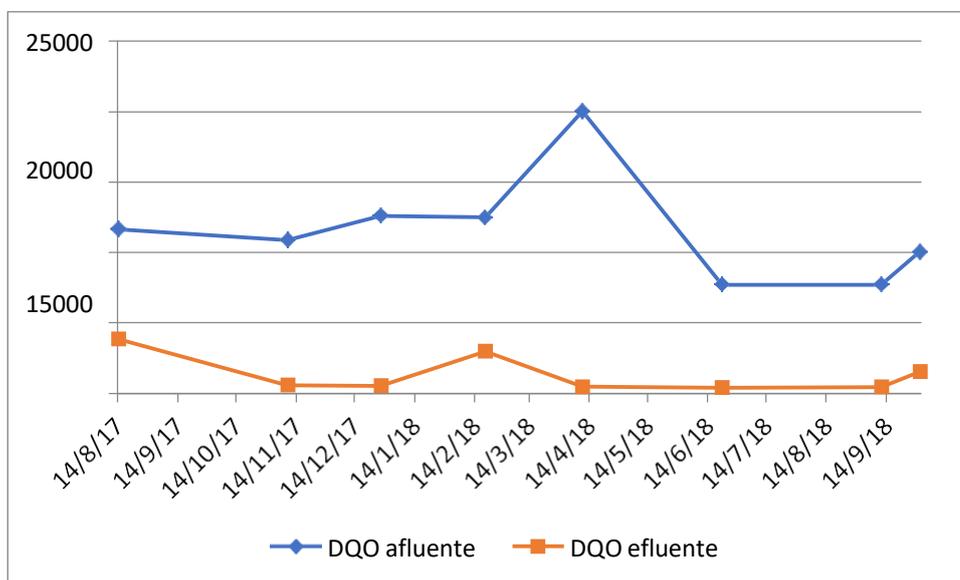


Figura 2. Variações de DQO afluente e efluente ao reator ABR durante o período experimental.

Pode ser observado alto desempenho do sistema na remoção de DBO e DQO, com 92 e 88% de eficiência, respectivamente, para carga orgânica média aplicada no reator ABR de 1,95 kg DQO/m³.d, e tempo de detenção hidráulico de 6 dias, cumprindo o que estabelece a DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) quanto à eficiência de remoção da ETE.

Massé e Masse (2000) estudaram quatro reatores anaeróbios compartimentados recebendo efluentes de frigorífico com DQO variando de 6.908 a 11.500 mg/L, e verificaram redução de 90 a 96% para carga orgânica aplicada nos reatores na faixa de 2,07 a 4,93 kg DQO/m³.d e tempo de detenção hidráulico de dois dias.

Torkian e Hashemian (2003) operaram um reator UASB de 1 m³ com carga orgânica aplicada variando de 13 a 39 kg DQO/m³.d e tempo de detenção hidráulico de 2 a 7 horas, e

observaram remoções de DQO de 75 a 90% para afluentes de 3000 a 4500 mg/L, respectivamente. Leifeld et al. (2009) estudaram o emprego de filtros anaeróbios no tratamento de efluentes de abatedouro com tempos de detenção hidráulico variando de 48 a 120 horas, e obtiveram eficiências de remoção de DQO variando de 48,4 a 87,0%.

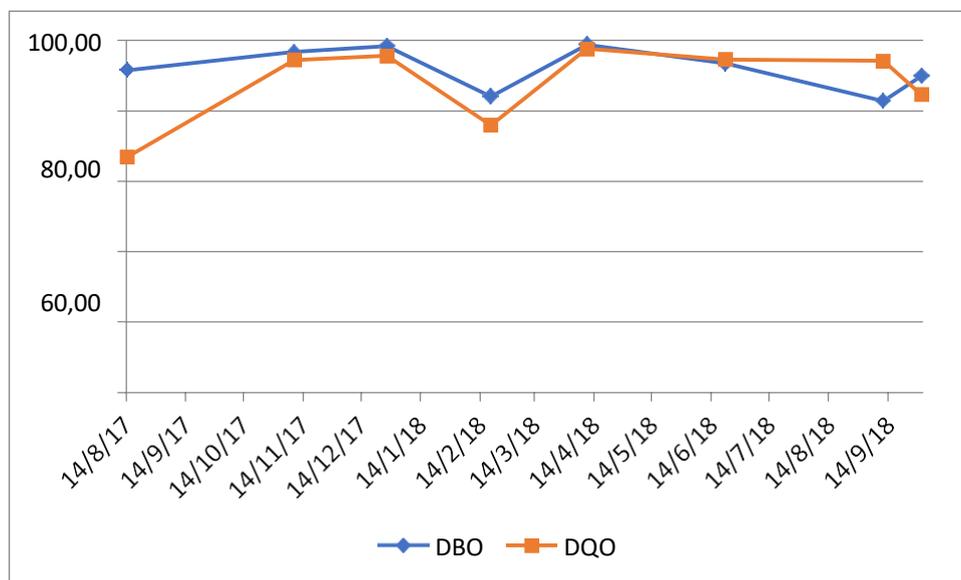


Figura 3. Variações da eficiência de remoção de DBO e DQO ao reator ABR durante o período experimental.

52

Conforme a Tabela 1, os valores dos parâmetros efluente de temperatura, pH, sólidos suspensos, óleos e graxas e surfactantes aniônicos atenderam aos padrões de lançamento em corpos hídricos estabelecidos na DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Apenas o parâmetro sólidos sedimentáveis ficou acima dos padrões de lançamento.

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento avaliado com o emprego do reator ABR apresentou alto desempenho na remoção de sólidos e carga orgânica, sendo uma alternativa viável para o tratamento de águas residuárias de frigoríficos.

REFERÊNCIAS

APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20 ed. Washington, D. C. 1998.

BERNET, N.; PAUL, E. Application of biological treatment systems for food-processing wastewaters. In: CERVANTES, F. J.; PAVLOSTATHIS, S. G.; HAANDEL, A. C. V. (ed.). Advanced



Biological Treatment Processes for Industrial Wastewater. London: IWA Publishing, 2006. p.237-262.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. O problema da escassez de água no mundo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 24 de jan de 2020.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>. Acesso em: 24 de jan de 2018.

MASSÉ, D. I.; MASSE, L. Treatment of slaughterhouse wastewater in anaerobic sequencing batch reactors. Canadian Agricultural Engineering, v.42, p.131-137, 2000.

MINAS GERAIS. Deliberativa normativa conjunta COPAM\CERH-MG No 01. Diário executivo de Minas Gerais de 17 de mar. 2008. Diário oficial de Minas Gerais. Poder Executivo de Belo Horizonte, MG, 13 de maio. 2008.

OLIVEIRA, R. A.; DUDA, R. M.; FERNANDES, G. F. R. Reator anaeróbio compartimentado para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. Departamento de Engenharia Rural. Unesp. Jaboticabal, 2014.

PACHECO, J. W. Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno). São Paulo: CETESB, 2006. 98p. (Série P + L).

SANTOS, C. A. Tratamento de efluente de laticínio em reator anaeróbico compartimentado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de São Paulo. Pirassununga, 2016.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: A Nova Fronteira para Aumentar a Produção Mundial de Alimentos de Forma Sustentável. Instituto de Pesquisa Aplicada, 2017.

TORKIAN, A.; EQBALI, S. J.; HASHEMIAN, S. J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. Resources Conservation and Recycling, v.40, p.1-11, 2003.



TRIAGEM FITOQUÍMICA DE FOLHAS DE ANNONA CORIACEA MART. EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO TRIÂNGULO MINEIRO

*Elisângela Aparecida Silva¹
Laiane Pereira Rocha²
Taís Arthur Corrêa³
Mariana Vitória Silvério Alves⁴*

¹Profa. Dra. Universidade do Estado de Minas Gerais - Frutal, MG, DCAB, elisangela.aparecida@uemg.br

²Discente do Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG, laiane.1094208@discente.uemg.br

³Profa. Dra. Universidade do Estado de Minas Gerais - Frutal, MG, DCEX, tais.correa@uemg.br

⁴Discente do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG, mariana.1093521@discente.uemg.br

54

INTRODUÇÃO

O Cerrado é considerado um complexo de biomas, formado por um mosaico de comunidades pertencentes a um gradiente de formações ecologicamente relacionadas, que vai de campo limpo a cerradão. Do ponto de vista fitofisionômico, devido ao fato do predomínio da fisionomia savânica (em torno de 70 a 80%), o Cerrado é conhecido nacional e internacionalmente como a savana brasileira (COUTINHO, 2006).

No Cerrado existem diversas espécies de frutíferas nativas com potencial para exploração econômica, destacando-se pelo uso alimentar, medicinal, madeireiro, tintorial, corticeira, melífera entre outros. Apesar da multiplicidade de uso das espécies frutíferas do Cerrado, a produção de frutos é uma das atividades mais atrativas, quando se consideram essas espécies.

As anonáceas compreendem um grupo de frutíferas tropicais e subtropicais (Família Annonaceae), com as principais espécies exploradas economicamente pertencentes ao gênero *Annona*, sendo a maioria originária da América Tropical e um híbrido importante, originário da Austrália. As principais espécies importantes à nível de comercialização de frutos para



consumo in natura e indústria de polpa são a atemoia, um híbrido *entre Annona cherimoia Mill. x Annona squamosa L.*; a cherimoia (*Annona cherimoia Mill.*); a graviola (*Annona muricata L.*) e a pinha, ata ou fruta-do-conde (*Annona squamosa L.*). Em relação às anonáceas nativas do Brasil, destaca-se o araticum ou marolo (*Annona crassiflora Mart.*), o araticum-liso (*Annona coriacea Mart.*) e o araticum-de-moita (*Annona dioica*) frutíferas do Cerrado, bastantes procuradas pela indústria para a produção de polpas e sorvetes.

Plantas do gênero *Annona*, além de produzirem frutos atrativos para a fauna e muito apreciados para consumo humano, também apresentam compostos químicos em suas partes vegetais que são indicados para tratamentos de saúde, conforme realizada por populações que vivem no Cerrado (BARBALHO et al., 2012; ESTRELA et al., 2017).

Segundo Fuentes et al. (2022), o gênero *Annona* tem sido amplamente estudado nas duas últimas décadas, considerando desde as suas propriedades biológicas e agronômicas, até suas aplicações nos campos da medicina (várias patologias), as propriedades nutracêuticas (antioxidantes, minerais e fibras), as propriedades metabólicas (considerando seus compostos inseticidas, fungicidas e bactericidas), entre outros.

Estudos sobre a citotoxicidade, atividade anti-hiperglicêmica e anti-inflamatória de diferentes extratos brutos ou compostos isolados de variadas partes de plantas de algumas *Annona sp.* demonstram a possibilidade de maior exploração da pesquisa para aplicabilidade destes compostos em benefício da saúde humana, conforme levantamento realizado por Fuentes et al. (2022).

Considerando que o Cerrado é o complexo de biomas mais desmatado, com taxas 5 vezes maiores do que a da Amazônia (SANO, 2019), são necessárias pesquisas que se aprofundem em características fitoquímicas de espécies potenciais, visando subsidiar estudos para conservação da biodiversidade, bem como verificar a possibilidade de utilização de seus extratos para utilização farmacológica.

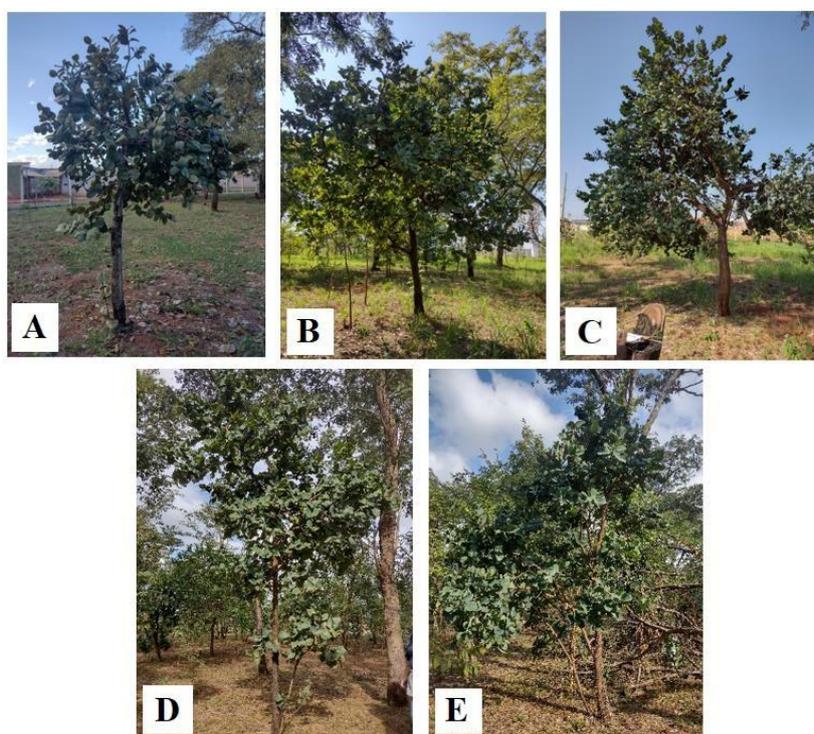
Diante do exposto este estudo visou identificar as classes de metabólitos secundários de interesse farmacológico presentes nos extratos alcoólicos obtidos a partir de folhas de *Annona coriacea Mart.*, de cinco plantas presentes em área de preservação no município de Frutal-MG.



METODOLOGIA

Obtenção de folhas de Annona coriacea Mart.

As matrizes foram selecionadas numa área de conservação, o Ecoparque Municipal das Sucupiras, localizada no município de Frutal-MG, localizado a 20°02'23,3" de latitude sul e 48°56'10,7" de longitude oeste, altitude média de 500m. O bioma de ocorrência, segundo mapeamento realizado pelo IBGE é de domínio fitogeográfico do Cerrado, com transição para Mata Atlântica (IBGE, 2019). O local da pesquisa representa um dos poucos fragmentos de cerrado nativo preservado em zona urbana na região. O número de espécies e de plantas ainda não foi inventariado, sendo nesta pesquisa selecionadas cinco plantas da espécie *Annona coriacea* Mart. E denominadas Planta 1, Planta 62, Planta 67, Planta 82 e Planta 175 (Figura 1).



56

Figura 1. Árvores de *Annona coriacea* Mart. selecionadas para triagem fitoquímica foliar: (A) Planta 1; (B) Planta 62; (C) Planta 67; (D) Planta 158; (E) Planta 175. Fonte: as autoras (2022).

As folhas foram coletadas no mês de julho de 2022, no período matutino. Após o trabalho de campo, nas dependências do Laboratório de Físico-química da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), o material vegetal foi higienizado, seco em estufa com

circulação de ar forçado a 40°C por um período de 48 horas, triturado em moinhos de facas e armazenado em dessecador.

A pesquisa foi cadastrada no Sistema Nacional de Gestão e Acesso ao Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado - SisGen, em atendimento a Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos, sob o número de cadastro A142830.

Obtenção dos extratos etanólicos

No laboratório de Ciências Ambientais da UEMG, as porções trituradas (massa 10g folhas) de *Annona coriacea* foram submetidas à extração à frio por maceração com 100 mL de etanol P.A. por 48h, em frasco protegido da luz com papel laminado, armazenado em geladeira. Em seguida, os extratos foram filtrados em papel qualitativo, secos com sulfato de sódio e submetidos à prospecção química.

Prospecção fitoquímica

A triagem fitoquímica foi realizada por meio de ensaios qualitativos padronizados para detecção dos seguintes compostos: açúcares redutores, saponinas, alcaloides, antraquinonas, taninos, esteroides e triterpenoides (SIMÕES et al., 2017; CORRÊA et al., 2022; MATOS, 2009).

A confirmação da presença dos metabólitos investigados nos extratos etanólicos foi verificada por meio das seguintes observações: açúcares redutores pela formação de precipitado com variação de cor entre amarelo a vermelho tijolo diante do Teste de Benedict; Saponinas pelo índice de espuma persistente; Alcaloides pela formação de precipitado branco através do Reativo de Mayer; Flavonoides pelo desenvolvimento de fluorescência de coloração amarelo esverdeada sob luz UV empregando o Teste de Taubouk; Antraquinonas através da Reação de Bornträger direta com a observação da revelação da coloração rósea-avermelhada; Taninos pela mudança de coloração e/ou formação de precipitado (verde-marrom para taninos condensados e azul-preto para taninos hidrolisáveis) e, por fim, através da Reação de Liebermann-Burchard por meio do surgimento da coloração azul evanescente seguida de verde permanente para esteroides e coloração parda à vermelha para a identificação de triterpenoides.

57

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os metabólitos secundários encontrados nos extratos de folhas de *Annona coriacea* estão dispostos na Tabela 1. Dentre as classes de compostos pesquisados, diante da intensidade da coloração, fluorescência e/ou formação de precipitados, observou-se a



presença e, em alguns casos, variação na concentração das diferentes classes de metabólitos secundários nos extratos de folhas das plantas avaliadas.

Tabela 1. Triagem fitoquímica dos extratos etanólicos de folhas de *Annona coriacea*

Constituintes químicos	Planta 01	Planta 62	Planta 67	Planta 158	Planta 175
Açúcares Redutores*	+	+	+	+	+
Saponinas*	-	+	++	+	+
Taninos	+	+	+	+	+
Antraquinonas	-	-	-	-	-
Alcaloides	+	+	+	+	+
Flavonoides*	+++	++	+	+	+
Esteroides	-	-	-	-	-
Triterpenoides	+	+	+	+	+

A presença de açúcares redutores foi verificada em todas as amostras de folhas, entretanto em pouca quantidade devido à formação de precipitado verde. Alguns carboidratos (monossacarídeos e dissacarídeos) são conhecidos também como açúcares redutores, pois apresentam em sua estrutura um grupo de aldeído ou cetona livres, capazes de oxidarem em solução alcalina. Os açúcares redutores reagem com o sulfato de cobre (CuSO_4), reduzindo-o a óxido de cobre (CuO), um composto insolúvel, de cor avermelhada. O Reagente de Benedict é essencialmente qualitativo, entretanto pode ser usado como quantitativo, na medida em que a coloração obtida pode levar a uma prospecção aproximada do teor de açúcares redutores presentes na amostra, variando a coloração da solução entre verde (baixo), amarelo (média) e vermelho (forte).

Os extratos das amostras 62, 67, 158 e 175 apresentaram resultado positivo para saponinas, evidenciada pela formação de espuma persistente por mais de 30 minutos, entretanto com variação da quantidade de espuma após agitação vigorosa (Figura 2), o que pode configurar uma variação na concentração desse metabólito nas amostras avaliadas. As saponinas representam uma importante classe de glicosídeos triterpênicos ou estereoidais, sendo as saponinas triterpênicas mais abundantes nas angiospermas dicotiledôneas (SPARG; LIGHT; STADEN, 2004), como no caso da Annonaceae, uma representante da família de plantas dicotiledôneas pertencente à ordem Magnoliales (CHATROU et al., 2012). Na indústria farmacêutica é empregada como adjuvante em formulações, devido às suas características anfífilas. De acordo com a literatura, dentre as principais atividades biológicas atribuídas as saponinas, destacam-se a atividade hemolítica, moluscicida, antitumoral, antimicrobiana, antiparasitária e antiviral (WYKOWSKI, 2012).



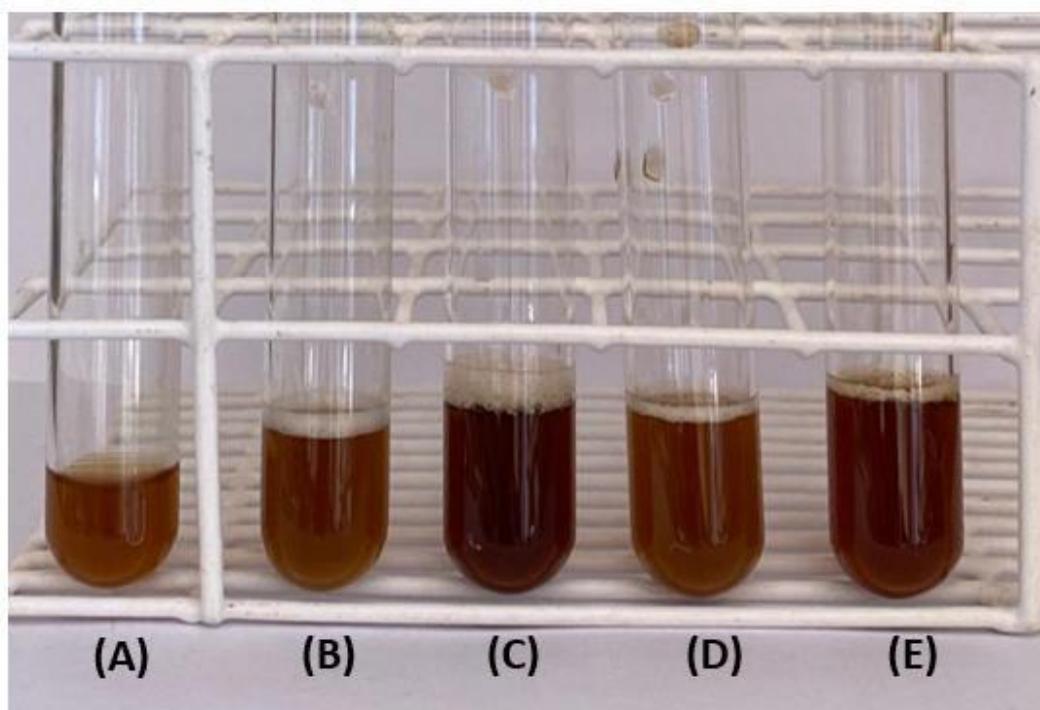


Figura 2. Avaliação da presença de saponinas para os extratos alcoólicos das folhas: (A) Planta 1; (B) Planta 62; (C) Planta 67; (D) Planta 158; (E) Planta 175. Fonte: as autoras (2022).

A presença de taninos foi evidenciada em todas as amostras avaliadas, observando a formação de precipitado de coloração verde, o que indica a possível presença de taninos condensados. Os taninos são compostos fenólicos, de grande interesse econômico e ecológico, encontrados em diversos órgãos das plantas como, por exemplo, nas folhas, cascas e frutos. A essa classe de compostos, pode-se atribuir diversas atividades como, agentes carcinogênicos, antisséptico, antimicrobiano, antifúngico, além de auxiliar no processo de cicatrização e responsáveis pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais (MONTEIRO et al., 2005).

Os extratos apresentaram reação positiva para a presença de alcaloides, observando a formação de precipitado. Essa classe de metabólitos secundários possuem uma grande diversidade estrutural e isso lhe concede uma ampla gama de ações biológicas e farmacológicas, dentre elas: amebicida, emético, anti-hipertensivos, antimalárico, estimulante do sistema nervoso central (SNC), diuréticos, entre vários outros (TEBALDI et al., 2019).

O ensaio para a presença de flavonoides apontou resultado positivo para todas as amostras, observando o desenvolvimento de fluorescência de coloração amarelo esverdeada quando colocado sob luz UV (Figura 3), com variação da intensidade, o que sugere que as amostras avaliadas apresentam diferentes concentrações dessa classe de compostos. Os

flavonoides representam uma das maiores classes de metabólitos secundários presentes nas plantas, sendo que sua composição química depende do grau de incidência de luz, uma vez que sua biossíntese é influenciada por esse fator. Várias funções são conferidas aos flavonoides nas plantas, tais como, proteção contra insetos, fungos, vírus e bactérias, atração de animais para polinização e inibidores de enzimas (NUNES, 2011).

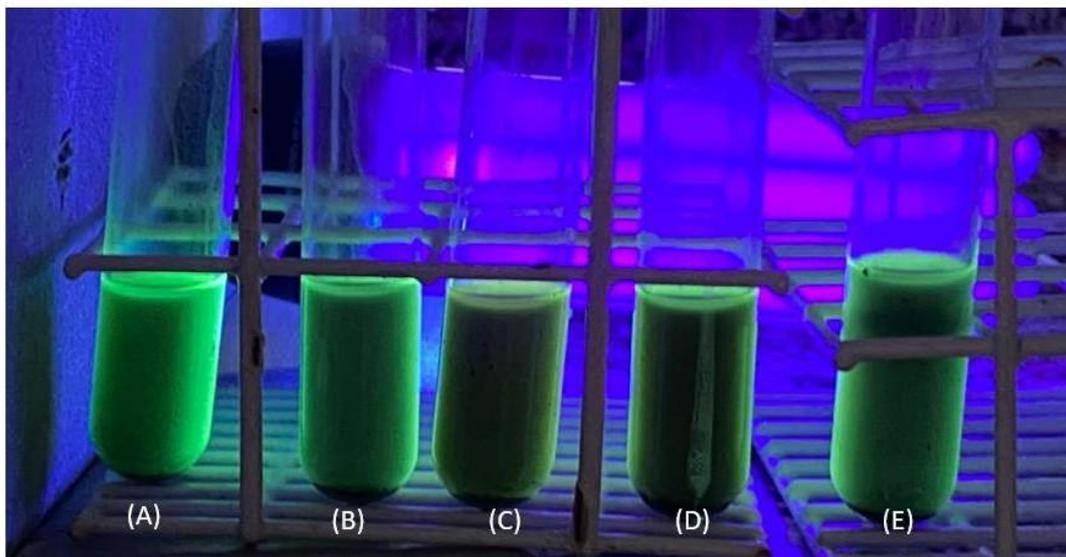


Figura 3. Resultado do Teste de Taubok para os extratos alcoólicos das folhas: (A) Planta 1; (B) Planta 62; (C) Planta 67; (D) Planta 158; (E) Planta 175. Fonte: as autoras (2022).

60

Por meio do teste de Liebermann-Burchard verificou-se a presença de triterpenoides livres, por meio do desenvolvimento de coloração parda (Figura 4) em todas as amostras. De acordo com Silva et al. (2020), os triterpenos representam uma classe de terpenos, caracterizados quimicamente pela presença de unidades de isopreno, estruturalmente diversificados, classificados em tetracíclicos ou pentacíclicos, além de divididos em grupos conforme seus esqueletos estruturais. As propriedades desses metabólitos isolados de plantas, têm demonstrado um grande espectro de atividades biológicas tais como: antinociceptiva, efeito sedativo, antioxidante, antialérgico e antiangiogênica. Estudos químicos sobre *Annona glabra* L. evidenciaram a presença de monoterpênicos e diterpenoides, isolados de diferentes partes da planta apresentando uma gama de propriedades, entre elas, a alelopática (GRAYSON, 2000). A ocorrência de antraquinonas nas folhas de araticum não foi constatada em nenhuma das amostras avaliadas neste trabalho.



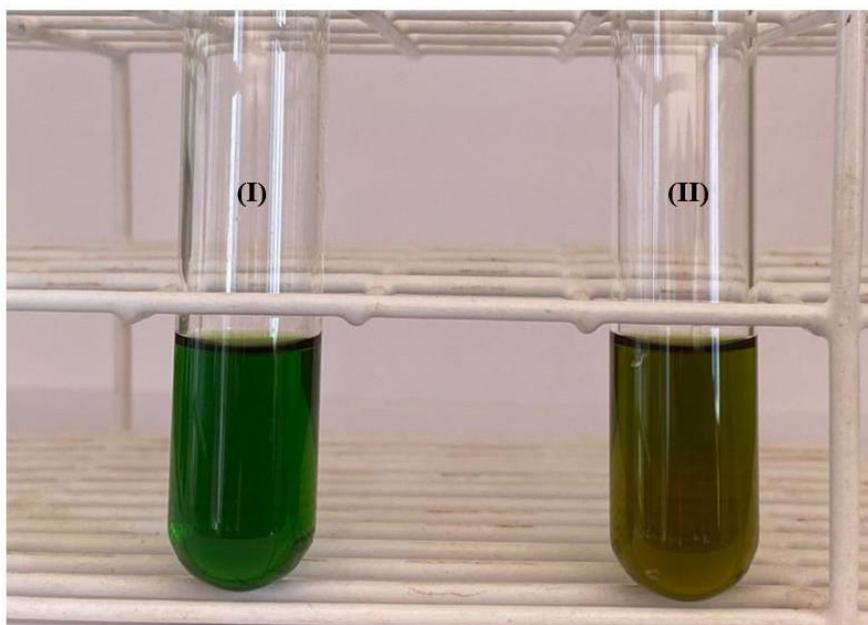


Figura 4. Resultado do Teste de triterpenoides e esteroides para os extratos alcoólicos das folhas: Ilustração do extrato etanólico antes do teste; (II) Ilustração da amostra após a adição do reativo Liebermann-Burchard. Fonte: as autoras (2022).

61

Os resultados encontrados neste trabalho são corroborados por Brito et al. (2008), no qual tal estudo apontou a presença de alcaloides, flavanoides, flavononas, triterpenoides, saponinas e taninos a partir do extrato etanólico das folhas da *Annona squamosa* L.. Alcaloides, esteroides e triterpenoides também foram encontrados nos extratos das folhas de *Annona muricata* L. (CUNHA et al., 2021), o que evidencia o potencial deste gênero fonte de compostos biologicamente ativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A triagem fitoquímica realizada nos extratos etanólicos das 5 (cinco) amostras de folhas de *Annona coriacea* Mart. demonstraram resultado positivo para 6 (seis) classes de compostos, em alguns casos, em possíveis concentrações diferentes como as saponinas e flavonoides, devido as respostas encontradas nos testes desenvolvidos. Devido à presença das várias classes de constituintes químicos encontrados, o extrato alcoólico das folhas do araticum-liso pode apresentar resultados promissores como antioxidante, anti- inflamatória, analgésico, cicatrizante, entre outros. Dessa forma, os resultados encontrados corroboram



com a possibilidade de sua utilização como fonte de compostos de origem vegetal com grande interesse biotecnológico.

AGRADECIMENTOS

Aos Programas Institucionais da Universidade do Estado de Minas Gerais de Apoio à Pesquisa (PAPq/UEMG) e Produtividade (PQ/UEMG).

REFERÊNCIAS

- BARBALHO, S. M.; GOULART, R. A.; FARINAZZI-MACHADO, F. M. V.; SOUZA, M. S. S.; BUENO, P. C. S., GUIGUER, E. L.; ARAÚJO, A. C.; GROppo, M. *Annona sp.*: plants with multiple applications as alternative medicine – a review. *Current Bioactive Compounds*, v.8, p.277-286, 2012.
- CHATROU, L. W.; PIRIE, M. D.; ERKENS, R. H. J.; COUVREUR, T. L. P.; NEUBIG, K. M.; ABBOTT, J. R.; MOLS, J. B.; MAAS, J. W.; SAUNDERS, R. M. K.; CHASE, M. W. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.169, n.1, p.5-40, 2012.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica*, v.20, n.1, p.13- 23, 2006.
- ESTRELA, F. N.; SILVA, K. R.; CRUZ, A. C.; DE SOUZA, P. F.; COSTA, L. O. Antiulcerogenic activity of species *Annona coriacea* Mart. and *Spiranthera odoratissima* A. St. Hil. *Archives of Clinical Gastroenterology*, v.3, n.3, p.80-84, 2017.
- FUENTES, L. M. H.; GONZÁLEZ, E. M.; MAGAÑA, M. L. G.; ESPARZA, L. M. A.; GONZÁLEZ, Y. N.; VILLAGRÁN, Z.; TORRES, S. G.; MONREAL, J. J. V.; FLORES, D. A. M. Current Situation and Perspectives of Fruit Annonaceae in Mexico: Biological and Agronomic Importance and Bioactive Properties Plants, v.11, n.1, 2022.
- GRAYSON, D. H. Monoterpenoids. *Natural Product Reports*, v.17, n.4, p.385-419, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Bioma. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>. Acesso em: 29 de julho de 2022.
- MATOS, J. A. Introdução a fitoquímica experimental. 3.ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009. cap.4.
- MONTEIRO J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, n.28, v.5, p.892-896, 2005.
- NUNES, C. R. *Annona muricata* L.: Análise química e biológica dos frutos de gravioleira. 149f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). 2011.
- PRADO, M. S. Análise da composição fitoquímica do extrato etanólico das folhas da *Annona squamosa* (ata). *Revista Brasileira de Farmácia*, v.89, n.3, p.180-184, 2008.



SANO, E. E. Bioma Cerrado: agricultura no Cerrado brasileiro, histórico e desafios da agricultura ambientalmente sustentável. In: VILELA, E. F.; CALLEGARO, G. M.; FERNANDES, G. W. Biomass e agricultura: oportunidades e desafios. Rio de Janeiro: Vertente edições, 2019. 304p.

SILVA, F. C. O.; FERREIRA, M. K. A.; SILVA, A. W.; MATOS, M. G. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; SILVA, P. T.; BANDEIRA, P. N.; DE MENEZES, J. E. S. A.; SANTOS, H. S. Bioactivities of plant-isolated Triterpenes: A brief review. Revista Virtual de Química, v.12, n.1, p.1-14, 2020.

SPARG, S. G.; LIGHT, M. E.; STADEN, J. van. Biological activities and distribution of plant saponins. Journal of Ethnopharmacology, n.94, n 2-3, p.219-243, 2004.

TEBALDI, V. M. R.; SOUZA, Y. H. S.; ALMEIDA, E. O.; ALVES, J. N. C.; SOUZA, A. M.; NASCIMENTO, K. O. Prospecção fitoquímica de cruá vermelho (*Sicana odorifera Naudin*) e atividade antioxidante do fruto. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.78, e1778, 2019.

WYKOWSKI, R. Saponinas: uma promessa da ciência contra o câncer. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Farmácia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.



IRRIGAÇÃO POR CAPILARIDADE: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA PARA O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Frederico Campos Pereira¹
Valnyr Vasconcelos Lira²
Francisco Fechine Borges³
Diogo Roberto Santos Lira⁴
Adriana Rodrigues da Silva⁵

¹Prof. Dr. IFPB-PF-DG, fredcampos2000@yahoo.com.br

²Prof. M.Sc. IFPB-ES-CTSER, valnyr@ifpb.edu.br

³Prof. Dr. IFPB-JP-UA3, francisco.fechine@ifpb.edu.br

⁴Aluno do Curso Superior de Engenharia de Computação, IFPB-CG, diogo.roberto@academico.ifpb.edu.br

⁵Aluna do Curso Técnico em Gestão Ambiental, IFPB-JP, adriana.rodrigues@ifpb.edu.br

64

INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro (SAB) teve sua área de abrangência atualizada em 2021 pela SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2021), sendo ampliada de 1.182.697 km² (com 1262 municípios) para 1.318.750 km² (com 1427 municípios). Nessa nova formatação, apresentada na Figura 1, além dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, no SAB também foi incluído o estado do Espírito Santo, resultando numa área de abrangência de mais de 12% do território brasileiro.

O município de Esperança, localizado no agreste paraibano, por estar inserido no semiárido brasileiro, apresenta baixos índices de precipitação pluvial, e, além disso, carece de reservatórios mananciais para armazenamento de água e de políticas públicas que favoreçam a sua transposição/distribuição. O problema da escassez hídrica é um fator que prejudica a população local que vive quase exclusivamente da agricultura familiar, sendo assim, um recurso indispensável para o desenvolvimento socioeconômico e alimentar da região.



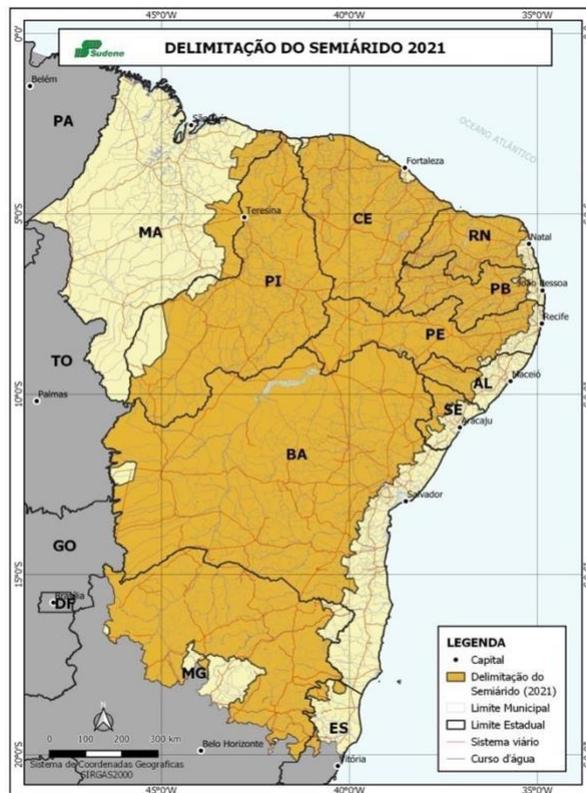


Figura 1. Delimitação do Semiárido brasileiro. Fonte: SUDENE, 2021.

Na Figura 2 é apresentada, graficamente, a precipitação anual acumulada de janeiro a maio de 2018 no Estado da Paraíba. Embora 2018 tenha sido um ano atípico, com precipitações anuais acima da média, depois de 6 anos de seca intensa, o gráfico mostra que a região de menor precipitação anual, historicamente, é a região central da Paraíba, que coincide, em grande parte, com a 3ª Região Geoadministrativa onde está localizado o município de Esperança.

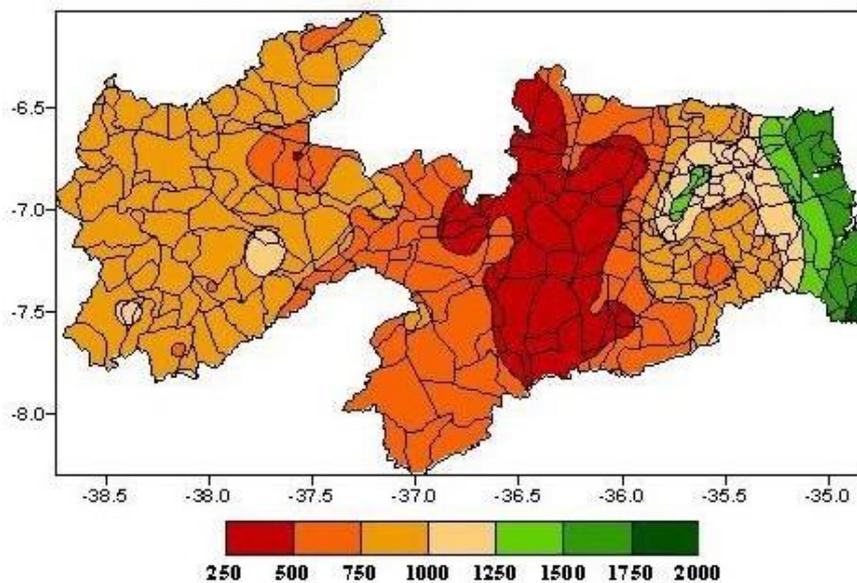


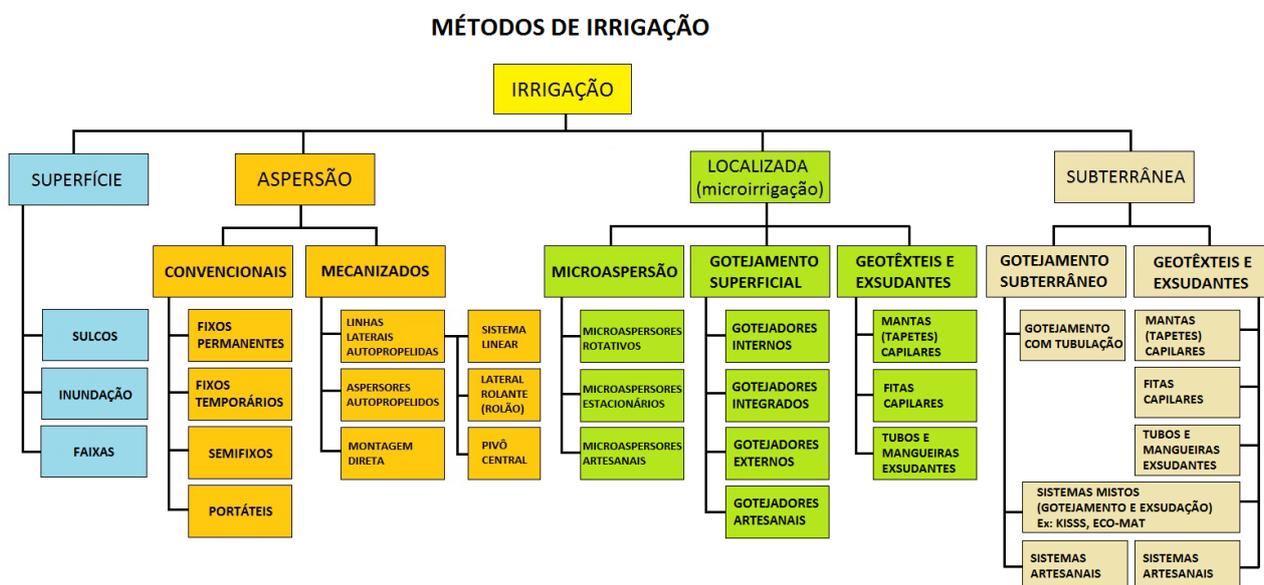
Figura 2. Precipitação anual acumulada na Paraíba (jan/mai 2018). Fonte: AESA/PB (2018).



Assim, os problemas existentes no semiárido são potencializados na região objeto deste projeto, o que justifica sua execução, uma vez que é representativo do bioma e da situação de escassez hídrica do semiárido como um todo.

Fica evidente, portanto, que neste contexto de grave escassez hídrica, técnicas mais eficientes de irrigação localizada, com baixo consumo de água, podem contribuir significativamente para viabilizar a produção de agricultores familiares na região, com consequente aumento da renda e da qualidade de vida desta população. A sustentabilidade deste trabalho caracteriza-se pelo uso eficiente da água com a construção de um sistema capilar com auxílio de resíduos da indústria de vestuário.

A partir dos trabalhos de Braga e Calgaro (2010), Carvalho (2013), Coelho et al. (2012), Frizzone (2015b) e Testetzlaf (2014), foi elaborado o quadro da Figura 3, com um resumo dos métodos de irrigação mais utilizados em todo o mundo.



66

Figura 3. Quadro resumo dos métodos de irrigação. Fonte: Elaborado a partir de Braga e Calgaro (2010), Carvalho (2013), Coelho et al. (2012), Frizzone (2015b) e Testetzlaf (2014).

Dentre os métodos apresentados na Figura 3, a irrigação localizada, especialmente o gotejamento superficial, está apresentando um crescimento significativo no semiárido brasileiro. O centro de pesquisa da Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina (PE), tem realizado diversos estudos para otimização da irrigação nesta região, incluindo estudos com gotejamento e microaspersão (EMBRAPA, 2018).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento um sistema simplificado de irrigação localizada por capilaridade, utilizando resíduos da indústria têxtil, adequado às

características dos municípios do semiárido, para aplicação na produção de mudas, em hortas orgânicas e no cultivo de frutíferas, por agricultores familiares desta.

METODOLOGIA

Para realização deste trabalho foram seguidas as seguintes etapas metodológicas: Revisão bibliográfica: Métodos de irrigação, de forma mais especificada na irrigação por capilaridade; Reutilização de plásticos recicláveis (garrações de água mineral vencidos) e outros resíduos oriundos de indústrias têxteis (fibras naturais e/ou sintéticas) para confecção de tubos capilares e fitas exsudantes; Automação de sistemas de irrigação, utilizando apenas a gravidade e registros simples para controle manual na agricultura familiar.

Implementação: Projeto e montagem dos canteiros; Projeto e montagem dos sistemas de irrigação por capilaridade; Projeto e implementação do uso da força da gravidade e simplificação e barateamento do sistema; Instalação de sensores e instrumentos de automação. Análise da operação do sistema.

A montagem do sistema, assim como sua operação, foi realizada nas dependências do IFPB – Campus Esperança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para poder realizar a comparação e análise de alguns métodos e irrigação por capilaridade foram construídos seis canteiros no IFPB – Campus Esperança. Na Figura 4 é apresentado o croqui utilizado para construção dos canteiros, com seus principais elementos. Cada canteiro tem 20 m² (2 x 10m). Para delimitar a área dos canteiros foram utilizados blocos de tijolos com 8 furos.

No interior dos canteiros foram colocados dois tubos de PVC perfurados, sendo estes cobertos por uma malha de tecido que servirá com meio exsudante para ampliação da umidificação do solo, de sua área de cobertura capilar, e conseqüentemente das raízes das plantas. Três desses canteiros possuem uma manta plástica (20 micras de espessura) impermeabilizante que torna o sistema fechado, enquanto os outros três canteiros são permeáveis (sem manta plástica).



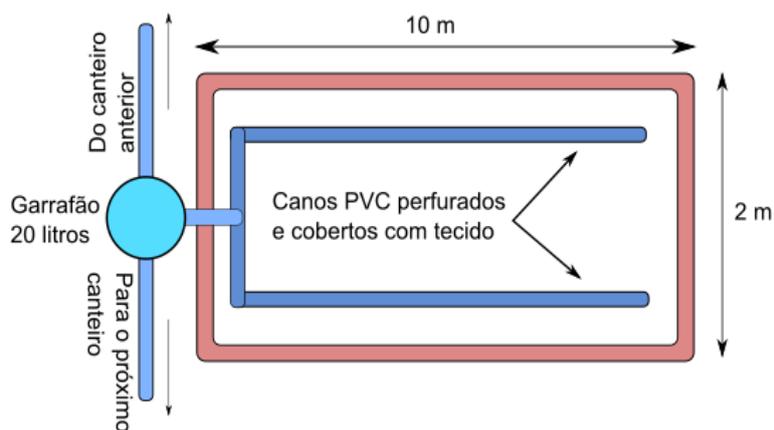


Figura 4. Croqui dos canteiros. Fonte: Autoria própria.

A alimentação de água foi realizada pela interligação de tubos de PVC, oriundos de uma caixa d'água, conectados a um garrafão de 20 litros para cada canteiro, conforme apresentado na Figura 5. Do garrafão segue uma mangueira para alimentar os tubos perfurados dentro do canteiro. Com essa estrutura é possível verificar o consumo de água de cada canteiro pela análise visual do nível de água no garrafão.



Figura 5. Detalhe do garrafão para alimentação dos canteiros. Fonte: Autoria própria.

Após a construção dos canteiros, foi colocado uma mistura de terra e adubo com uma camada de aproximadamente 15 cm. O referido adubo é uma mistura de dois tipos de composto orgânicos, sendo um proveniente da trituração de cocos de lanchonetes e outro elaborado a partir de podas de árvores e enriquecido com esterco bovino a 15%.



Figura 6. Construção dos canteiros. Fonte: Autoria própria.

Para realizarmos uma análise da perda de água para o solo, os canteiros foram separados em dois conjuntos: no primeiro conjunto, a mistura de adubo e terra foi colocada sobre a terra nua, isto é, diretamente sobre o solo; já no segundo conjunto, foi colocada uma manta impermeável, com o intuito de evitar que a água no canteiro escoe pelo solo. Análises preliminares, conforme esperado, indicam um melhor desempenho para os canteiros permeabilizados, uma vez que a água permanece mais tempo, permitindo uma maior captação por parte das raízes. Na Figura 6 é apresentada a disponibilização dos seis canteiros construídos.

69

No momento, o projeto encontra-se na fase de automação dos canteiros. O sistema de automação é baseado na liberação de água para o canteiro, a partir de um limiar mínimo de humidade do solo. Um sensor de humidade (higrômetro) utiliza uma sonda resistiva responsável pela medição da resistência do solo: quanto mais úmido, menor a resistência, quanto mais seco, maior a resistência. O sinal do sensor será lido pelo microcontrolador (NodeMCU), caso a humidade do solo esteja baixa, o relé é acionado para liberar a válvula e deixar a água escoar do garrafão para o canteiro, caso esteja alta, o relé é desligado, impedindo o fluxo de água pela válvula. Na Figura 7 é apresentado o diagrama esquemático do sistema de automação.

No sistema de automação também foi incluído um sensor de temperatura DS18B20, que fará o monitoramento da temperatura ambiente, e um display para mostrar informações gerais do sistema (data, hora, valor da umidade do solo, entre outros). De forma geral, os custos envolvidos na montagem do sistema de automação foram de aproximadamente R\$ 200,00, para cada canteiro.



Com a utilização do sistema de automação, a operação dos canteiros poderá ser realizada tanto em modo manual, com a irrigação sendo realizada por meio da gravidade, como também de forma automatizada, de acordo com a umidade do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi iniciado o projeto e montagem de um sistema com seis canteiros, sendo três canteiros permeáveis e três impermeáveis utilizando irrigação por capilaridade localizada e uso inteligente da água.

O sistema está sendo automatizado com instalação de sensores de umidade e de válvulas que farão a liberação da água necessária para a produção das hortaliças, no modo de operação automatizado, ou por gravidade, no modo de operação manual.

Em todos os canteiros foram utilizados plásticos e resíduos da indústria do vestuário visando o aumento do bulbo capilar de irrigação e captação de água pelas raízes das hortaliças e frutíferas orgânicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFPB – Campus Esperança, pela disponibilização do espaço para montagem dos canteiros, ao CDR/FAPESq pelo apoio financeiro para aquisição dos materiais e equipamentos utilizados na realização deste projeto.

70

REFERÊNCIAS

- BRAGA, M. B.; CALGARO, M. Irrigação - Sistemas de Produção de Melancia. Sistemas de Produção, 6. 2010. Disponível em: <https://goo.gl/pTBYYo>. Acesso em: 15/07/2021.
- CARVALHO, D. F. Sistemas de Irrigação - Parte 1. 2013. Disponível em: <https://goo.gl/8rEAZB>. Acesso em: 15/07/2021.
- COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. DA; PARIZOTTO, I.; SILVA, A. J. P. DA; SANTOS, D. B. DOS. Sistemas de irrigação para agricultura familiar. Circular Técnica. 2012. Disponível em: <https://goo.gl/Gc5nY5>. Acesso em: 15/07/2021.
- EMBRAPA. Irrigação - Manejo de Água e Solo. 2018. Disponível em: <https://goo.gl/ytxHYi>. Acesso em: 15/07/2021.
- FRIZZONE, J. A. Capítulo 1. Os Métodos de Irrigação. 2017. Disponível em: <https://goo.gl/ViYbn1>. Acesso em: 15/07/2021.



SUDENE. Delimitação do semiárido -2021. Relatório Final. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso em: 15/07/2021.

TESTETZLAF, R. Irrigação Localizada - Parte 2: Sistemas. Disponível em: http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. 2014. Acesso em: 15/07/2021.



FATORES QUE INFLUENCIAM A ADOÇÃO DE PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA NA REGIÃO SERRANA DO ESPÍRITO SANTO

*Flavia Secchin de Andrade Severo¹
Aurélio Azevedo Barreto Neto²*

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis do IFES – Campus Vitória, flavia_andrade@hotmail.com

²Prof. Dr. Docente do IFES – Campus Vitória, aurelio@ifes.edu.br

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo. O solo possui importantes funções como o armazenamento, escoamento e infiltração da água na superfície, desta forma, facilitam o desenvolvimento de diversos ecossistemas. Levando em consideração toda a importância que o solo e a água possuem, pode-se concluir que a preservação destes recursos naturais seja de extrema importância para a sociedade (ROCHA, 2017).

A perda de solos agricultáveis, através da erosão, causa a redução da capacidade produtiva do solo e gera, no Brasil e no mundo, elevados custos à sociedade. Reverter esse quadro de degradação, otimizar o uso do solo (com potencial para aumentar a produção agrícola), contribuir para a mitigação de impactos ambientais e promover a sustentabilidade são alguns dos desafios encontrados nos dias de hoje (PRADO; TURETTA; ANDRADE, 2010).

Para solucioná-los, é necessária a implantação de uma série de práticas e medidas conservacionistas, que objetivam manter ou recuperar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, estabelecendo critérios para o uso e manejo. Uma das principais funções



desta conservação é ter maior aproveitamento da água, evitando perdas excessivas por escoamento superficial e erosão e criando condições para que a água pluvial se infiltre no solo (PRUSKI, 2009).

São exemplos destas práticas: rotação de cultura, plantio de nível, terraceamento, paliçada, caixa seca, plantio direto, cobertura morta, barragem de terra, reflorestamento, plantio em contorno, adubação verde, entre outras (BARRETO & SATORI, 2012).

Entretanto, embora tais práticas já sejam bem difundidas no meio científico, observa-se que, no meio rural, onde são aplicadas, ainda há muitos produtores que desconhecem o assunto, outros que não sabem como trabalhar ou manejar o solo corretamente, adotando técnicas ineficientes para o solo trabalhado ou não conseguindo manter as existentes, outros que têm uma capacidade financeira limitada para adoção das técnicas e outros que preferem usar técnicas passadas de geração em geração, não tendo interesse na mudança de adoção. Desta forma, percebe-se que a aplicação e o uso de técnicas de conservação de solo e água devem estar acompanhados da conscientização e assistência aos produtores (NAHAYO; PAN; JOSEPH, 2016).

No Brasil perde-se por ano cerca de um centímetro de camada superficial do solo no país. No estado do Espírito Santo houve um processo acelerado de desmatamento, restando atualmente cerca de 11% de remanescentes florestais. Foi apontado que a degradação nas áreas agrícolas se concentra, em sua maioria, nas atividades de pastagens e de plantação de café, especialmente na região noroeste (BARRETO & SATORI, 2012).

Em virtude disso, objetiva-se com este estudo analisar, com a aplicação de pesquisa qualitativa, quais são os fatores que influenciam na adoção das técnicas de conservação de solo e água, junto aos produtores rurais da região de Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá, no estado do Espírito Santo.

METODOLOGIA

O trabalho teve o auxílio do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) para seleção do grupo amostral da pesquisa. Foram selecionados produtores rurais da região de Santa Leopoldina, pertencentes à comunidade do Alto Crubixá, que estão inseridos no projeto “Nascentes” do Incaper. A maior parte destes produtores trabalham com culturas de banana, inhame e café. Para ampliar o número de produtores participantes, foi buscado, também, o auxílio da Cooperativa Agropecuária Centro



(COOPEAVI) de Santa Maria de Jetibá. Os municípios fazem divisa e possuem características de produção semelhantes, conforme demonstrado na Figura 1.

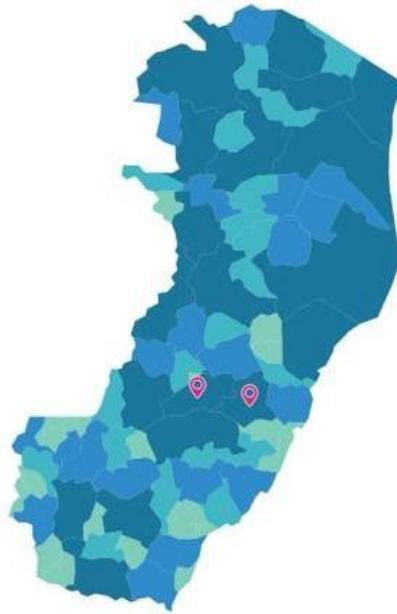


Figura 1. Localização dos municípios da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

Os municípios de Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá são grandes produtores de gengibre do país. Além do gengibre, os municípios também se destacam na produção de café, banana, aipim e inhame, que são comercializados por produtores na CEASA e exportado para outros continentes (IBGE, 2022).

Foi utilizada a abordagem qualitativa a fim de investigar e compreender as percepções do mundo vivencial de forma individual, objetivando-se alcançar algum tipo de interpretação coletiva (GIL, 2008). Para isso, aplica-se a ferramenta da entrevista individual, a qual se acreditou ser o melhor meio de obter uma compreensão da situação vivida.

Para avaliação dos aspectos que influenciam os produtores a adotarem as práticas sustentáveis, foi elaborado um questionário para obter as informações de acordo com os objetivos buscados no trabalho. Esse questionário conteve perguntas qualitativas e participaram da entrevista 12 produtores rurais.

O questionário se dividiu em duas partes: Na primeira, as perguntas foram relacionadas às informações pessoais dos produtores, como: Idade, Gênero, Estado civil, Grau de escolaridade, Membro de cooperativa, Acesso à internet, Proprietário da terra, Tamanho da terra, Cultura cultivada e Tempo de cultivo; a segunda parte referiu-se à adoção das técnicas sustentáveis. Buscou-se inserir no questionário as variáveis que se mostraram ser mais significativas em estudos já publicados sobre o tema.



Antes de sua aplicação, o questionário foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) atendendo a Resolução nº. 510, de 7 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde, que trata dos aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos (BRASIL, 2016), obtendo sua aprovação.

Os dados foram categorizados, agrupados e sistematizados de forma a gerar informações que pudessem ser processadas estatisticamente. Para análise dos dados, foi feito a estatística descritiva. Foi usado o Teste Exato de Fischer para avaliar a significância estatística da associação (contingência) entre dois tipos de classificação (Variável x Adoção de Técnicas Sustentáveis). Devido ao número da amostra ser pequeno, não foi encontrado significância estatística, ou seja, o resultado encontrado é válido apenas para a amostra, mas não para a população.

Após a aplicação do questionário, foi excluída a variável “Tamanho da propriedade”, pois se percebeu que os produtores não se sentiram confortáveis em fornecer essa informação.

Foi elaborada uma tabela contendo as variáveis abordadas no questionário, suas categorias, o número observado daqueles que responderam adotar técnicas sustentáveis e o número observado daqueles que responderam não adotar técnicas sustentáveis. Foi necessário agrupar os resultados em duas categorias para as variáveis “Idade”, “Tempo de cultivo” e “Grau de escolaridade”. A divisão da “Idade” foi baseada na idade que atingimos a maturidade e as divisões do “Tempo de cultivo” e do “Grau de escolaridade” foram baseadas em Fortini (2018), sendo consideradas as configurações a seguir: Variável “Idade”: Maior ou igual a 40 anos e menor que 40 anos. Variável “Tempo de cultivo”: Menor ou igual a 10 anos e maior que 10 anos. Variável “Grau de escolaridade”: Ensino fundamental completo e ensino fundamental incompleto.

75

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a análise dos dados obtidos na aplicação do questionário, relacionando suas variáveis com a adoção ou não das técnicas sustentáveis.



Tabela 1: Síntese dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários

Variáveis	Categorias	Número observado (Adotam Técnicas Sustentáveis)	Número observado (Não adotam Técnicas Sustentáveis)
Idade	Maior ou igual a 40 anos	4 (57,14%)	3 (42,86%)
	Menor que 40 anos	3 (60%)	2 (40%)
Gênero	Masculino	6 (60%)	4 (40%)
	Feminino	1 (50%)	1 (50%)
Estado civil	Casado	7 (63,67%)	4 (36,33%)
	Solteiro	0 (0%)	1 (100%)
Grau de escolaridade	Fundamental completo	4 (66,67%)	2 (33,33%)
	Fundamental incompleto	3 (50%)	3 (50%)
Membro de coop./assoc.	Sim	6 (60%)	4 (40%)
	Não	1 (50%)	1 (50%)
Acesso à internet	Sim	7 (58,33%)	5 (41,66%)
	Não	0 (0%)	0 (0%)
Proprietário da terra	Sim	4 (57,14%)	3 (42,86%)
	Não	3 (60%)	2 (40%)
Tempo de cultivo	Menor ou igual a 10 anos	3 (60%)	2 (40%)
	Maior que 10 anos	4 (57,14%)	3 (42,86%)

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a variável “Gênero”, foi possível observar que 60% dos homens participantes da pesquisa adotam técnicas sustentáveis, mostrando assim uma tendência de adoção no sexo masculino.

Essa tendência também foi observada por Fortini (2018), assim como apontado por Kassie et al. (2009), que justificam essa influência ao fato de os produtores do sexo masculino frequentemente terem maior acesso e controle sobre os recursos naturais, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Para a variável “Idade”, foi possível observar que houve um equilíbrio em suas porcentagens. Dos produtores com 40 anos ou mais, 57,14% adotam práticas sustentáveis, resultado semelhante aos produtores com idade inferior a 40 anos, cujo percentual ficou em 60%. Por isso, não houve uma tendência para esta variável.

Este resultado impreciso também foi encontrado por Fortini (2018), onde foi apresentado efeitos variados na probabilidade de o produtor adotar as práticas conservacionistas. Tal probabilidade de adoção aumentou com a idade para as práticas de terraço e lavoura para a recuperação de pastagem, e diminuiu para as práticas plantio em curvas de nível e rotação de culturas.

Baumgart-Getz, Prokopy e Floress (2012) notaram que a idade foi incluída em muitos modelos como uma barreira à adoção, ou seja, a probabilidade de adoção diminuía com o



aumento da idade, desenvolvendo a ideia de que os produtores mais velhos, por possuírem um horizonte de planejamento menor, quando comparados aos mais jovens, são menos predispostos a adotar tais práticas.

Resultado semelhante ao encontrado por Asfaw e Neka (2017) e Kabuli (2022), onde seus estudos mostraram que os agricultores relativamente mais jovens foram os que mais adotaram as tecnologias sustentáveis.

Mostrando, desta forma, que maioria dos estudos referenciados indicam uma tendência maior em adotar práticas sustentáveis para os produtores mais jovens. Idades menores podem representar produtores mais dispostos a mudanças e com expectativa de vida maior para planejamentos.

Para a variável “Estado civil”, foi possível observar que 63,67% dos produtores participantes que afirmaram ser casados adotam práticas sustentáveis, mostrando, assim, uma tendência maior à adoção.

Esta variável foi pouco abordada nos estudos referenciados. Porém, ela mostra que estar casado é um fato que pode criar uma atmosfera de atenção maior com sua propriedade, possivelmente gerando uma preocupação com o futuro, com a família, com o sustento e, por isso, tendem a ter um pensando a longo prazo.

Para a variável “Grau de escolaridade”, foi possível observar que ter um nível maior de escolaridade aumenta a tendência em adotar práticas sustentáveis. Daqueles que têm ao menos ensino fundamental completo, 66,67% adotam práticas.

Esse resultado foi encontrado em todos os estudos referente à temática em análise, mostrando uma tendência positiva para adoção de práticas sustentáveis. Segundo os estudos de Foster e Rosenzweig (2010) e Villano et al. (2015), os agricultores com maiores níveis educacionais possuem maior capacidade de processar as informações obtidas e buscar por tecnologias apropriadas às suas restrições de produção, quando comparado aos produtores com níveis educacionais menores.

Assim como apontado por Fortini (2018), a educação torna o indivíduo mais aberto a mudanças, dando a ele mais condições de avaliar o risco e de notar a necessidade de adotar práticas conservacionistas. No entanto, tem-se que levar em conta o conhecimento informal relacionado aos ensinamentos passados de geração em geração, que estão muitas vezes culturalmente enraizados nos produtores e, por consequência, podem torná-los resistentes à adoção de práticas conservacionistas.



Deste modo, o resultado demonstra a importância de investimentos em educação no meio rural para se obter melhores resultados na adoção de práticas sustentáveis nos solos, além disso, desempenha um papel essencial na gestão das propriedades rurais, visto que, algumas práticas conservacionistas, são intensivas em mão de obra qualificada.

Para a variável “Membro de cooperativa/associação”, foi possível observar que, 60% dos produtores que adotam práticas sustentáveis, são membros de cooperativa/associação, mostrando uma tendência positiva à adoção.

É importante destacar que todos os participantes da pesquisa, moradores de Santa Leopoldina, participaram do Projeto Nascentes, organizado pelo Incaper, com parceria de outras instituições. Este projeto visou a recuperação de nascentes da região. Analisando esse fator, esperava-se que todos os produtores adotassem práticas sustentáveis, pois, nestes projetos públicos há palestras iniciais mostrando a importância de conservar o meio ambiente. O que corrobora com a ideia de Wildemeersch et al. (2013), onde seus estudos mostraram que, mais da metade dos que fizeram parte de um projeto, não relacionaram as técnicas com a conservação da água, mostrando, dessa forma, que um projeto nem sempre é uma garantia para adoção, pois, quando um projeto termina, os agricultores costumam voltar às suas práticas anteriores porque acreditam que a implementação sem ajuda e incentivos é impossível.

78

Segundo Fortini (2018), estar associado à uma cooperativa, aumenta a probabilidade de adoção. Baumgart-getz, Prokopy e Floress (2012) identificaram que estar conectado a agências ou redes locais de agricultores ou grupos de bacia hidrográfica tem um impacto maior para adoção de práticas sustentáveis.

Kabuli (2022) concluiu que agricultores pertencentes a uma organização local têm maior probabilidade de manter estruturas de conservação em comparação com aqueles que não pertencem a nenhuma organização. Os agricultores em organizações têm uma chance maior de acessar informações e conhecimentos úteis por meio de colegas agricultores sobre os avanços tecnológicos recentes.

Para a variável “Acesso à internet”, foi possível observar que 100% dos produtores participantes do estudo têm acesso à internet.

Esse resultado mostra que não há dificuldades em relação aos meios de comunicação entre os produtores, indicando uma possível sugestão para compartilhar informações sobre o tema discutido no presente trabalho. Liu, Bruins e Heberling (2018) acreditam que as mídias sociais têm um grande potencial para a disseminação oportuna e econômica de informações



sobre conservação, porém, mais estudos são necessários para examinar seu impacto nas decisões de adoção.

Para a variável “Proprietário da terra”, foi possível observar que, houve um equilíbrio em suas porcentagens. Daqueles que são proprietários de suas terras, 57,14% adotam práticas, resultado semelhante daqueles que não são proprietários de suas terras e adotam as práticas sustentáveis (60%). Por isso, não houve uma tendência para esta variável.

Segundo Fortini (2018), o fato de ser proprietário incentiva o investimento em práticas que tragam retornos tanto ambientais como econômicos, dado seu horizonte de planejamento ser maior quando comparado a outras categorias. Além disso, por deter a posse da terra, os proprietários possuem a possibilidade de obter financiamentos para que possam investir em novas tecnologias em seu estabelecimento rural.

Para a variável “Tempo de cultivo”, foi possível observar que houve um equilíbrio em suas porcentagens. Dos produtores com 10 anos ou menos de cultivo, 60% adotam práticas sustentáveis, resultado semelhante aos produtores com mais de 10 anos de cultivo, cujo percentual ficou em 57,14%. Por isso, não houve uma tendência para esta variável.

Baumgart-getz, Prokopy e Floress (2012) mostraram que um dos principais motivos da resistência em adotar as técnicas conservacionistas de manejo do solo é o costume inerente dos agricultores, em usar técnicas passadas de geração para geração, produtores com maior tempo de cultivo, tendem a não querer trocar seu modo de plantio que já adotam por anos e que são passados de pai para filho.

Resultado diferente encontrado por Fortini (2018), onde apontou que os coeficientes estimados para as categorias que representam os anos de experiência do dirigente à frente do estabelecimento rural mostram que produtores com mais de 10 anos de experiência estão associados à maior probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparados aos demais, concluído que, à medida que o nível de experiência no gerenciamento do estabelecimento aumenta, é provável que os agricultores entendam as consequências da degradação ambiental, e adquiram mais conhecimento, permitindo que eles implementem essas práticas, além de avaliarem melhor o investimento.

CONCLUSÕES

Para as variáveis “Gênero”, “Estado civil”, “Grau de escolaridade” e “Membro de cooperativa/associação”, foi possível observar uma tendência positiva para adoção de práticas sustentáveis nas seguintes categorias: Sexo Masculino, Casado, Maior grau de



escolaridade, Membro de cooperativa/associação. Por outro lado, para as variáveis “Proprietário de terra”, “Idade” e “Tempo de cultivo”, não foi possível estabelecer uma tendência na associação com a adoção de práticas sustentáveis. Os resultados da variável “Acesso à internet” indicam que há possibilidade de realizar um trabalho de compartilhamento de informações sobre o tema com os produtores rurais.

Conclui-se que órgãos responsáveis pela assistência ao produtor rural devem fornecer serviços de extensão e treinamento para introdução dessas práticas em suas propriedades. Essas medidas incentivarão os produtores a adotarem medidas conservacionistas do solo e água. Além disso, deve-se levar em conta os fatores que se mostraram determinantes para aumentar a adoção de práticas sustentáveis.

Sugere-se, para os próximos trabalhos, a realização da pesquisa com o tamanho amostral maior que o da presente pesquisa, para obter uma análise estatística mais significativa.

REFERÊNCIAS

- ASFAW, D.; NEKA, M. Factors affecting adoption of soil and water conservation practices: The case of Wereillu Woreda (District), South Wollo Zone, Amhara Region, Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, v.5, p.273-279, 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023. Informação e documentação: Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2018. 68p.
- BARRETO, P.; SARTORI, M. Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO). Levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo. Vitória, ES: Cedagro, 2012. 63p.
- BAUMGART-GETZ, A.; PROKOPY, L. S.; FLORESS, K. Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature. *J. Environ. Manage*, v.96, p.17–25, 2012.
- FORTINI, R. M. Adoção de práticas agrícolas conservacionistas e eficiência produtiva na agricultura brasileira. 120f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2018.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados – Espírito Santo. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/santa-leopoldina/panorama>> Acesso em: 06 jul. 2022.



KABULI, A. M. Soil and Water Conservation Innovations to Address Food Security in Africa: Role of Knowledge Management Systems in Improving Adoption. Disponível em:

<https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/35513/1237380447_AK.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LIU, T.; BRUINS, R. J. F.; HEBERLING, M. T. Factors Influencing Farmers' Adoption of Best Management Practices: A Review and Synthesis. *Sustainability*, v.10, n.2, p.432, 2018.

NAHAYO, A.; PAN, G; JOSEPH, S. Factors influencing the adoption of soil conservation techniques in Northern Rwanda, *J. Plant Nutr. Soil Sci*, v.179, p.367–375, 2016.

PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 486p.

PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. ed. atual. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 279p.

ROCHA, L. H. Erosão, degradação e manejo para conservação do solo no município de Tenente Portela – RS. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

WILDEMEERSCH, J. C. J. et al. Assessing the constraints to adopt water and soil conservation techniques in Tillaberi, Niger. *Land Degradation and Development*, v.26, p.491–501, 2013.



BIOENSAIOS APLICADOS AO MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS DE UM ATERRO SANITÁRIO REGIONAL

Divino Dias¹

Arthur Arnoni Occhiutto²

Thaina Menegheti Nehme³

Maria Eduarda Vilas Boas dos Santos Gonçalves⁴

Fábio Kummrow⁵

Sandro Barbosa⁶

¹Mestranda em Ciências Ambientais - Universidade Federal de Alfenas, MG. victoria.divino@sou.unifal-mg.edu.br

²Graduando em Ciências Biológicas - Universidade Federal de Alfenas. arthur.occhiutto@sou.unifal-mg.edu.br

³Graduada em Biotecnologia - Universidade Federal de Alfenas. thaina.nehme@sou.unifal-mg.edu.br

⁴Graduada em Biotecnologia - Universidade Federal de Alfenas. maria.goncalves@sou.unifal-mg.edu.br

⁵Professor da Universidade Estadual de São Paulo UNIFESP, fkummrow@unifesp.br

⁶Professor da Universidade Federal de Alfenas - ICN, sandro.barbosa@unifal-mg.edu.br

82

INTRODUÇÃO

O padrão de vida dos países em desenvolvimento está melhorando conforme os dias passam e, conseqüentemente, há um aumento de descarte de lixo, não só doméstico, mas também industrial e comercial. Conforme a tecnologia avança, os produtos que não a acompanham acabam se tornando obsoletos e são descartados aumentando cada vez mais o lixo sólido e tecnológico. O destino desses resíduos tem sido discutido, tanto na esfera governamental quanto nas instituições de ensino e pesquisa, partindo da preocupação do dano que estes podem gerar tanto ao meio ambiente quanto na saúde humana (SYDNEY et al. 2020).

A crescente presença de metais pesado nos solos, alimentos e na água é alarmante em todo o mundo (STASINOS et al., 2014), pois a população, em um geral, não está acostumada a separar os diferentes tipos de resíduos existentes, o que acabam por se misturar nos lixões e aterros sanitários. Ainda segundo Stasinós et al. (2014), a cada ano, a qualidade das fontes viáveis para a agricultura, ou seja, solo e água, diminui com a poluição devido a atividades



antrópicas como por exemplo, má gestão de resíduos, mineração e fertilizantes, sendo o principal motivo de poluição.

De acordo com Pirotta et al. (2018), no ambiente aquático, devido a fatores de diluição, em geral, os organismos estão expostos a níveis sub letais dos poluentes, a menos que estejam em local cujas concentrações de contaminantes possam causar efeitos agudos, sendo que esta exposição em níveis sub letais pode causar distúrbios fisiológicos e/ou comportamentais a longo prazo. Daí a necessidade do uso de testes de longa duração, permitindo assim a avaliação dos efeitos adversos mais sutis aos organismos expostos.

Inúmeros testes ecotoxicológicos podem ser utilizados na avaliação das concentrações e do tempo de exposição do organismo ao agente tóxico para que o mesmo possa sofrer efeito adverso (REBOLLEDO et al., 2020). Contudo, os bioensaios vegetais consistem em testes importantes tendo em vista o potencial bioacumulador que muitas plantas têm e seu potencial em transferir substância dentro das cadeias tróficas.

Após o exposto, faz-se necessário um monitoramento constante da área por conta dos altos níveis de metais pesados a fim de prevenir a contaminação dos solos e lençóis freáticos. Dada a importância do tema, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos ecotoxicológicos e fitotoxicológicos que um lixiviado possa causar nas águas superficiais e subterrâneas de aterro sanitário localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, em Alfenas, para organismos-teste padronizados internacionalmente utilizando *Aliivibrio fischeri* e *Allium cepa L.*

83

METODOLOGIA

As amostras foram coletadas no Aterro Sanitário Regional localizado na cidade de Alfenas-MG, em agosto de 2021 em 05 pontos diferentes (montante e jusante do córrego, PMM1, PMJ01 e PMJ02 de águas subterrâneas). Os tratamentos foram constituídos das diluições dessas amostras e foram aplicados nos biotestes com *Allium cepa L.*

Teste de toxicidade crônica

Trinta (30) sementes de *Allium cepa L.* foram colocadas para germinar em placas de Petri contendo duas folhas de papel germinas umedecido com 3 mL de solução das águas superficiais (córrego) e subterrâneas em diferentes concentrações de diluição (25, 50, 75 e 100%), conforme descrito por Bialowiec e Randerson (2010) e Li et al. (2017) com adaptações. Como controle negativo foi utilizada água destilada e como controle positivo, foi



utilizada uma solução de sulfato de zinco 0,07 g/L (MASELLI et al., 2015). Os experimentos foram realizados em câmara tipo BOD, a 25°C e fotoperíodo de 12h, durante 10 dias. Foram avaliados os parâmetros: germinação (% germinabilidade) e crescimento inicial (comprimento de raiz e parte aérea, número de plântulas normais).

Teste de toxicidade aguda

Para o teste conduzido com *Aliivibrio fischeri* foi utilizada a Norma Técnica NBR 15411-3 (ABNT, 2006). As amostras foram enviadas ao laboratório de Ensaios Biológicos da Engenharia Ambiental da UFMG. As bactérias foram expostas às amostras em tempos diferentes (5, 15 e 30 minutos) para cada uma das três repetições. Foi determinada a taxa de inibição metabólica, expressa como inibição da luminescência, de bactérias expostas às diferentes diluições das amostras, por meio do equipamento Microtox, modelo 500 Analyser.

Análise de dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas por meio do teste de Scott-Knott a 5% de significância utilizando o software Sisvar versão 5.4. (FERREIRA, 2014). Os dados morfométricos foram analisados a partir do software Fiji - ImageJ e processados pelo R através do RStudio.

84

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados coletados não foram observados efeitos na germinação das sementes de *Allium cepa L.* nas águas superficiais e subterrâneas coletadas adjacentes ao aterro (Figura 1).

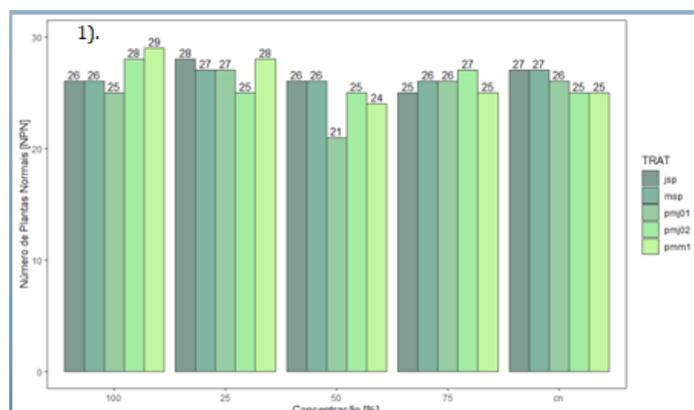


Figura 1. Número de Plantas Normais de *Allium cepa L.* utilizando as amostras de águas superficiais e subterrâneas (jsp, msp, pmj01 e pmm1) para diferentes concentrações (CN, 25, 50, 75 e 100%, respectivamente).



Como observado na Figura 2 as plântulas de *Allium cepa* L. germinadas com as águas superficiais e subterrâneas desenvolveram de maneira similar às germinadas com água destilada (controle negativo).



Figura 2. Comprimento (cm) de parte aérea de *Allium cepa* L. utilizando as amostras de águas superficiais e subterrâneas. (A) Controle negativo, (B) 25%, (C) 50%, (D) 75%, (E) 100%.

Em relação ao desenvolvimento inicial (alongamento de raiz e comprimento de parte aérea) observados ao final do experimento, os tratamentos não apresentaram diferença significativa (Figura 3). De acordo com os testes Tukey realizados, os grupos amostrais aproximam-se muito quando não utilizados escalas menores que 0,1 cm. Outros trabalhos conduzidos no mesmo laboratório de pesquisa (BIOGEN) utilizando *Allium cepa* L. para avaliar efeitos inibitórios de amostras ambientais (OCCHIUTTO et al., 2021) diluídas nas mesmas concentrações demonstraram efeitos em escalas maiores que 01 cm com concentrações baixas da solução, indicando que ao menos pelos parâmetros avaliados, o lixiviado gerado pelo aterro não tem apresentado efeitos ecotoxicológicos e fitotoxicológicos.

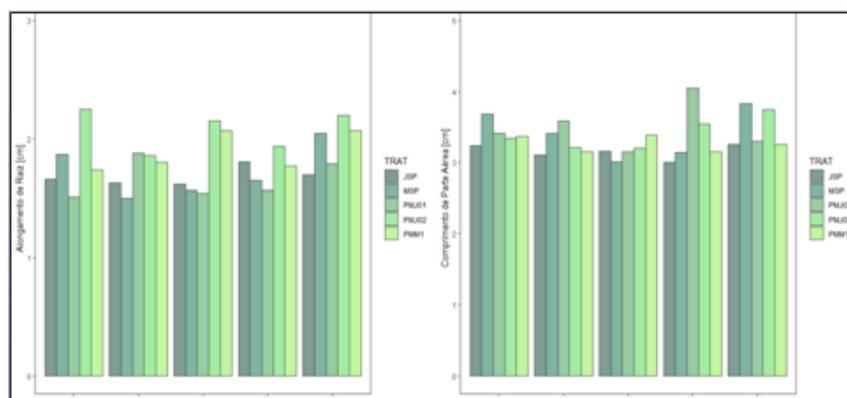


Figura 3. Alongamento de raiz (em cm) (A) e Comprimento de Parte Aérea (B) de *Allium cepa* L. utilizando as amostras de águas superficiais e subterrâneas.

Seguindo a classificação de Persoone et al. (2003), as amostras analisadas foram registradas como não tóxicas, contudo, com exceção a uma das repetições da amostra de PMJ01 (ponto a jusante do curso hídrico) observou-se o efeito de hormese em todas as demais amostras (Tabela 1).

Tabela 1. Toxicidade da exposição por 5, 15 e 30 minutos das amostras de águas superficiais e subterrâneas sob bactéria gram-negativa (*Aliivibrio fischeri*)

Amostra	Tempo de exposição			Classificação (Persoone et al., 2003)	Observação
	(min)	CE50 (%)	UT		
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R1	5	>100	-	Não tóxico	
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R1	15	>100	-	Não tóxico	
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R1	30	>100	-	Não tóxico	
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R2	5	-	-	-	Hormesis
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R2	15	-	-	-	Hormesis
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R2	30	-	-	-	Hormesis
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R3	5	-	-	-	Hormesis
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R3	15	-	-	-	Hormesis
PMJ 01 Jusante aterro 11-08-21 R3	30	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R1	5	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R1	15	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R1	30	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R2	5	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R2	15	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R2	30	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R3	5	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R3	15	-	-	-	Hormesis
PMJ 02 Jusante aterro 11-08-21 R3	30	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R1	5	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R1	15	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R1	30	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R2	5	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R2	15	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R2	30	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R3	5	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R3	15	-	-	-	Hormesis
Água montante superficial (aterro) 11-08 R3	30	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R1	5	-	-	-	Hormesis



Água jusante superficial (aterro) 11-08 R1	15	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R1	30	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R2	5	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R2	15	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R2	30	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R3	5	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R3	15	-	-	-	Hormesis
Água jusante superficial (aterro) 11-08 R3	30	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R1	5	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R1	15	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R1	30	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R2	5	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R2	15	-	-	-	Hormesis
PMM 1 Subterrâneo aterro 11-08 R2	30	-	-	-	Hormesis

De acordo com Yao et al. (2019), hormese é um modelo bifásico dose-resposta com estimulação de baixa dose e inibição de alta dose. O mecanismo da hormese permanece inconclusivo, embora esteja se tornando um conceito central em toxicologia. Sendo um tipo de bactéria marinha gram-negativa, *Aliivibrio fischeri* tem sido amplamente utilizada em testes de toxicidade, pois sua bioluminescência é sensível a produtos químicos exógenos e é fácil observar sua variação (GAO et al., 2021).

No contexto exposto, podem haver substâncias na composição química das águas superficiais e subterrâneas que estimulem tanto a taxa de germinação quanto o comprimento de parte aérea e alongamento de raiz mas que em determinado grau, podem provocar hormese no desenvolvimento de determinados organismos. Isto pode indicar a necessidade de uma avaliação ainda mais abrangente, que possa indicar, em diferentes contextos, os níveis de afecção dessas substâncias a diferentes formas de vida. De acordo com Sampaio et al. (2021), embora a toxicidade de poluentes nas águas estejam bem retratadas na literatura, sua presença é um indicativo do potencial contaminante dos produtos lançados no ambiente, entretanto o dano ou efeito causado depende da concentração destes componentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Águas superficiais e subterrâneas coletadas em pontos adjacentes ao aterro sanitário regional de Alfenas-MG, não alteraram parâmetros de germinação e crescimento inicial de *Allium cepa L.*

No teste de toxicidade aguda, pôde-se observar que as amostras analisadas não foram tóxicas para *Aliivibrio fischeri*, porém provocaram hormese indicando a necessidade de aprofundamento das análises contidas neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao MEC/SESu/FNDE pela bolsa PET do Professor Sandro Barbosa e a CAPES, CNPq, FAPEMIG e a Empresa Alfenas Ambiental Tratamento de Resíduos e Limpeza Urbana Ltda pelo financiamento e bolsas de pesquisa concedidas para conduzir este estudo. Agradecem, também, às Professoras Raquel Sampaio Jacob (PUC Minas) e Lucilaine Valéria de Souza Santos (UFMG) pelo apoio nos bioensaios com *Aliivibrio fischeri*.

REFERÊNCIAS

- BIALOWIEC A.; RANDERSON, P. F. Phytotoxicity of landfill leachate on willow – *Salix amygdalina* L. *Waste Management*, v.30, p.1587–1593, 2010.
- CNMA. Efeito do lixiviado de um aterro sanitário regional sobre bioteste vegetal, 2021.
- GAO, Q. et al. Investigations on the influence of energy source on time-dependent hormesis: A case study of sulfadoxine to *Aliivibrio fischeri* in different cultivation systems. *Science of The Total Environment*, v.775, p.145877, 2021.
- LI, G. et al. A comparison of the toxicity of landfill leachate exposure at the seed soaking and germination stages on *Zea mays* L. *Journal of Environmental Sciences*, v.55, p.206-213, 2017.
- MASELLI, B. de S. et al. Ecotoxicity of raw and treated effluents generated by a veterinary pharmaceutical company: a comparison of the sensitivities of different standardized tests. *Ecotoxicology*, v.24, n.4, p.795-804, 2015.
- OCCHIUTTO, A. A. et al. Efeito do lixiviado de um aterro sanitário regional sobre bioteste vegetal. In: Congresso Nacional do Meio Ambiente, 18, 2021. Anais...Poços de Caldas, 2021.
- PIROTTA, E. et al. Understanding the population consequences of disturbance. *Ecology and Evolution*, v.8, n.19, p.9934-9946, 2018.
- REBOLLEDO, U. A. et al. Effect of salinity and temperature on the acute and chronic toxicity of arsenic to the marine rotifers *Proales similis* and *Brachionus ibericus*. *Marine Pollution Bulletin*, v.157, p.111-341, 2020.
- SAMPAIO, L. et al. Shedding light sobre a toxicidade de mistura de poluentes na biota aquática vegetal: um estudo envolvendo *Allium cepa* L. 2021.



STASINOS, S. et al. The bioaccumulation and physiological effects of heavy metals in carrots, onions, and potatoes and dietary implications for Cr and Ni: a review. *Journal of Food Science*, v.79, n.5, p.765-780, 2014.

SYDNEY, E. B. et al. Current developments and challenges of green technologies for the valorization of liquid, solid, and gaseous wastes from sugarcane ethanol production. *Journal of Hazardous Materials*, p.124059, 2020.

YAO, Z. et al. Hormetic mechanism of sulfonamides on *Aliivibrio fischeri* luminescence based on a bacterial cell-cell communication. *Chemosphere*, v.215, p.793-799, 2019.



OBTENÇÃO DE FOSFATASE ÁCIDA POR FEMENTAÇÃO SUBMERSA UTILIZANDO TRICHODERMA HARZIANUM EM MILHETO

*Jussara Maria Martins de Almeida Afonso¹
Jessica Gatti Silva²
Miriam Maria de Resende³*

*¹Mestre em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Núcleo de Processos Biotecnológicos,
jussarammartins@live.com*

*²Doutoranda em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Núcleo de Processos Biotecnológicos,
jessicagatti16@gmail.com*

*³Prof. Dr., Universidade Federal de Uberlândia – Campus Santa Mônica, Núcleo de Processos Biotecnológicos,
mresende@ufu.br*

90

INTRODUÇÃO

O fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípidos. As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT et al., 2001).

Bactérias e fungos estão envolvidos nos processos de solubilização e mineralização de P no solo, desempenhando papel fundamental no ciclo biogeoquímico desse elemento (PAUL & CLARK, 1997; RICHARDSON, 2001). A assimilação de fósforo por microrganismos depende de enzimas específicas, incluindo fosfatases, que podem hidrolisar moléculas contendo fósforo. Essas enzimas são responsáveis pela mineralização do fosfato orgânico quando os níveis de fosfato inorgânico livres no solo são baixos (AOYAMA et al., 2003).



As fosfatases estão amplamente distribuídas na natureza, podendo ser encontradas tanto em organismo procariotos quanto em eucariotos (GUIMARÃES et al., 2004), sendo responsáveis por hidrolisar ésteres e anidridos de ácido fosfórico liberando fosfato inorgânico (WANG et al., 2007). São descritos na literatura diferentes mecanismos de hidrólise e especificidades ao substrato de acordo com o pH ótimo da enzima (BERNARD et al., 2002; Guimarães et al., 2003).

De acordo com o pH ótimo de reação, as fosfatases são divididas em alcalinas (EC 3.1.3.1) e ácidas (EC 3.1.3.2). As formas ácidas podem hidrolisar o monoéster-O- substituído de ácido fosforotióico, produzindo álcool e ácido tiofosfórico, sugerindo que o átomo de oxigênio é o radical e o fosfato é necessário para essa reação ocorrer (HOLLANDER, 1971), enquanto as alcalinas podem hidrolisar o monoéster-S-substituído de ácido fosforotióico, junto com a ligação S-P, produzindo ortofosfato e o correspondente tio-álcool, e, devido sua capacidade de hidrolisar em pH alcalino, podem atuar sobre ATP, ADP, AMP, p-nitrofenil fosfato, glicose-6-fosfato, glicose-1-fosfato, gliceraldeído-3- fosfato e pirofosfato (SIMÃO et al., 2007).

A produção de enzimas microbianas pode ser obtida utilizando a fermentação submersa (FSbm). A FSbm é a mais comum no âmbito industrial, pois proporciona alta eficiência na produção de enzimas e praticidade, dispensando tratamentos sofisticados de filtração, aeração, controle de temperatura e homogeneização do meio (NOROUZIAN et al., 2006).

Para baratear a produção destas enzimas algumas estratégias podem ser adotadas, como a substituição dos componentes do meio de cultivo por materiais de baixo custo ou até mesmo subprodutos não convencionais. Esses subprodutos não convencionais são materiais ricos em nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídios e sais minerais, dentre outras substâncias de interesse, que podem ser facilmente metabolizados por cepas microbianas (OLIVEIRA et al., 2013).

Além disso, esses subprodutos não convencionais podem possuir baixo custo, apresentam boa disponibilidade, despertando assim, o interesse dos pesquisadores na busca de produtos com um alto valor comercial e baixo custo, como proteínas, enzimas, biofertilizantes, biossurfactantes dentre outros metabólitos microbianos (LAUFENBERG, 2003).



METODOLOGIA

Microorganismos

Os fungos da espécie *Trichoderma harzianum* (Figura 1) foram isolados/coletados no Complexo Minerquímico de Araxá (Vale Fertilizantes), Minas Gerais. O isolado de fungos foi identificado por testes bioquímicos de taxonomia convencional, pela Fundação André Tosello para Pesquisa e Tecnologia (Campinas-SP). Estas culturas fúngicas pertencem ao banco de microrganismos do Núcleo de Processos Biotecnológicos (NUCBIO) da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia e são mantidas em ultrafreezer a -70°C .



Figura 1. Fungos *Trichoderma harzianum* ativados em meio de cultura Czapek. Fonte: própria autora.

Fermentação Submersa (FSbm)

As fermentações submersas foram realizadas em reatores estáticos (frascos cônicos de 500 mL de volume) (Figura 2). Foi inoculado uma solução de 235 mL de água pH 4 com células de *Trichoderma harzianum* na concentração de 3×10^8 conídios/mL com 100 g de milho previamente esterilizados à temperatura de 121°C e 1 atm de pressão por 30 minutos. A FSbm foi realizada por sacrifício, ou seja, para cada ponto amostral foi descartado um reator estático. Efetuou-se o controle para cada ponto amostral. Os reatores estáticos foram adicionados na estufa BOD Thermostat Cabinets TS 606-G/4-i em temperatura de 25°C .





Figura 2. FSbm de milho. Fonte: própria autora.

Recuperação da Enzima

A recuperação da enzima foi realizada utilizando 100 mL de meio extrativo. O meio extrativo utilizado foi o Tween 80 1% em água. Após a adição do meio, o meio fermentado foi agitado com auxílio de um bastão de vidro e filtrado, obtendo-se o extrato enzimático bruto.

Biomassa (Determinação de células)

A biomassa para fungos foi determinada pela filtração do caldo fermentado de um volume conhecido. Os filtros de papel, pesados previamente, apresentavam diâmetro 90mm e retenção de partículas de 4-7 μm . Depois de filtrado, os filtros com a biomassa foram levados para estufa à temperatura de $100 \pm 1,0^\circ\text{C}$ e o sobrenadante foi reservado para análises da atividade da fosfatase ácida. A diferença de massa do filtro antes e depois da filtração foi a massa de células presente no volume do caldo fermentado, sendo que a concentração celular foi expressa em (g/L) (Equação 1).

$$\text{Biomassa seca } \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right) = \left[\frac{m_{\text{antes}} - m_{\text{depois}}}{V_{\text{filtrado}}} \right] \quad (\text{Eq.1})$$

Determinação do pH

O pH foi medido em pHmetro Gehaka de bancada, previamente calibrado.

Produção de conídios

O meio recuperado contendo Tween 80 com células de *Trichoderma harzianum* foi transferido para tubos de ensaio estéreis, devidamente identificados. A partir da suspensão



fúngica, foi realizada a contagem de esporos em microscópio luminoso com câmara de Neubauer seguindo a metodologia de EMBRAPA (2012).

Ensaio Enzimático

A atividade da fosfatase ácida foi medida de acordo com Leitão et al. (2010), utilizando como substrato fosfato de p-nitrofenilo sal disódico hexahidratado (p-NPP) (Sigma Aldrich™). A mistura para o ensaio consistiu em 50 µL do extrato enzimático, 100 µL da solução de (p-NPP) concentração 5 mmol/L e 350 µL de tampão acetato de sódio 50 mmol/L e pH 5,00. Após a adição dos reagentes, incubou à 45°C em banho termostático por 15 min. Por fim, depois deste período, a reação foi interrompida com a adição de 1000 µL de NaOH na concentração de 0,1 mol/L. A quantidade de (p-NP) liberada foi determinada em espectrofotômetro (UV/visível) a 405 nm de comprimento de onda. Uma unidade (1U) de atividade da fosfatase ácida foi definida como 1 µM de p- nitrofenol (p-NP) formado por minuto (AMES, 1966).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos de crescimento celular expressa em (g/L), pH e produção de conídios(conídios/mL) para fermentação submersa, utilizando milho.

94

Tabela 1. Fermentação submersa de milho obtendo-se crescimento celular, pH e produção de conídios

Tempo (dias)	Crescimento Celular (G/L)	Ph	Conídios/ML
3	0,72	5,28	1,5x10 ⁸
5	1,55	4,7	2,3x10 ⁸
7	1,89	4,6	5,6x10 ⁸
9	2,23	4,53	7,0x10 ⁸

A partir dos resultados nota-se relativamente fácil controlar a FSbm, uma vez que a transferência de massa, calor e oxigênio são facilitadas e a homogeneidade geralmente é superior. Este processo é mais confiável e reproduzível, de fácil controle e monitoramento o que torna a condução da fermentação e a observação dos parâmetros chaves mais.

Os experimentos realizados por Ghazanfar, Raza e Raza, 2018, demonstraram um melhor crescimento das espécies de *Trichoderma spp.* testadas em ambiente ácido, quando em



comparação ao ambiente alcalino. Esses resultados validam com o atual estudo, cujo maior estímulo da formação de biomassa foi o pH 4,53.

Ao final de 9 dias, foi possível observar que a na temperatura de 25°C apresentou um valor de 7×10^8 conídios/mL para o milho. Aceves et al. (2008) avaliaram 15 substratos orgânicos para a produção massiva de esporos de *Trichoderma harzianum*. Os substratos inoculados foram incubados por um período de 21 dias a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, obtendo uma faixa de produção heterogênea, onde o melhor resultado foi de $4,43 \times 10^8$ conídios/mL para o sabugo de milho.

A Figura 3 mostra a atividade enzimática de fosfatase ácida ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$) para o substrato milho.

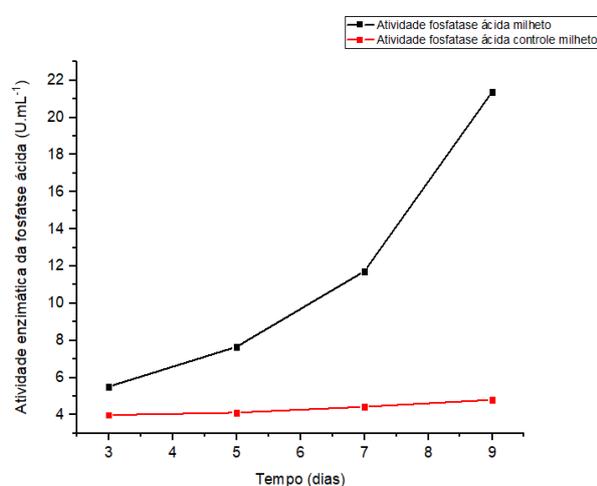


Figura 3. Atividade enzimática da fosfatase ácida para o substrato milho.

Farinas et al. (2014), em seu estudo descreve que a atividade enzimática é fortemente influenciada pelo pH, uma vez que os sítios ativos de enzimas são frequentemente constituídos por grupos iônicos, os quais, a fim de catalisar a reação, devem estar na forma iônica adequada para manter sua conformação, permitindo uma eficiente ligação ao substrato. Nesse estudo, o pH foi ajustado para 4 na extração enzimática.

Os valores finais de atividade enzimática da fosfatase ácida foram descontados dos seus respectivos controles. A atividade enzimática de fosfatase ácida apresentou valor significativo de 21,00 ($\text{U} \cdot \text{mL}^{-1}$) para o substrato milho no tempo 9 dias de fermentação. Kapri et al. (2010), estudaram a produção de fosfatase ácida utilizando 14 espécies de *Trichoderma spp.* incluindo o fungo *Trichoderma harzianum* e verificaram o aumento da atividade enzimática no intervalo de 72 horas de incubação.

Leitão et al. (2010) produziu a enzima por fermentação submersa usando o fungo *Trichoderma harzianum*. Depois do processo de purificação da enzima por cromatografia em



Pheny-Sepharose, conseguiram atividade específica de 12,4 U/mg e rendimento global de 56,3%. Lima (2006), também observou o desenvolvimento do *Trichoderma harzianum* e verificou que o fungo foi capaz de produzir fosfatase ácida, fosfatase alcalina, e outras enzimas, sendo que neste caso as enzimas estavam presentes no sobrenadante de cultura líquida contendo farelo de soja e de milho.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização do substrato milho em fermentação submersa para a produção de fosfatase ácida apresentou grande potencial de aplicação. Houve uma produção de conídios de $7,0 \times 10^8$ (conídios/mL) para o milho, o pH atingiu um valor próximo a 4,5 e uma atividade enzimática de fosfatase ácida constante ao longo do tempo, chegando a um valor final de 21 U.mL⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

96

REFERÊNCIAS

- AMES, B. N. Assay of inorganic phosphate and phosphatases. *Methods in Enzymology*, v.8, p.115–118, 1966.
- AOYAMA, H. et al. Protein tyrosine phosphatases: properties and biological functions. *Quím. Novav.*, v.26, n.6, p.896-900, 2003.
- BERNARD, M.; MOUYNA, I.; DUBREUCQ, G.; DEBEAUPUIS, J. P.; FONTAINE, T.; VORGIAS, C.; FUGLSANG, C.; LATGÉ, J. P. Characterization of a cell-wall acid phosphatase (PhoAp) in *Aspergillus fumigatus*. *Microbiology*, v.148, n.9, p.2819-2829, 2002.
- EMBRAPA. Avaliação da qualidade de produtos à base de *Trichoderma*. IV curso teórico e prático. 18 a 20 de setembro de 2012. Jaguariúna, SP. Disponível em: www.cnpma.embrapa.br.
- FARINAS, C. S.; PIROTA, R. D. P. B.; FONSECA, R. F.; NETO, V. B. Desenvolvimentos em fermentação em estado sólido para produção de enzimas de interesse agroindustrial. EMBRAPA. Capítulo 7. 2014.



FAZENDA, M. L.; SEVIOUR, R.; MCNEIL, B.; HARVEY, L. M. Chapter 2. Submerged Culture Fermentation of Higher Fungi: The Macrofungi. *Advances in Applied Microbiology*, v.63, 2008.

GRANT, et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Revista Informações Agrônomicas*, n.95, setembro, 2011.

GUIMARÃES, L. H. S.; TERENCEZI, H. F.; JORGE, J. A.; LEONE, F. A.; POLIZELI, M. de L. T. de M. Characterization and properties of acid phosphatases with phytase activity produced by *Aspergillus caespitosus*. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, v.40, n.2, p.201-207, 2004.

GUIMARÃES, L. H. S.; JORGE, J. A.; TERENCEZI, H. F.; JAMUR, M. C.; OLIVER, C.; POLIZELI, M. de L. T. de M. Effect of carbon source on alkaline phosphatase production and excretion in *Aspergillus caespitosus*. *Journal of Basic Microbiology*, v.43, n.3, p.210-217, 2003.

HOLLANDER, V. P. 19 acid phosphatases. *The Enzymes*, v.4, p.449-498, 1971.

KAPRI, A.; TEWARI, L. Phosphate Solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 2010.

LAUFENBERG, G. Transformation of vegetable waste into added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, v.87, p.167-198, 2003.

LEITÃO, V. O.; LIMA, R. C. M.; VAINSTEIN, M. H.; ULHOA, C. J. Purification and characterization of an acid phosphatase from *Trichoderma harzianum*, *Biotechnology Letters*, v.32, n.8, p.1083-1088, 2010.

LIMA, M. C. R. Caracterização Bioquímica de uma fosfatase ácida produzida por *Trichoderma harzianum*. 54f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2006.

NOROUZIAN, D.; AKBARZADEH, A.; SCHARER, J. M.; YOUNG, M. M. Fungal glucoamylases. *Biotechnology Advance*, v.24, n.1, p.80-85, 2006.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego: Academic Press, 1996. 340p.

OLIVEIRA, A. C.; VARGAS, J. C.; RODRIGUES, M. L.; MARIANO, A. B. Utilização de resíduos da agroindústria para a produção de enzimas lipolíticas por fermentação submersa. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.15, n.1, p.19-26, 2013.

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soli microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.28, p.897-906, 2001.

SIMÃO, A. M. S.; BELOTI, M. M.; CEZARINO, R. M.; ROSA, A. L.; PIZAURO, J. M.; CIANCAGLINI, P. Membrane-bound alkaline phosphatase from ectopic mineralization and rat bone marrow cell



culture. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v.146, n.4, p.679-687, 2007.

WANG, Y. P.; HOULTON, B. Z.; FIELD, C. B. A model of biogeochemical cycles of carbon, nitrogen, and phosphorus including symbiotic nitrogen fixation and phosphatase production. *Global Biogeochemical Cycles*, v.21, n.1, p.1-15, 2007.



FUNGOS FILAMENTOS E O CONTROLE BIOLÓGICO DE PLANTAS

Rosa Betânia Rodrigues de Castro¹
Osania Emerenciano Ferreira²
Everlon Cid Rigobelo³
Diego Cunha Zied⁴

¹Aluna do Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP Jaboticabal, rosa.betania@unesp.br

²Prof. Dra. Universidade do Estado de Minas Gerais- UEMG Unidade Frutal/MG, Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais, osania.ferreira@uemg.br

³Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP Jaboticabal, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, everlon.cid@unesp.br

⁴Prof. Dr. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-UNESP Jaboticabal, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, diego.zied@unesp.br

99

INTRODUÇÃO

O uso de pesticidas é amplamente difundido na agricultura mundial devido a ocorrência de várias pragas, como fungos, insetos e ervas daninhas, que inviabilizam o desenvolvimento e a colheita de inúmeros produtos (LYKOGIANNI et al., 2021).

A tecnologia investiu em defensivos agrícolas que, com o tempo, constituíram enormes riscos ao meio ambiente e à saúde humana. O uso indiscriminado pode levar à contaminação da água e do solo e causar efeitos drásticos em espécies não-alvo, afetando a biodiversidade, as redes alimentares e os ecossistemas aquáticos e terrestres (OLIVEIRA; DE ASSIS; LEAL, 2014).

Para contornar esse prejuízo, várias pesquisas estão sendo realizadas para a descoberta de alternativas mais eficazes, econômicas e de baixo impacto ambiental no manejo de pragas e doenças de plantas. Assim, a utilização de agentes de controle biológico na agricultura vem ganhando espaço. Porém, essa prática ainda é pouco usada quando comparada aos agroquímicos. As razões estão principalmente no fato do produto biológico



possuir um tempo de resposta mais lento, além de exigir condições climáticas favoráveis (JOHNSTON-FENNELL et al., 2021).

Neste viés, a referida revisão tem por objetivo fomentar a possibilidade do uso de fungos filamentosos, como estratégia no controle biológico de pragas que acometem as mais variadas culturas. Esta alternativa pode representar um aumento significativo na eficiência dos agentes de biocontrole, diminuindo assim a distância que os separa dos agroquímicos, conseqüentemente, contribuindo para que a produção agrícola seja cada vez mais saudável e sustentável.

METODOLOGIA

O desenho metodológico desta pesquisa contou com uma revisão de literatura acerca da utilização dos fungos entomopatogênicos no controle biológico de pragas.

Como critério de inclusão foram utilizadas as seguintes bases de dados: ScienceDirect, Scielo e Periódicos da CAPES. Foram selecionados os trabalhos realizados nos últimos 5 anos (2017-2022). Os critérios de exclusão foram os artigos publicados antes de 2017.

Esta revisão sistemática de literatura partiu, inicialmente, de 212 artigos publicados nas bases de dados supracitadas. Destes, 64 foram selecionados pela leitura dos títulos. Em seguida, fez-se a leitura dos resumos, restando 33 artigos, e por fim, realizou-se a leitura completa dos mesmos, em que foram selecionados 21 artigos que atendiam aos critérios de inclusão no cumprimento do objetivo proposto pelo referido trabalho, que serão apresentados e discutidos na próxima seção.

100

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle biológico: técnica a serviço da sustentabilidade

O controle biológico pode ser compreendido como a utilização de organismos vivos para suprimir a população de pragas, patógenos e ervas daninhas, que possam atuar adversamente na produção agrícola (LAUNIO et al., 2020). Segundo Ita, Fátima, Lezama, Simón, Cortés e Romero-Arenas (2021), o controle biológico pode ser realizado através de parasitoides, predadores e entomopatógenos. Consiste em um considerável método para proteção de plantas contra o ataque de artrópodes-pragas, sendo um processo eficiente, permanente, econômico e sem danos ambientais (JOHNSTON-FENNELL et al., 2021).

No entanto, as práticas de controle biológico não foram tão utilizadas de forma intensificada quanto poderiam ser. Esse fato pode ser explicado por demandar planejamento



e gerenciamento intensivos. Pode exigir mais tempo, mais controle, mais paciência e treinamento. Regularmente, os resultados do uso de aplicações de controle biológico não são tão rápidos como aqueles do uso de pesticidas. A maioria dos inimigos naturais ataca somente tipos específicos de hospedeiros, ao contrário dos pesticidas de amplo espectro (BARON; RIGOBELLO; ZIED, 2019).

O controle biológico de pragas vem assumindo papel cada vez mais importante na agricultura, devido à necessidade de redução na utilização de produtos químicos, visando à melhoria da qualidade dos alimentos e redução dos custos de produção, além da preservação do ambiente (RAYMAEKERS et al., 2020).

A divulgação e difusão da modernização do controle biológico são de extrema importância para que os produtores rurais tenham consciência e acesso às novas tecnologias. Vale ressaltar que, em algumas situações a nova tecnologia pode ser a única opção para o controle de pragas e doenças emergentes.

Principais fungos utilizados no controle biológico de plantas

O grupo dos entomopatógenos é constituído por várias espécies de fungos, bactérias, vírus e nematoides tidos patogênicos, isto é, agentes biológicos capazes de ocasionar doenças a um alvo biológico (OCAMPO-GUTIÉRREZ et al., 2021). Os fungos são o grupo de microrganismos mais estudados e utilizados na prática de biocontrole. As razões estão principalmente pelo fato de que ação dos fungos tem uma eficiência maior que a dos predadores e parasitoides. Isso porque os fungos agem por contato, em diferentes estágios de desenvolvimento das pragas alvo. Os fungos também não necessitam que haja um processo de ingestão ou digestão da praga alvo. Ademais, os insetos que não são atingidos pelos fungos podem auxiliar como vetores dos esporos, contaminando os que são vulneráveis (POVEDA & BAPTISTA, 2021).

Com relação aos principais fungos utilizados no controle biológico, observa-se que dentre os fungos basais, há representantes do filo Blastocladiomycota, como *Coelomomyces*, e do subfilo Entomophthoromycotina, como espécies dos gêneros *Conidiobolus*, *Entomophthora*, *Erynia* e *Entomophaga*. Dentre os fungos superiores, várias espécies do filo Ascomycota evidenciaram elevado potencial e são comercializados e utilizados no campo, como *Purpureocillium*, *Metarhizium*, *Beauveria*, *Cordyceps*, *Fusarium* e *Trichoderma* (BARON; RIGOBELLO; ZIED, 2019).



Mas, para que o controle biológico feito com fungos seja eficaz é imprescindível que se recorra a linhagens apropriadas. Para que se obtenha resultados satisfatórios, é necessário a realização de bioensaios, analisando a mortalidade entre eles, e assim selecionando os melhores isolados para utilização nos experimentos (FONTES, 2020).

Biocontrole de fitonematoides por fungos

Conforme estudos de Haque, Khan e Ahamad (2018), os fitonematoides são parasitas obrigatórios de plantas e são responsáveis por grandes perdas na agricultura em todo o mundo, podendo até mesmo inviabilizar o cultivo em determinadas áreas. Podem causar danos diversos às plantas parasitadas, como baixo vigor, fissuras nas raízes, murchamento, diminuição na produtividade. Nas raízes pode ocorrer a formação de galhas, que consiste em uma massa de ovos do verme no local (Figura 1).



Figura 1. Galhas de nematoides em soja (*Glycine max*). Fonte: Embrapa Cerrado (2016).

Os fungos, conhecidos como nematófagos podem ser divididos em três grupos principais: endoparasitas, predadores e parasitas de ovos (SOARES; SUFIATE; QUEIROZ, 2018).

Os fungos do grupo endoparasitas têm a capacidade de infectarem por meio de conídios, que podem ficar aderidos à cutícula dos nematoides ou serem ingeridos por eles. Esses fungos após penetrarem no corpo do hospedeiro desenvolvem hifas vegetativas encarregadas pela absorção do seu conteúdo interno. São exemplos desse grupo de fungos, *Catenaria*, *Haptoglossa*, *Hirsutella*, *Nematoctonus*, dentre outros. Possuem baixo potencial de



uso como agentes de biocontrole, pois são pouco competitivos, não têm um bom desenvolvimento no solo e dependem muito da umidade deste, além do mais são sensíveis às variáveis ambientais (HAMZA et al., 2017).

O grupo dos fungos predadores apresenta estruturas em suas hifas comumente denominadas de armadilhas, com função é capturar e destruir os nematoides. Essas armadilhas possuem características típicas, de acordo com a espécie de fungo (SOARES; SUFIATE; QUEIROZ, 2018).

Os fungos predadores também podem produzir compostos antimicrobianos e nematicidas, como por exemplo, ácido linoleico (*A. oligospora*, *Arthrobotrys conoides*) ou pleurotina (*Nematococcus robustus*, *Nematococcus concurrens*) (FONTES, 2020).

Um grupo de fungos nematófagos que apresenta elevado potencial no controle biológico de nematoides é o dos fungos oportunistas ou parasitas de ovos, com ênfase para as espécies *Purpureocillium lilacinum* e *Pochonia chlamydosporia*. Geralmente, esses fungos são saprófitas, portanto, não necessitam de ovos de nematoides no solo para a sua sobrevivência, desenvolvendo satisfatoriamente em matéria orgânica. Devido a essa propriedade, se instalam com maior facilidade no solo, quando comparados com os fungos predadores. Parasitam rapidamente ovos e fêmeas de nematoides, eliminando de uma só vez grande quantidade de indivíduos, particularmente no caso dos nematoides de galhas (*Meloidogyne spp.*) e dos cistos (*Heterodera spp.*, *Globodera spp.*) (MESSA et al., 2020). Porém, de acordo com as pesquisas, há necessidade de mais estudos sobre a ação dos fungos nematófagos no manejo de nematoides.

103

Controle de fitopatógenos por fungos

As plantas são frequentemente atacadas por patógenos. Dentre as principais doenças causadas pelos fitopatógenos, encontram-se as causadas por fungos dos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* e *Sclerotium*. Para contornar esse processo, em muitas situações, observa-se a interação direta entre fungos e plantas (NIEKAWA et al., 2021).

De acordo com Arasu et al. (2022) os mecanismos das interações antagônicas entre microrganismos presentes nos agentes de controle biológico são: antibiose, competição, parasitismo e hipovirulência.

As espécies de fungos do gênero *Trichoderma* são as mais estudadas para o controle de fitopatógenos. O sucesso das linhagens desse gênero como agentes de biocontrole, pode ser explicado pela sua elevada capacidade reprodutiva, rápido crescimento, são de vida livre



comuns no solo, versatilidade de sobreviver a condições adversas, habilidade em viabilizar o crescimento vegetal e ativar seus dispositivos de defesa (MOTLAGH & ABOLGHASEMI, 2022).

Os mecanismos de ação do referido gênero envolvem a lise celular produzida por enzimas, como quitinase, proteases e glucanases, indução de resistência e produção de antibióticos. A literatura disponível demonstra que o gênero de fungos supracitado possui amplas possibilidades para aplicação, tanto no biocontrole de patógenos foliares, quanto no de patógenos radiculares (ARASU et al., 2022).

Fungos e o controle biológico de artrópodes

Conforme explica Fontes (2020), os fungos entomopatogênicos são espécies capazes de acarretar doenças ou a morte de insetos. Pode-se considerar que tais fungos também infectam outros artrópodes, como da classe Arachnida (ácaros, carrapatos e aranhas).

Os fungos requerem condições ambientais com alta umidade relativa, temperaturas amenas e proteção contra a radiação solar, para que germinem e, sequencialmente, ocasionem doenças nos hospedeiros suscetíveis.

O sucesso dos fungos entomopatogênicos no controle de artrópodes pode ser explicado devido ao seu modo peculiar de ação, que se dá por contato. O processo de infecção se inicia (Figura 2) quando conídios aderidos à superfície externa do corpo do hospedeiro desenvolvem formando o tubo germinativo, que por pressão e produção de enzimas degradam a cutícula e penetram no interior do inseto, promovendo a colonização interna. Com a conseqüente morte do hospedeiro, geralmente do lado de fora do cadáver, há o desenvolvimento das hifas, em que inicia o mecanismo de esporulação (Figura 3). Dessa forma, os conídios produzidos podem ser disseminados por fatores ambientais (chuva e vento) ou mesmo por outros artrópodes e iniciar novos ciclos de infecção.



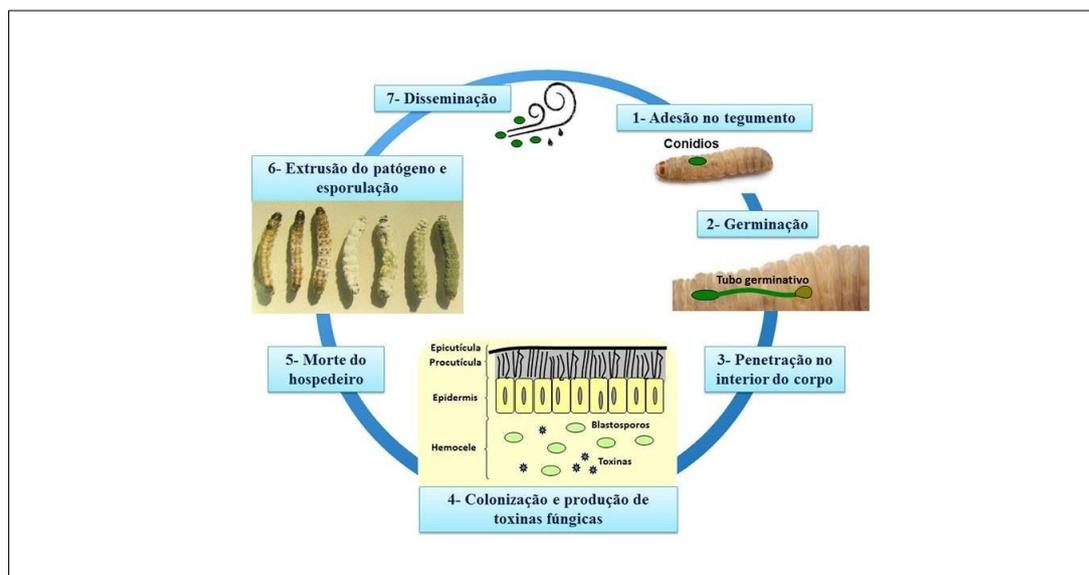


Figura 2. Processo clássico de infecção dos fungos entomopatogênicos na Classe Insecta.

Fonte: D' Alessandro (2020).



Figura 3. Mecanismo de esporulação externamente ao cadáver do inseto.

Fonte: D' Alessandro (2020).

Nos últimos tempos, foi descrita a interação endofítica de fungos entomopatogênicos com plantas, em que os fungos são vistos colonizando raízes e outras partes das plantas, sem sintomas ou danos físicos evidentes. Linhagens de *Beauveria bassiana* são especificadas como endofíticas em diversas culturas, como banana (*Musa*), feijão (*Phaseolus*), cacau (*Theobroma cacao*), algodão (*Gossypium*), tomate (*Solanum lycopersicum*), mandioca (*Manihot esculenta*), sorgo (*Sorghum*), arroz (*Oryza sativa*), cebola (*Allium cepa*), milho (*Zea mays*) e café (*Coffea*) (FONTES, 2020).



Características ecológicas e interações com o ambiente têm sido pesquisadas com *Metarhizium anisopliae*, *M. acridum*, *B. bassiana* e *Isaria*, com o intuito de compreender melhor as taxas de sobrevivência (MUKAWA; TOOYAMA; IKEGAMI, 2017).

CONCLUSÕES

Os fungos filamentosos representam uma importante arma para o manejo ecológico de pragas, uma vez que possibilitam a sustentabilidade ambiental em detrimento aos pesticidas químicos. Entretanto, há necessidade de crescimento do setor de produção e comercialização para que o agricultor possa dispor dos mesmos com facilidade de uso e custos-benefícios palpáveis. Há indispensável urgência de amplo conhecimento através dos usuários e repassadores de tecnologias para uma rápida expansão do uso dos fungos e também de treinamentos de agricultores, para reconhecimento e preservação da ocorrência dos mesmos nos ambientes naturais e cultivados.

REFERÊNCIAS

- ARASU, M. V.; AL-DHABI, N. A.; CHOI, K. C.; BENSY, A. D. V.; RAJASELVAM, J. Bioactive potential of *Albizia lebbek* extract against phytopathogens and protective properties on tomato plant against speck disease in greenhouse. *Physiological And Molecular Plant Pathology*, v.117, p.101750, 2022.
- BARON, N. C.; RIGOBELLO, E. C.; ZIED, D. C. Filamentous fungi in biological control: current status and future perspectives. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v.79, n.2, p.307-315, jun. 2019.
- FONTES, E. M. G. Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília: Editoras Técnicas Embrapa, 2020. 514p.
- HAMZA, M. A.; LAKHTAR, H.; TAZI, H.; MOUKHLI, A.; FOSSATI-GASCHIGNARD, O.; MICHÉ, L.; ROUSSOS, S.; FERJI, Z.; MOUSADIK, A. El; MATEILLE, T.. Diversity of nematophagous fungi in Moroccan olive nurseries: highlighting prey-predator interactions and efficient strains against root-knot nematodes. *Biological Control*, v.114, p.14-23, 2017.
- HAQUE, Z.; KHAN, M. R.; AHAMAD, F. Relative antagonistic potential of some rhizosphere biocontrol agents for the management of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*. *Biological Control*, v.126, p.109-116, 2018.
- ITA, M. Á. V. de; FÁTIMA, J. H.; LEZAMA, C. P.; SIMÓN, A. B.; CORTÉS, G. L.; ROMERO-ARENAS, O. Bio-controller Effect of Four Native Strains of *Trichoderma spp.*, on *Phytophthora capsici* in



Manzano Chili (*Capsicum pubescens*) in Puebla-Mexico. Journal of Pure and Applied Microbiology, v.15, n.2, p.998-1005, 2021.

JOHNSTON-FENNELL, L.; TOOKER, J.; NAULT, B. A.; WICKINGS, K. Preventative pest management in field crops influences the biological control potential of epigeal arthropods and soil-borne entomopathogenic fungi. Field Crops Research, v.272, e108265, 2021.

LAUNIO, C. C.; LABON, K. O.; BAÑEZ, A. A.; BATANI, R. S. Adoption and economic analysis of using biological control in Philippine highland farms: case of trichoderma koningii strain ka. Crop Protection, v.136, e105177, 2020.

LYKOGIANNI, M.; BEMPELOU, E.; KARAMAOUNA, F.; ALIFERIS, K. A. Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. Science Of The Total Environment, v.795, p.148625, 2021.

MESSA, V. R.; COSTA, A. C. T. da; KUHN, O. J.; STROZE, C. T. Nematophagous and endomycorrhizal fungi in the control of Meloidogyne incognita in soybean. Rhizosphere, v.15, e100222, 2020.

MOTLAGH, M. R. S.; ABOLGHASEMI, M. The effect of Trichoderma spp. isolates on some morphological traits of canola inoculated with Sclerotinia sclerotiorum and evaluation of their efficacy in biological control of pathogen. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, v.21, n.4, p.217-231, 2022.

MUKAWA, S.; TOOYAMA, H.; IKEGAMI, T. Influence of humidity on the infection of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: thripidae), by beauveria bassiana. Applied Entomology And Zoology, v.46, n.2, p.255-264, 2017.

NIEKAWA, E. T. G.; SIMIONATO, A. S.; BARAZETTI, A. R.; CANO, B. G.; EMILIANO, J.; AFONSO, L.; ANDREATA, M. F. de L.; DEALIS, M. L.; CHRYSAFIDIS, A. L.; ANDRADE, G. The microbial role in the control of phytopathogens-an alternative to agrochemicals. Microbiome Stimulants For Crops, p.159-177, 2021.

OCAMPO-GUTIÉRREZ, A. Y.; HERNÁNDEZ-VELÁZQUEZ, V. M.; AGUILAR-MARCELINO, L.; CARDOSO-TAKETA, A.; ZAMILPA, A.; LÓPEZ-ARELLANO, M. E.; GONZÁLEZ-CORTÁZAR, M.; HERNÁNDEZ-ROMANO, J.; REYES-ESTEBANEZ, M.; GIVES, P. M. De. Morphological and molecular characterization, predatory behaviour and effect of organic extracts of four nematophagous fungi from Mexico. Fungal Ecology, v.49, e101004, 2021.

OLIVEIRA, M. M.; DE ASSIS, F. G. do V.; LEAL, P. L. Efficiency of filamentous fungi in the biological control of witches' broom disease of cocoa. SITIENIBUS série Ciências Biológicas, v.14, 2014.



POVEDA, J.; BAPTISTA, P. Filamentous fungi as biocontrol agents in olive (*Olea europaea* L.) diseases: mycorrhizal and endophytic fungi. *Crop Protection*, v.146, e105672, 2021.

RAYMAEKERS, K.; PONET, L.; HOLTAPPELS, D.; BERCKMANS, B.; CAMMUE, B. P. A. Screening for novel biocontrol agents applicable in plant disease management – A review. *Biological Control*, v.144, e104240, 2020.

SOARES, F. E. de F.; SUFIATE, B. L.; QUEIROZ, J. H. de. Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture And Natural Resources*, v.52, n.1, p.1-8, 2018.



INCORPORAÇÃO DE VIDRO DE GARRAFAS EM MASSA CERÂMICA

Tercio Graciano Machado¹

Sávio Lair Cavalcante Silveira²

Djalma Valério R. Neto³

Flanelson Maciel Monteiro⁴

Talita Fernanda Carvalho Gentil⁵

Jonei Marques da Costa⁶

¹Prof. Dr., IFRN – Campus Natal Central/DIACIN, gracianomil@hotmail.com

²Discente, IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, savio.silveira@academico.ifrn.edu.br

³Técnico, IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

⁴Prof. Dr., IFRN – Campus Natal Central, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

⁵Prof. Me., IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, profa.talitagentil@gmail.com

⁶Prof. Dr., IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, jonei.costa@gmail.com

109

INTRODUÇÃO

A evolução da indústria do vidro no Brasil tem acompanhado o desenvolvimento econômico do país, representado através do setor automotivo, da construção civil, alimentício e de bebidas. O vidro ordinário é usado em muitos setores da economia, produzindo uma grande quantidade de resíduos.

O vidro é um material inerte não cristalino, não poroso e frágil, obtido através do resfriamento de uma massa a base de sílica em fusão. Apesar das pequenas diferenças de produção, o que é comum a todos os tipos de vidro é a sílica, que é a matéria-prima base para o processo fabril (ZACCARON et al., 2019). Apesar das pequenas diferenças de produção, o que é comum a todos os tipos de vidro é a sílica, que é a matéria-prima base para o processo fabril (ABIVIDRO, 2022). Devido o vidro não alterar sabor, odor, cor ou qualidade do produto embalado, garantindo a qualidade final em produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos; contribuindo para preservar a saúde dos consumidores desses produtos. Por outro lado, acondicionar alimentos e bebidas em recipientes de vidro proporciona a redução do uso de conservantes e estabilizantes nos mesmos.



Notadamente, a maior parte do vidro utilizado para embalagens possui um destino sustentável por ser 100% reciclável; podendo ser reutilizado na forma como foi produzido ou podendo ser incorporado em certos produtos como se fossem matérias primas (GODINHO et al., 2004). Segundo Zaccaron et al. (2019), apesar dos resíduos de vidro serem totalmente recicláveis e reaproveitáveis, existe uma quantia significativa de garrafas sem reenvasamento que são recolhidas pela rede de coletas seletiva, e são destinadas a aterros, gerando assim passivos ambientais.

Na literatura existem diversos estudos sobre a incorporação de resíduos de vidro em produtos diversos. Segundo Shayan e Xu (2004), a incorporação de pó de vidro de embalagem ao cimento pode reduzir este em certa proporção, sem prejuízo de suas propriedades. Su e Chen (2002) incorporaram pó de vidro ao cimento asfáltico. Tal incorporação nas quantidades investigadas não comprometeram o desempenho do produto final, pois embora a adição de vidro tenha diminuído a estabilidade do cimento asfáltico, tornando-o mais suscetível à deformação quando sob carga, por outro lado, aumentou a reflexão de luz à noite e o atrito; fatores associados à segurança do tráfego.

Godinho et al. (2005), realizou um estudo sobre a obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados, onde verificou que a adição de vidro à massa argilosa influencia sua plasticidade, diminuindo os limites de Atterberg; porém, devido à alta plasticidade da massa argilosa empregada, mesmo com a adição de 20% de vidro a massa ainda apresenta limites de Atterberg elevados. Neste estudo, nenhum sinal de cristalização do vidro ou formação de fase decorrente de reação entre vidro e argila pode ser observado. Entretanto, a estrutura sinterizada e as propriedades medidas sofreram grande influência da adição de vidros. A fase líquida, responsável pela maior sinterização das estruturas contendo aditivo, pode ser originada do amolecimento do vidro adicionado.

O vidro é o material conhecido por ser infinitamente reciclável, tendo fundamental importância econômica. O Brasil, por sua vez, é o maior produtor de vidro da América Latina, com produção superior a 1 milhão de toneladas por ano. Por outro lado, razões de natureza econômica e técnica fazem com que enormes quantidades de vidro não sejam recicladas, sendo descartadas em depósitos ou aterros sanitários.

Segundo Carvalho (2003), o Estado do Rio Grande do Norte é um dos maiores produtores de cerâmica vermelha do Nordeste, possuindo 159 cerâmicas em atividade,



localizadas em 39 municípios diferentes, distribuídos em três polos: o da grande Natal, o do Seridó e o do Baixo Açu.

A indústria ceramista no Brasil possui um faturamento anual de 18 bilhões, representando 4,8% da indústria da construção civil no país e gerando em torno de 293 mil empregos diretos e 900 mil indiretos. Segundo dados divulgados pelo IBGE, o Brasil possui aproximadamente 6.903 fábricas de cerâmica. A indústria ceramista possui tanta relevância para a construção civil e para o país que cerca de 90% das alvenarias e coberturas do país são baseadas na cerâmica vermelha, conforme ANICER (Associação Nacional da Indústria Cerâmica).

Segundo dados do Anuário Brasileiro de Cerâmica (2002), a indústria da cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Norte apresentou um crescimento significativo na última década, onde o número de empresas instaladas duplicou, produzindo aproximadamente 83.000.000 peças/mês e empregando mais de 5.500 trabalhadores. Por outro lado, há um alto índice de perdas, reduzida produtividade e produtos de baixa qualidade; além de possuírem um sistema de controle e avaliação da conformidade dos produtos finais com elevado grau de empirismo.

Vários estudos vêm sendo realizados sobre a incorporação de resíduo de vidro em pisos cerâmicos e porcelana, apresentando resultados interessantes (ASKELAND & PHULÉ, 2008; KOPP GLASS, 2016; FERNANDES, 1999). Devido a matéria prima do vidro ser bem parecida com àquelas dos produtos cerâmicos, o resíduo é quase uma matéria prima natural destes. Por outro lado, a adição desses resíduos deverá provocar elevação nos teores de óxidos considerados fundentes, proporcionando uma maior densificação da estrutura durante a etapa de queima.

A proposta deste trabalho foi estudar a incorporação do vidro de garrafas em massa cerâmica para a produção de blocos.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizadas uma argila, obtida numa jazida no município de Parelhas – RN, fornecida pela empresa ARMIL. Os resíduos de vidro foram obtidos pela fragmentação de garrafas realizada em moinho de anéis por 15 minutos, sendo utilizado vidro com granulometria 100% passante na peneira de 200 mesh.

As matérias primas foram caracterizadas via fluorescência e difração de raios X, sendo adotado formulações com 10, 15 e 20% de resíduo de vidro. Os corpos de prova foram então



compactados numa prensa uniaxial com pressão de 2,5 Tf e mantida em estufa por 24 h a 57°C para a devida etapa de secagem. Após esta etapa os corpos de prova foram queimados a 800, 900, 1000 e 1100°C. Uma formulação sem adição de vidro foi realizada para fins de comparação.

Os corpos de prova foram submetidos a ensaios tecnológicos, em triplicata, de Absorção de Água, Porosidade Aparente, Massa Específica Aparente, Retração Linear e Perda ao Fogo.

A metodologia simplificada adotada para o pleno desenvolvimento do projeto encontra-se apresentado na Figura 1.

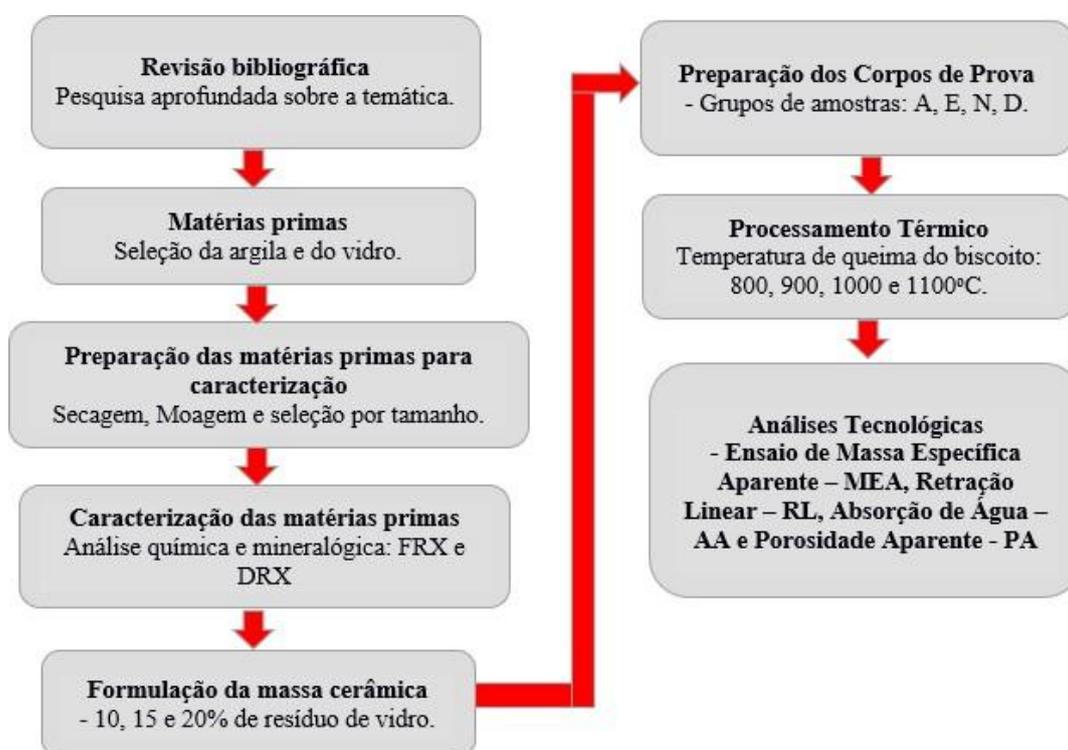


Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada no projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

A Tabela 1 mostra o resultado de fluorescência de Raios X do resíduo de vidro.



Tabela 1. Análise semi-quantitativa do resíduo de vidro

Pseudo-óxidos	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	MnO	Nb ₂ O ₅	CuO	Ta ₂ O ₅	WO ₃	Total
Concentração (%)	59,41	28,81	7,41	3,44	0,73	0,07	0,04	0,04	0,03	0,01	99,99

O vidro usado em garrafas ordinárias é composto de sílica, cálcio, fósforo e potássio. Os traços de elementos metálicos podem estar associados as cores dos vidros.

A Tabela 2 mostra o resultado de fluorescência de Raios X e a Figura 2 a difração de Raios X da argila.

Tabela 2. Análise semi-quantitativa da argila.

Pseudo-óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	CaO	ZrO ₂	V ₂ O ₅	Total
Concentração (%)	54,07	31,81	5,59	3,48	1,83	1,41	1,02	0,45	0,11	0,06	99,83

Na argila observa-se que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com concentração de 54,07%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo; propiciando redução na plasticidade da argila. O outro óxido em maior proporção é o Al₂O₃ com 31,81%, geralmente combinado formando os argilominerais. O óxido de ferro – Fe₂O₃ possui teor de 5,59%, propiciando uma tonalidade escura na massa cerâmica após a queima.

O feldspato com teor de 3,48% é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando queimado entre 950 e 1000°C. Os demais óxidos com teores inferiores a 1% são considerados impurezas.

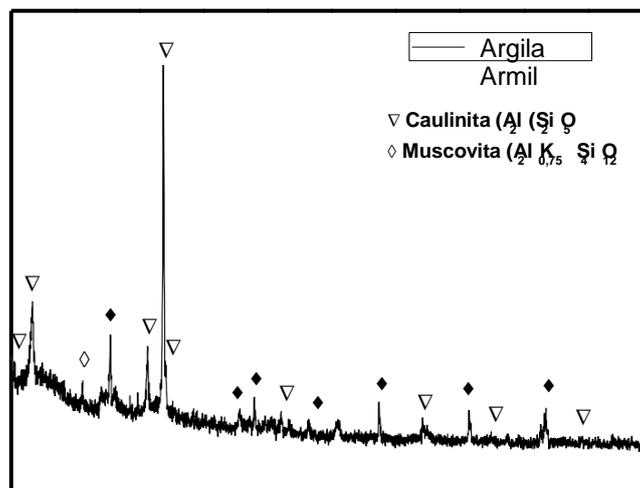


Figura 2. Difratograma da argila.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO_2), caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por fluorescência de raios-X, e uma possível presença de muscovita.

Ensaio Tecnológicos

A Figura 3 mostra o resultado do ensaio de Retração Linear em função das concentrações de vidro na massa cerâmica, nas suas respectivas temperaturas de queima.

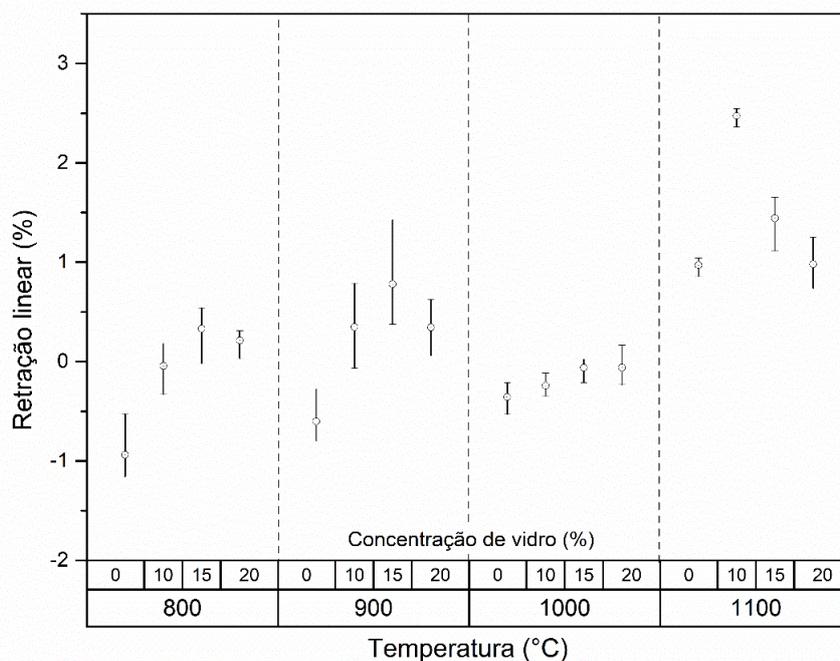


Figura 3. Retração linear em função da temperatura de queima e concentração de vidro.

Os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente na retração linear com o aumento de temperatura de queima, apresentando os menores valores a 800°C e os maiores a 1100°C.

É perceptível que entre 800 e 900°C as maiores retrações acontecem na formulação com percentual dentre 15 e 20% e resíduo de vidro. Na temperatura de 1100°C, próxima ao ponto de fusão do vidro, a retração linear foi mais acentuada; embora sendo inferior a 3%. Nas demais formulações e temperatura de queima a retração linear foi inferior a 1%, sugerindo que a concentração de vidro em massa cerâmica proporcionou uma certa estabilidade dimensional.

A Figura 4 mostra o resultado do ensaio de absorção de água em função da concentração de vidro e temperatura de queima.



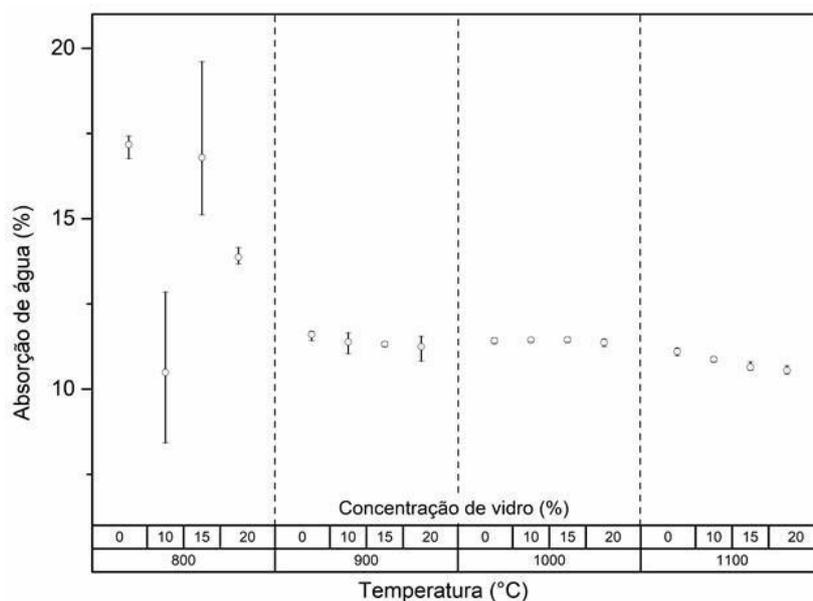


Figura 4. Absorção de água em função da temperatura de queima e concentração de vidro.

A Figura 4 mostra que nos corpos de prova sem resíduo de vidro a absorção de água é menor na temperatura de 800°C, ficando na faixa 17%; ocorrendo uma redução acentuada na faixa de temperatura entre 900 e 1100°C, estabilizando em 11%.

A absorção de água das amostras com adição de vidro em massa cerâmica, são maiores na temperatura de queima de 800°C, ficando na faixa entre 13 e 18%. Quando a temperatura de queima fica entre 900 e 1000°C, indo a patamares na faixa de 11% de absorção. Na temperatura de queima de 1100°C a redução na absorção de água foi mais acentuada, chegando a 5% em média de redução em comparação com a amostra sem adição de vidro. Este resultado indica que a adição de vidro contribui mais decisivamente na absorção de água apenas quando a temperatura de queima é próxima ao ponto de fusão do vidro. Na prática, como já há formação de fase líquida, naturalmente irá ocorrer preenchimento dos poros e, por conseguinte, redução na absorção.

A Figura 5 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente nas formulações estudadas.



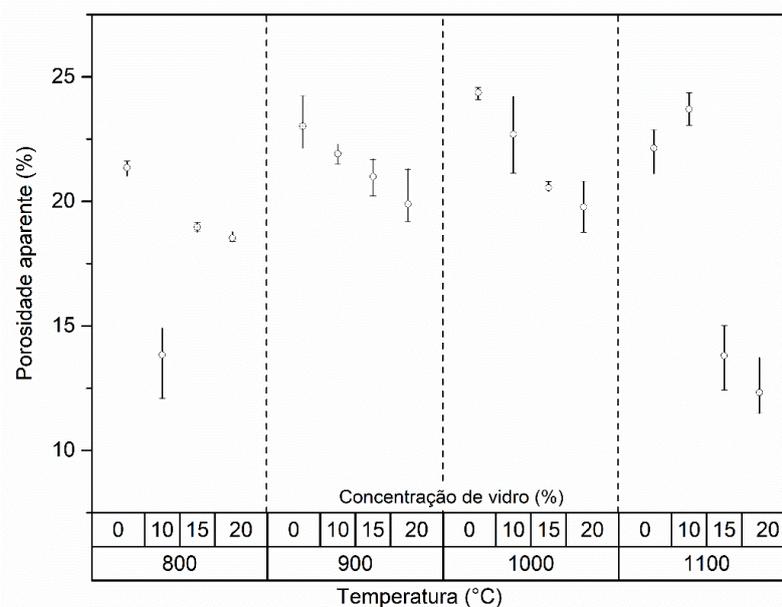


Figura 5. Porosidade aparente em função da temperatura de queima e concentração de vidro.

Analisando a Figura 5 percebe-se que a incorporação de vidro influencia na porosidade aparente do corpo cerâmico. Notadamente, a incorporação de vidro reduz a porosidade, para todas as temperaturas de queima testadas. Para a temperatura de queima a 800°C a porosidade alcançou seu mínimo com 10% de vidro à massa cerâmica. Sendo observado aumento com adição de 15 e 20 % de vidro.

Nas temperaturas de 900 e 1000°C há uma redução na porosidade aparente com a adição de vidro. Este comportamento sugere que o empacotamento das partículas de vidro à massa cerâmica foi mais eficiente, reduzindo os espaços vazios. Não sendo possível atribuir a este comportamento uma fusão parcial do vidro, visto que os valores de porosidade são análogos à 800, 900 e 1000°C. Contudo, a 1100°C é observado uma situação diferente das temperaturas mais baixas.

O acréscimo de 100°C à temperatura de queima (1100°C), eleva as condições de fabricação da cerâmica à temperatura próximas a da fusão do vidro. Esta pequena alteração nas condições de queima, possibilita maior fusão parcial dos elementos constituintes da massa cerâmica, sobretudo as que contêm maior concentração de vidro; reduzindo-se a porosidade aparente com média de 22,14% sem a adição de vidro para uma média de 12,32% com 20% de vidro.

A Figura 6 mostra o resultado do ensaio de massa específica aparente em função da temperatura de queima e concentração de vidro.

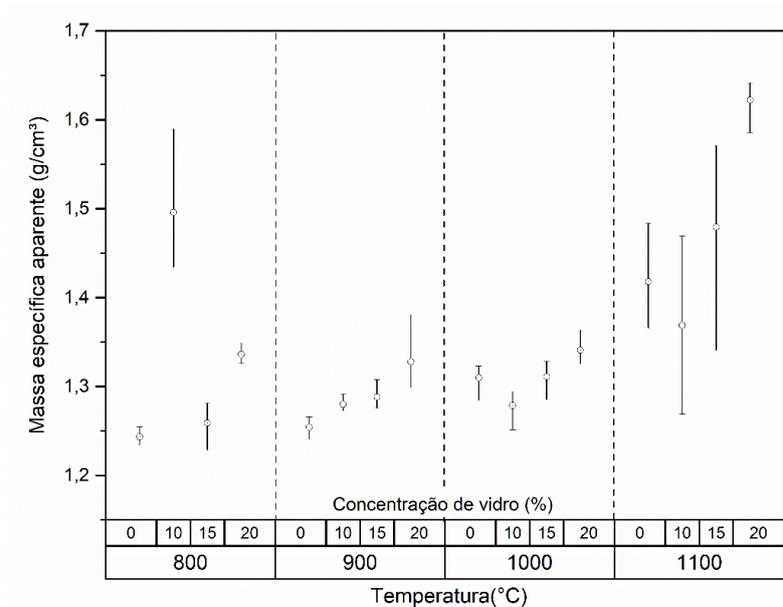


Figura 6. Massa específica aparente em função da temperatura de queima e concentração de vidro.

A massa específica aparente é substancialmente alterada pela concentração de vidro, bem como pela temperatura de queima. O aumento na concentração de vidro reduz os espaços vazios, bem como proporciona uma melhor fusão parcial dos constituintes da cerâmica. Desta forma, é natural um acréscimo substancial à massa específica aparente. Notadamente, o aumento da temperatura de queima, garante maior fusão parcial, e conseqüentemente reduz a porosidade, acarretando um aumento da densidade.

117

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam ser interessante a utilização do resíduo de vidro em massa cerâmica. Comparativamente, as formulações com 15 e 20% de resíduo apresentaram os melhores resultados, sugerindo que essa quantidade de resíduo é satisfatória para a incorporação em massa cerâmica, apresentando a vantagem de reduzir a tendência ao surgimento de trincas nas peças durante a etapa de secagem e queima; bem como uma redução na variação dimensional. Por outro lado, mas não menos importante, há uma contribuição para a redução do uso de matérias primas virgens e de contribuir efetivamente com a redução no impacto ambiental propiciado pelo descarte de garrafas de vidro que comumente não são recicladas.

No geral, adições de vidro contribuem para a sinterização da argila, aumentando a retração de queima e a tensão de ruptura à flexão, diminuindo, por conseguinte, a absorção de



água. Quanto maior a adição, mais intenso é este efeito. Por outro lado, o aspecto visual das peças pode ser prejudicado devido a ocorrência de overfiring, ou seja, fusão em excesso, apresentando-se como pontos isolados de fusão na superfície das peças.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Processamento Mineral – Campus/Natal Central pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a DIPEQ/CNAT/IFRN pelo aporte financeiro na forma de bolsa de pesquisa e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M do IFRN/Campus Natal Central.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO. Associação Brasileira das Indústrias de Vidro. 2022. Disponível em: <https://abividro.org.br/>. Acesso em: 01/05/2022.

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. Ciência e engenharia dos materiais. Cengage Learning 1ª Ed. 2008, 433p.

CARVALHO, O. O. de. O polo cerâmico do Seridó, no Rio Grande do Norte – Características e peculiaridades. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 47, 2003, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2003.

GODINHO, K. O.; RABELO, T. R.; HOLANDA, J. N. F.; SILVA, A. G. P. Incorporação de resíduo de vidro em cerâmica vermelha. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 48, 2004, Curitiba. Anais... Curitiba, 2004.

GODINHO et al. Obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados. Cerâmica, v.51, p.419-427, 2005.

KOPP GLASS. Disponível em: <<http://www.koppglass.com/blog/3-commonglass-types-properties-applications/>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

SU, N.; CHEN, J. S. Resources, Conservation and Recycling, v.35, p.259-274, 2002.

SHAYAN, A.; XUA, A. Cement and Concrete. Res., v.34, n.1, p.81-89, 2004.

ZACCARON, A. et al. Efeito da adição de resíduo de vidro em massa de cerâmica de alvenaria. Revista Matéria, v.24, n.4, e-12496, 2019.



RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS DE RESÍDUOS DA BANANEIRA DESENVOLVIDO NO INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO

*Jussara Izabel Correa Cabral¹
Marianina Impagliazzo²
Margarida Maria Correia Marques³*

¹Prof. Me. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Brasil. jcabral@jbrj.gov.br

²Prof. Dr. Centro Universitário Ina - UNINTA - Brasil. mimpagliazzo@gmail.com

³Prof. Dr. Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas Universidade Trás dos Montes Alto Douro - UTAD - Portugal. mcm@utad.pt

119

INTRODUÇÃO

A atividade humana em escala global levou ao desequilíbrio de diversos ecossistemas e ao esgotamento dos recursos naturais. Hoje o meio ambiente apresenta uma série de repostas a esta ação que são alertas ao tipo de manejo indevido e contaminante. Diante de tais fatos, a Conferência de Estocolmo de 1972 estabeleceu o conceito de ecodesenvolvimento que foi mais tarde ampliado em discussões para o termo “desenvolvimento sustentável”.

Para Tachizawa (2014), é necessária uma ampla discussão sobre o rumo que está se tomando a degradação da natureza decorrente do consumo e da industrialização, sendo primordial um manejo ambiental que estabeleça e respeite os limites da capacidade de carga dos ecossistemas. Urge a destinação correta dos resíduos, necessitando serem pesquisadas, observadas e implementadas ações sustentáveis para mitigar os danos ao meio ambiente.

A busca de destinação correta para os resíduos sólidos como a reciclagem (papel, vidro, metais) e a compostagem (orgânicos) é uma realidade. Em paralelo, é alarmante a contaminação do solo, águas e atmosfera. É fundamental desenvolver técnicas especializadas,



capazes de aliar na mesma atividade ou setor os objetivos ambientais com o interesse econômico, com a premissa que a gestão dos resíduos torne realmente sustentável (SCHOTT FILHO, 2017).

Seguindo esta orientação ambiental, o Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) está contribuindo para mudanças de hábitos e gestão de resíduos desenvolvendo recipientes biodegradáveis como alternativa ao uso de tubetes plásticos na produção de espécies vegetais para serem utilizados no reflorestamento, apoiando estratégias e práticas de sustentabilidade (CABRAL et al., 2017).

Dentre os vários processos diferenciados de reflorestamento, a maioria inicia-se com a reprodução de espécies vegetais em recipientes plásticos. Após a germinação, as mudas são transferidas para outros recipientes maiores. Passados alguns dias as plantas são introduzidas no seu espaço definitivo, retiradas dos sacos plásticos e enterradas no solo. Todo este processo, que implica várias horas de trabalhos manuais e meses para o crescimento das espécies vegetais, faz pensar na otimização das tarefas e na possibilidade de estudar algo mais orgânico, beneficiando e agilizando o processo e otimizando os serviços, além de proteger as próprias espécies vegetais, ao reduzir o risco de danos nas raízes das mesmas (BARBOSA et al., 2018).

Segundo Conti (2012), os tubetes tradicionais de plástico utilizados durante as últimas décadas nos hortos promovem significativas perdas de matéria orgânica e vegetal durante a produção de mudas no local do reflorestamento, pela ação de martelar o torrão para soltar a planta, o que envolve perda de investimentos com baixo custo benefício.

Destas preocupações com o ambiente, decorre uma reavaliação do processo de produção de mudas e justifica-se pensar em formas alternativas para minimizar o uso de materiais plásticos. Para atingir este fim, estudou-se a disponibilidade de subprodutos agrícolas no Brasil, optando por um subproduto da bananeira como solução ecológica, correta e economicamente viável. Está-se a testar e a analisar esses materiais para confirmar as potencialidades de um novo recipiente para a reprodução das espécies vegetais, com impacto reduzido ou nulo no ambiente. Estas potencialidades serão inferidas pela análise do desenvolvimento da espécie vegetal no recipiente proposto, comparativamente a um recipiente controle (FERRAZ et al., 2012).

O Acordo de Paris, com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças, é um acordo ambicioso, equilibrado e um ponto de viragem



histórica com a meta de reduzir o aquecimento global. É um tratado no âmbito da UNFCCC, que rege medidas de redução de emissão dióxido de carbono a partir de 2020.

Segundo Rei et al. (2017), com a ratificação do Acordo de Paris em novembro de 2016, o Brasil terá que promover mudanças em ações e programas domésticos para a sua implementação, adotando políticas públicas e aprimorando o sistema legal de modo a inserir ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima.

Usualmente, na produção de espécies vegetais para serem utilizadas no reflorestamento, as mesmas desenvolvem-se em recipientes plásticos, que podem ser reaproveitados ou não, gerando um alto volume de resíduos não biodecompostos. Segundo Borsoi et al. (2019), o uso de recipientes plásticos na produção de espécies vegetais já se tornou um hábito, independentemente da existência de alternativas como os recipientes biodegradáveis. No entanto, os custos de produção e as características técnicas destes recipientes alternativos não se igualam.

Na literatura há registros de algumas tentativas criativas do uso de materiais orgânicos e biodegradáveis, mas nenhuma experiência aproveitando os engaços da banana. Estes subprodutos são, ao mesmo tempo, instáveis do ponto de vista microbiológico e de lenta degradação no ambiente, o que dificulta o processo de sua compostagem (BELUQUE & SILVA, 2017; TAKAYAMA et al., 2015).

Este trabalho tem como objetivo principal, a apresentação dos protótipos biodegradáveis originados do resíduo denominado engaço, que é o suporte fibroso que sustenta o cacho da banana, como alternativa ao uso de recipientes plásticos na produção de espécies vegetais para serem utilizadas no reflorestamento.

METODOLOGIA

No Brasil, a cultura da banana apresenta uma produção anual de sete milhões de toneladas, sendo a safra brasileira a quarta do mundo. Do volumoso resíduo gerado com a retirada dos frutos, aproveita-se as folhas e pseudocaule para cobrir o solo para evitar erosão e controle de ervas daninha. O cacho de banana possui um suporte fibroso, o engaço, que é um pedúnculo que sustenta as pencas e seu descarte contribui para a geração de sérios problemas ambientais e fitossanitários (AMARO, 2014).

Do resíduo gerado na cultura da banana, bastante volumoso por sinal, aproveitam-se as folhas e os pseudocaulos para cobrir o solo evitando erosão e no controle de ervas daninhas. O cacho de banana possui um suporte, o engaço da banana como destaca a Figura 1,



que é o pedúnculo que sustenta as pencas da banana. Este normalmente é descartado após a separação das pencas, contribuindo para a geração de sérios problemas ambientais e fitossanitários, e implica em custos com transportes (SOFFNER, 2011; STEEG, 2015).



Figura 1. Engaço de banana (JBRJ, 2019).

Diversos estudos realizados sobre o engaço de banana, in natura, indicam cerca de 93% de umidade e células de parênquima em abundância. Em termos de composição química, ele apresenta 7,4% de lignina, 47,8% de extrativos totais e 47,6% de holocelulose (SOFFNER, 2011). O engaço de bananeira, suporte que sustenta o cacho de bananas, normalmente é descartado após a colheita da fruta, seja nas casas de embalagens (packing houses) ou em centros distribuidores, onde é considerado verdadeiro resíduo pelo grande volume gerado e por não ser aproveitado. Por essa razão e por constituir-se em material fibroso como retrata a Figura 2, o engaço foi avaliado para produção de polpa celulósica.

122



Figura 2. Fibra do engaço, triturada e seca (RIO DE JANEIRO, 2019)

Para o fabrico do recipiente orgânico, além do engaço de banana, foi necessário incorporar outro material, a farinha de mandioca, que melhorou determinadas características físicas das misturas testadas como a moldagem, a flexibilidade, a hidrofobicidade.

Testes realizados mostraram que a colofônia impermeabiliza o recipiente dando resistência mecânica prolongando a vida útil quanto a sua durabilidade. Deste modo, a espécie vegetal plantada ao chegarem um tamanho ideal para ir ao solo o recipiente cumpre o seu papel. No fabrico do recipiente orgânico foram levados em consideração determinados parâmetros, como a dimensão e o formato. Foram idealizados a partir de um tamanho mediano entre o tubete de plástico, utilizados tradicionalmente nos viveiros e hortos florestais.

Adicionalmente, considerou-se a hipótese da utilização do húmus como um substrato completo e natural para melhor absorção de seus nutrientes pela espécie vegetal plantada no recipiente orgânico.

Nos recipientes foram plantados sementes germinadas no horto florestal do JBRJ, de pitangueira (*Eugenia uniflora*) árvore nativa da Mata Atlântica. Os estudos de Scalonet al. (2001) recomendam esta espécie para plantio em locais de reflorestamento e em áreas degradadas. Como a qualidade da muda é um atributo definido para que uma planta possa sobreviver e se desenvolver no campo após o plantio (GUIMARÃES, 2018), paralelamente, um dente de alho foi plantado em vasos de plástico, para a observação visual do comportamento da planta e do próprio recipiente.

Do ponto de vista quantitativo, a impermeabilização dos recipientes foi avaliada recorrendo a testes de permeabilidade, em que a velocidade de escoamento de 200ml de água destilada através dos mesmos foi cronometrada. Os recipientes orgânicos e os tubetes de plástico foram observados pelo período de quatro semanas, todas as terças-feiras do mês de janeiro de 2019, às 13 horas, no intervalo do processo de irrigação que se dá pela manhã e a tarde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a proposta de substituir os tubetes plásticos usados nas casas de vegetação, os recipientes foram fabricados com medidas aproximadas de 16 cm de altura e 10 cm de diâmetro e um furo na parte inferior. O formato de cone favorece o uso nas bancadas de produção (adaptando-os nas telas de arame) como ilustra a Figura 3.





Figura 3. Fabrico dos recipientes (JBRJ, 2019)

Constatamos também que no crescimento das mudas ocorreu sem nenhum tipo de alteração nos aspetos morfológicos como demonstramos na Figura 4.



Figura 4. Recipientes orgânicos com mudas na estufa do Horto do JBRJ (2019).

A determinação da qualidade das mudas aptas para o plantio, baseia-se em parâmetros morfológicos e no enraizamento (OLIVEIRA et al., 2018). O formato cônico do recipiente biodegradável apresentou benefícios para o crescimento das radículas, comparativamente aos recipientes plásticos. Ao longo do experimento foi constado que propicia uma orientação espiralada das raízes que facilita a sua expansão durante a fase de biodegradação do recipiente no solo. Em paralelo, não interferiu na permeabilidade conforme pode ser visualizado na Figura 5. Verificamos a sua porosidade pela liberdade com que as raízes ultrapassavam as paredes do recipiente não ocorrendo problemas de enovelamento.



Figura 5. Enraizamento do alho. 06/11/2018; 17/01/2019; 20/04/2019.

A resistência mecânica dos recipientes biodegradáveis e o desenvolvimento das plantas em função do tempo, estão representados, respectivamente, nas Figuras 6 e 7.

Na Figura 6 observamos que no final da primeira semana nenhum dos recipientes apresenta alterações visíveis na forma. Na segunda semana, cerca de 20% dos recipientes já apresentam alterações devidas ao aumento da plasticidade decorrente da rega (duas vezes ao dia) na estufa.

Na terceira semana começam a ser verificadas, em cerca de 40% dos recipientes, o aparecimento de pequenas fissuras e degradação das bordas, enquanto que em 70% dos recipientes há registro de aumento da plasticidade. Na quarta semana, o excesso de água e umidade do ambiente provocou o inchamento das paredes dos recipientes ocorrendo a degradação: das bordas (em 60% dos casos) e ou completa (em 20% dos casos). Este evento sinaliza que, para uma futura utilização, há necessidade de impermeabilização natural para fortalecê-los no decorrer do tempo, para que a planta venha obter tamanho ideal para seu plantio definitivo.

125

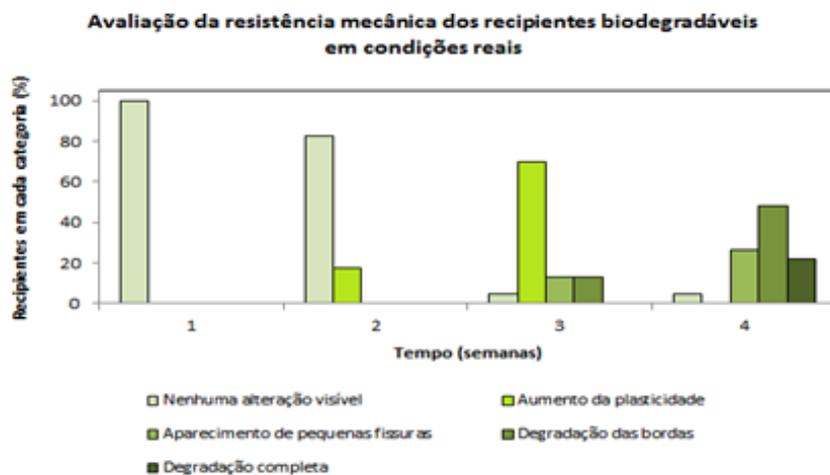


Figura 6. Avaliação da resistência mecânica dos recipientes biodegradáveis em condições reais.



O crescimento das mudas ocorreu sem dificuldades ou diferenças visíveis comparada com os dois tubetes de plástico, como ilustra a Figura 7.

Ao longo de quatro semanas, ocorreu o desenvolvimento pleno do processo de germinação das mudas em mais de 80% dos recipientes biodegradáveis de engajo de banana.

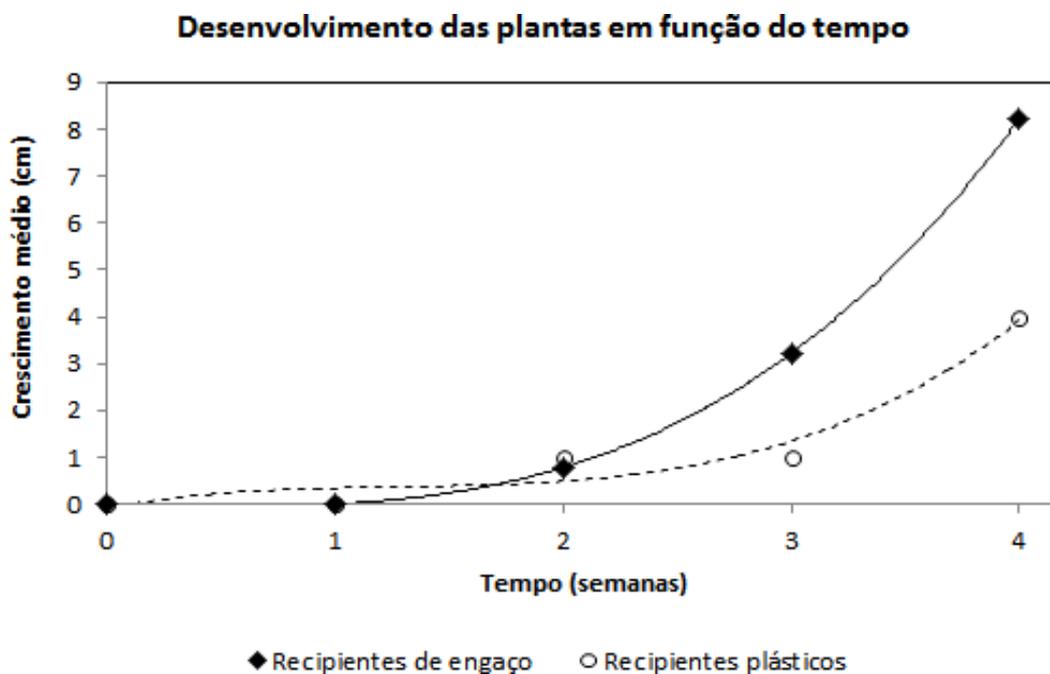


Figura 7. Desenvolvimento das plantas em função do tempo

Atestando durabilidade e resistência em relação aos tradicionais saquinhos de polietileno, os recipientes demonstram a sua condição de sustentabilidade evitando a agressão ao meio ambiente ou desastres ecológicos a longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fabrico de um recipiente ecologicamente correto sem a necessidade de ser retirado para que a espécie seja colocada num local definitivo, minimiza o tempo, os resíduos e ainda traz melhoramentos no plantio. Afinal o mesmo possui substratos, nutrientes para fortalecer a espécie vegetal ali colocada. Esta produção de mudas totalmente customizada, agilizará o serviço e minimizará o tempo num distrito florestal e posterior distribuição das mesmas.

O protótipo biodegradável se apresentou nos testes como recipiente ecologicamente correto com às raízes, aerando não ao ponto de lavar, mas permitindo maior fluidez ao desenvolvimento das mesmas.

A investigação trará benefícios para esta área de atividade do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, especialmente para hortos e viveiros em geral, permitindo reduzir gastos e tempo



desperdiçado. É um recipiente natural e produzido de forma a princípio artesanal que está em fase de implantação.

REFERÊNCIAS

AMARO, A. A. Aspectos econômicos e comerciais de bananicultura. Revista Agroquímica, n.25, p.4-11, 2014.

BELUQUE, A.; SILVA, A. L. da. Avaliação ergonômica na colheita da banana: carregamento e despencamento. UTP, 2017.

BORSOI, C.; MENIN, C.; LAVORATTI, A.; ZATTERA, A. J. Grape stalk fibers as reinforcing filler for polymer composites with a polystyrene matrix. Journal of Applied Polymer Science, v.136, p.47427, 2019.

CABRAL, J. I. C.; CORREIA MARQUES, M. Educação e Sensibilização Ambiental dos responsáveis pela manutenção do arboreto do Jardim Botânico do Rio de Janeiro - Brasil. In: Safety, Health and Environment World Congress, Education and Social Stability, 15, 2015, Porto. Anais...Porto, 2015.

CABRAL, J. I. C.; BRAGA, F. G.; CORREIA MARQUES, M. Recipientes biodegradáveis para plantas baseados em subprodutos vitivinícolas – Uma contribuição para a estratégia de florestação no âmbito do Acordo de Paris. In: Safety, Health and Environment World Congress – Education and Social Stability, 17, 2017, Vila Real. Anais... Vila Real, 2017.

CONTI, A. C. Análise do desenvolvimento e da viabilidade econômica do plantio de mudas de árvores em tubetes biodegradáveis. RETEC, v.5, n.1, p.113-121, 2012.

FERRAZ, M. V.; CEREDA, M. P.; IATAURO R. A. Produção de mudas de petúnia comum em tubetes biodegradáveis em substituição aos sacos plásticos. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v.9, p.74-83, 2015.

GUIMARÃES, D. S. Produção de mudas de três espécies de palmeiras nativa. Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR, v.5, n.1, 2018.

OLIVEIRA, G. K. V. et al. Produção de mudas florestais nativas e frutíferas. Cadernos de Agroecologia, v.13, n.1, 2018.

SCHOTT FILHO, O. Projeto Estiva: uma iniciativa de gestão de resíduos sólidos urbanos em comunidades de baixa renda. Revista ELO–Diálogos em Extensão, v.6, n.3, 2017.

REI, F. C. F.; GONÇALVES, A. F.; DE SOUZA, L. P. Acordo de Paris: Reflexões e desafios para o regime internacional de mudanças climáticas. Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, v.14, n.29, p.81-99, 2017.



STEEG, A. Fruit traders in trouble. Industry Note. Food & Agribusiness Research. Rabobank International, 2015.

SOFFNER, M. L. A. Produção de polpa celulósica a partir do engaço de bananeira. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

UNFCCC. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Adoção do Acordo de Paris. Conferência das Partes, vigésima primeira sessão, Paris, 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015, UNIC Rio – Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil, 2016.



ESTUDO DA PRODUÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO COM MATÉRIAS-PRIMAS REGIONAIS PELO MÉTODO TRIAXIAL: PARTE 1

Bruna Pereira do Nascimento Souza¹
Mauro Froes Meyer²
Djalma Valério Ribeiro Neto³
Tércio Graciano Machado⁴
Flánelson Maciel Monteiro⁵

¹Aluna do Curso Técnico em Mineração, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN, b.pereira@escolar.ifrn.edu.br

²Prof. Me. Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN, mauro.meyer@ifrn.edu.br

³Técnico Laboratorista do IFRN, Gestor Ambiental, Mestrando em Recursos Naturais – PPGUSRN, Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais - DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

⁴Prof. Dr. Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica da Indústria – DIACIN, gracianomil@hotmail.com

⁵Prof. Dr. Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Campus Natal Central, Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

129

INTRODUÇÃO

De acordo com Almeida (2010), os materiais cerâmicos são essenciais para o desenvolvimento da humanidade. Há registros da manipulação da argila, para produção de utensílios para o uso cotidiano, nas civilizações mais antigas da humanidade, por exemplo. Dessa maneira, uma das formas usadas para datar e refletir sobre o modo como o homem se comportava nas civilizações antigas é usando as peças cerâmicas como referência. Esses materiais são característicos por possuírem um bom isolamento térmico e elétrico, resistência ao ataque químico e, apesar de não terem ductilidade, serem rígidos.

O processo de fabricação dos materiais cerâmicos é iniciado na escolha das matérias primas. De maneira geral, especialmente na produção de revestimentos cerâmicos, são usadas as seguintes matérias primas: quartzo, feldspatos e argilas. O quartzo, que é composto basicamente por SiO₂, tem como uma das funções a melhoria da resistência mecânica e



controlar a dilatação das peças. Os feldspatos (sódico ou potássio), por sua vez, possuem diversas funções na produção ceramista, sendo a principal servir como fundente, onde vai baixar o ponto de fusão da composição/massa cerâmica. O resultado é a formação de fase vítrea, que diminui a porosidade das peças, propriedade importante para os materiais cerâmicos. As argilas, formadas por diversos tipos de minerais metálicos e não metálicos, são responsáveis pela plasticidade da massa cerâmica, propriedade necessária para fabricar as peças, além disso, inserirem vários outros elementos na massa, tais como: quartzo, feldspatos e outros elementos. De outro modo, o uso de argilas como principal matéria prima usada na fabricação de peças cerâmicas supera os aspectos tecnológicos, fazendo parte da tradição popular em praticamente todas as regiões do País (SILVA et al., 2011).

Para Santos et al. (2021), as peças cerâmicas são fabricadas através de diversos processos, tais como: conformação mecânica, colagem por barbotina e extrusão. A determinação do percentual das matérias primas que devem compor a massa é essencial para se conhecer qual o tipo de produto será produzido e suas propriedades finais. O método triaxial é usado na composição de massas cerâmicas em diversos setores da indústria cerâmica, especialmente na fabricação de revestimentos, trazendo mais confiabilidade sobre os resultados finais. Neste sentido, é importante frisar que o setor dos revestimentos cerâmicos possui uma contribuição significativa para o Brasil, pois até 2016 era o terceiro maior produtor e consumidor do mundo, quando foi substituído pela Índia.

Geralmente, o método empírico ainda é muito utilizado na produção dos materiais cerâmicos, especialmente nas olarias, cerâmicas e em outros tipos de empreendimentos cerâmicos, onde o conhecimento da fabricação das peças é adquirido pela observação. Por outro lado, há outros métodos para determinar a quantidade correta dos componentes das matérias primas, trazendo maior confiabilidade nas propriedades técnicas dos produtos, entre esses métodos existe o triaxial. Portanto, este trabalho possui como objetivo a produção de massas cerâmicas, com matérias primas regionais do Rio Grande do Norte, através do método triaxial, para o setor de revestimentos cerâmicos.

METODOLOGIA

A produção de massas cerâmicas pelo método triaxial é comum no setor ceramista, especialmente para fabricação de peças dos setores da cerâmica branca e tradicional. Neste processo usa-se um triângulo equilátero onde em qualquer ponto escolhido há um total de 100% dos três componentes (MORELLI, 2000). Esse método foi usado para produção de



massas cerâmicas para o setor artístico com três componentes minerais (ESPINDOLA, 2016). A Figura 1 apresenta um exemplo do diagrama triaxial usado, comumente para produção ceramista.

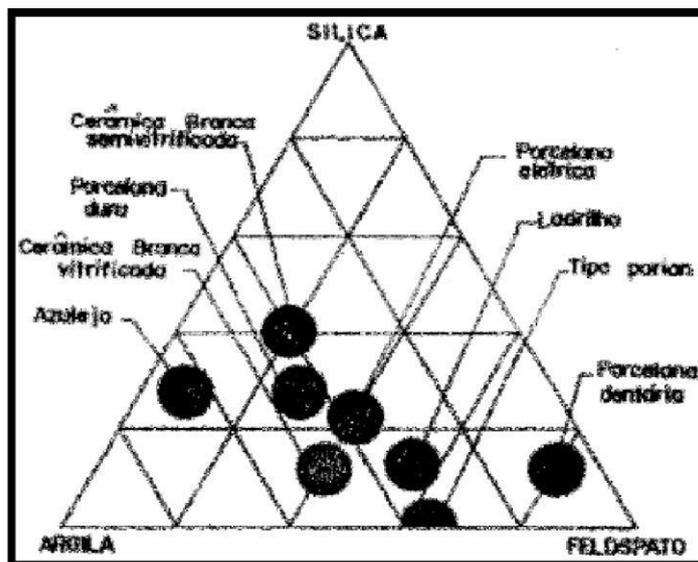


Figura 1. Diagrama triaxial das composições cerâmicas.

Fonte: Norton (1973, *apud* FREIRE, 2007).

Dessa maneira, usando como base os pontos do diagrama, é possível calcular a porcentagem de cada um dos três elementos usados para produção das massas. É possível produzir dezenas de massas cerâmicas, apenas modificando o valor referencial de cada divisão do triângulo.

O processo de preparação das matérias primas que compõem este trabalho ocorreu da seguinte maneira: as amostras da argila foram coletadas no distrito de Olho D'água do Chapéu, município de São Gonçalo do Amarante/RN – região metropolitana de Natal. O material foi cominuído em um almofariz, de modo a facilitar sua passagem nas peneiras de 65 mesh (com abertura de 212 μ m) e, logo em seguida, na peneira de 200 mesh (abertura de 74 μ m). As demais matérias primas usadas nas massas cerâmicas (feldspato de potássio e quartzo) foram disponibilizadas pela ARMIL Ltda e já se encontravam na granulometria de 200 mesh. Em relação a caracterização físico-química da argila caulínica, todos os ensaios realizados foram publicados no trabalho de F. Monteiro (MONTEIRO, 2017).

A elaboração das massas cerâmicas se deu através da utilização de um diagrama ternário, conforme pode ser observado na Figura 2. A seleção dos seis pontos no diagrama ocorreu pela possibilidade de ter-se, em diferentes proporções, os três componentes minerais.

Cada divisão do triângulo tem o valor de 20%, mas poderia ter outro, se assim terminar o responsável. A Figura 2 mostra o diagrama triaxial e em destaque os 6 (seis) pontos que foram escolhidos para confecção das massas cerâmicas.

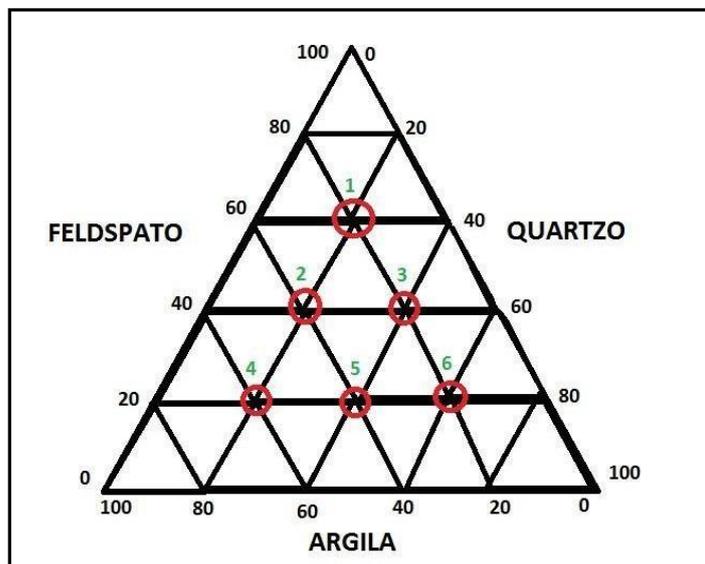


Figura 2. Diagrama triaxial para produção de massas cerâmicas.

Fonte: Adaptado de Espinola (2016).

132

Na Tabela 1 se encontram os percentuais de cada componente mineralógico que faz parte das massas cerâmicas, conforme o ponto escolhido. Após ter-se os percentuais de cada componente que vão compor as massas, iniciou-se o processo de mistura das matérias primas e umidificação com 10% de água.

Tabela 1. Percentual dos minerais utilizados em cada formulação

Formulações elaboradas			
Percentual de material (%)			
Massas cerâmicas	Feldspato ortoclásio	Quartzo	Argila
M1	60	20	20
M2	40	20	40
M3	40	40	20
M4	20	20	60
M5	20	40	40
M6	20	60	20

Fonte: Autores (2022).

A produção dos corpos de prova ocorreu pelo processo de conformação utilizando uma prensa hidráulica com pressão de 21 MPa. Foram produzidos um total de noventa corpos de



prova, sendo quinze para cada formulação. As amostras ficaram por 24 horas em uma estufa para retirada da umidade. Logo após, os corpos de prova foram sinterizados em um forno do tipo mufla, sem atmosfera protetora, nas temperaturas de 1000, 1100 e 1150°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min e patamar de 60 minutos. Em cada temperatura foram sinterizadas 5 (cinco) amostras de cada massa cerâmica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de produção de massas cerâmicas pelo método triaxial resultou em 6 (seis) diferentes tipos de massas e todas foram aptas para fabricar corpos de prova com coloração clara, característica importante para peças de revestimento. Além disso, não foram observados empenamentos ou trincas que viessem a comprometer a resistência mecânica das peças.

Os corpos de prova foram analisados através dos ensaios tecnológicos de absorção de água (AA%), porosidade aparente (PA%), retração linear (RL%), perda ao fogo (PF%) e massa específica aparente (MEA-cm/g³). Os resultados dos ensaios tecnológicos das massas cerâmicas padrão se encontram na Tabela 2.

133

Tabela 2. Resultados dos Ensaios Tecnológicos das Massas Padrão

Ensaio/Temperatura °C	AA%	PA%	RL%	PF%	MEA
M1 - 1000	27,653	32,63	-0,099	4,072	1,181
M1 - 1100	21,401	27,66	2,913	3,813	1,292
M1 - 1150	6,053	9,67	9,47	3,574	1,602
M2 - 1000	19,295	26,207	-0,582	5,552	1,36
M2 - 1100	12,369	18,584	4,031	7,024	1,502
M2 - 1150	6,685	10,712	6,082	4,076	1,601

Legenda: M1 – Massa 1; M2 – Massa 2; M3 – Massa 3; M4 – Massa 4; M5 – Massa 5 e M6 – Massa 6.

Fonte: Autores (2022).

Ao analisar o resultado dos ensaios tecnológicos das massas padrão, encontrados na Tabela 2, é constatado que as massas M1, M2 e M5 obtiveram os melhores índices no ensaio de absorção de água (AA%), especificamente na temperatura de 1150°C. Os valores da absorção de água dessas massas cerâmicas variaram em torno de 6,55% na média. Sendo, portanto, considerados como similares aos índices dos revestimentos cerâmicos do tipo semiporoso conforme NBR (13817:97).

Os resultados de AA% entre 10% a 20% de AA% se caracterizam como similares aos revestimentos cerâmicos porosos. Todavia, ainda houveram peças com índices superiores aos



20% de absorção de água, não se enquadrando na categoria de revestimento. Dessa maneira, é possível apontar qual massa cerâmica desenvolvida pelo método possui as melhores propriedades técnicas para fabricar os revestimentos.

Neste trabalho, devido a quantidade de amostras e normas de publicação, não é possível colocar as imagens de todas as amostras produzidas. Sendo assim, para ilustração, foram escolhidas as peças da massa cerâmica M1 das três temperaturas de sinterização. As Figuras 3, 4 e 5, mostram, respectivamente, as amostras da massa cerâmica M1 sinterizadas.



Figura 3. Massa Cerâmica M1 – 1000°C. Fonte: Arquivo Pessoal (2022).



Figura 4. Massa Cerâmica M1 – 1100°C. Fonte: Arquivo Pessoal (2022).





Figura 5. Massa Cerâmica M1 – 1150°C. Fonte: Pessoal (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de massas cerâmicas, usando como ferramenta o método triaxial, mostrou-se viável para ser utilizado com as matérias regionais, especialmente em massas cerâmicas para produção de revestimentos. De toda forma, ao analisar os resultados dos ensaios tecnológicos, é possível apontar que as massas produzidas possuem características e propriedades adequadas para o uso na indústria ceramista. É válido ressaltar também que as massas produzidas não apresentaram problemas como empenamentos ou trincas em nenhuma temperatura de sinterização.

135

AGRADECIMENTOS

Ao programa de iniciação à pesquisa do IFRN, que nos proporcionou a oportunidade da realização deste trabalho. Ao laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos do IFRN - Campus Natal-Central, pela disponibilização dos equipamentos e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais do qual faço parte.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. L. Mulheres recipientes: recortes poéticos do universo feminino nas artes Visuais. São Paulo: Editora UNESP; Cultura Acadêmica, 2010. 238p.
- ESPINDOLA, M.. Massas cerâmicas para uso na escultura. In: Encontro Anual de Iniciação Científica da UNESPAR, 2, 2016, Paranavaí. Anais...Paranavaí: Unespar, 2016.



FREIRE, M. N. Uso de matérias – primas argilosas do estado do Rio de Janeiro em massas cerâmicas para porcelanato: Formulação, propriedades físicas e microestrutura. Tese. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Rio de Janeiro, 2007.

MONTEIRO, F. M. Caracterização de argila caulínica da região metropolitana de Natal-RN – Parte 1. In: Congresso Anual da ABM – Internacional, 72, 2017, São Paulo. Anais...São Paulo, 2017.

MORELLI, M. Formulação de Materiais Cerâmicos e suas Aplicações. DEMA – Universidade Federal de São Carlos. Apostila do Curso. 2000. 80p.

SANTOS, P. J. L. e S. et al. Efeito da adição de talco dolomítico de jazidas do Piauí como fundente em formulações de massa com argila caulínica. Cerâmica Industrial, v.26, n.1, p.1-16, 2021.

SILVA, M. A. P. da et al. Estudo da matéria-prima do polo cerâmico de Santo Antônio do Potengi (RN) visando sua aplicação em cerâmica artística. Revista Cerâmica Industrial, v.16, n.1, p.21-24, 2011.



INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL E PAPEL EM MASSA CERÂMICA

Tercio Graciano Machado¹
Júlia Kauane de Medeiros Ribeiro²
Djalma Valério R. Neto³
Flanelson Maciel Monteiro⁴
Talita Fernanda Carvalho Gentil⁵
Raimison Bezerra de Assis⁶

¹Prof. Dr. IFRN – Campus Natal Central/DIACIN, gracianomil@hotmail.com

²Discente. IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, ribeiro.julia@academico.ifrn.edu.br

³Técnico. IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

⁴Prof. Dr. IFRN – Campus Natal Central, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

⁵Prof. Me. IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, profa.talitagentil@gmail.com

⁶Prof. Dr. IFBA – Campus Santo Amaro/DEPEN, raimisondeassis@gmail.com

137

INTRODUÇÃO

As matérias primas usadas na produção dos materiais cerâmicos são recursos naturais limitados. Diante da demanda mundial por materiais cerâmicos e, por outro lado, a preocupação com o impacto causado pela exploração mineral e a escassez de matéria prima; a utilização dos resíduos minerais em massa cerâmica, em substituição das matérias primas convencionais, é uma opção que vem sendo estudada e, em alguns casos, considerada viável. A questão da reciclagem dos resíduos e a sua possível utilização, bem como a questão ambiental global como um todo passou a ser um fator decisivo de tomada de decisão. Por outro lado, a cerâmica, a nível mundial, teve forte desenvolvimento tecnológico nos últimos 30 anos, onde o avanço dos materiais especiais, da tecnologia de combustão, da decoração, dos esmaltes e, em especial, do conhecimento da ciência dos materiais permitiu, através da combinação desses diferentes conhecimentos, o forte desenvolvimento da tecnologia e, conseqüentemente, o incremento da produção dos materiais cerâmicos, oferecendo ao mercado produtos com melhores características, produzidos por uma tecnologia limpa (ARAUJO et al., 2019; BRAGA, 2005).



A massa Paper Clay consiste numa mistura de argila com papel, resultando num material com características únicas para modelagem. Permite confeccionar peças com tamanhos variados, unir partes em qualquer condição de umidade. Em ponto de couro pode-se continuar modelando sem que a peça apresente trincas (PELLEGRINI, 2019).

O Paper Clay permite modelar peças cerâmicas de qualquer tamanho, unindo a argila em qualquer tamanho sem a necessidade de manter a peça úmida. Com a argila em ponto de couro pode-se continuar modelando sem o perigo que a peça sofra rachaduras. Essa massa tem essa propriedade de poder ser agregado em qualquer estado de umidade devido às fibras de celulose adicionadas à argila, estas fibras se comportam como pequenos condutores que bloqueiam a argila não permitindo que ela se movimente. Após a queima as fibras de celulose deixam poros proporcionando leveza às peças e uma aparência rústica (SOARES, 2011).

As fibras de celulose, misturadas no interior da argila, conferem uma melhor resistência ao estiramento da massa, ou seja, sua capacidade de ser rasgada no sentido longitudinal. A melhora em sua estrutura interna minimiza a ocorrência de trincas durante o processo de secagem. Além disso, após a secagem total da peça, podemos reparar as trincas que ocorrerem e adicionar o Paper Clay sobre as regiões que já estavam secas, continuando-se o processo de modelagem (SOARES, 2011; MACHADO, 2012).

A proporção de celulose e o tipo de papel utilizado podem variar e interferir no produto, bem como o tipo de resíduo mineral, pois quanto mais fibras forem adicionadas à massa cerâmica, mais forte ficará enquanto estiver crua, entretanto ficará mais frágil e leve após o processo de queima.

Neste contexto, A proposta deste trabalho foi incorporar resíduo mineral e papel reciclado do tipo sulfite em massa cerâmica; sendo esta utilizada para a produção de peças decorativas utilizando a técnica de paper clay, agregando valor ao produto e propiciando um destino adequado ao resíduo mineral.

METODOLOGIA

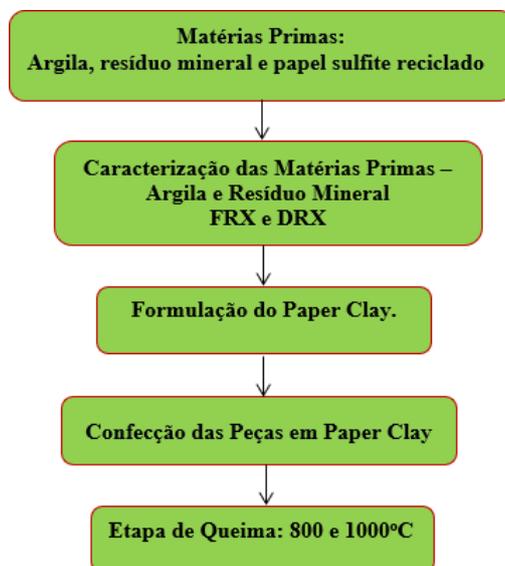
Neste trabalho foi utilizada argila do município de Miguel Calmon – BA. Esta argila apresenta um $9 < IP < 15$, sendo considerada medianamente plástica. O resíduo mineral utilizado foi o da exploração de ouro, cedido pela empresa Yamana Gold, localizada no município de Jacobina–BA.

O resíduo mineral e a argila de Miguel Calmon utilizadas neste trabalho passaram pelo processo de cominuição mecânica, realizada no moinho de bolas, seguido pela etapa de



peneiramento; sendo utilizado material particulado com granulometria passante na peneira de 200 mesh.

A metodologia simplificada adotada para o pleno desenvolvimento do projeto encontra-se apresentada na Figura 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada no projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

A Tabela 1 mostra o resultado de fluorescência de Raios X realizado na argila de Miguel Calmon-BA e a Tabela 2 o resultado do resíduo da exploração de ouro fornecido pela empresa Yamana Gold.

Tabela 1. Análise semiquantitativa da argila de Miguel Calmon – BA – FRX

Óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO ₃	MgO	Cl	P ₂ O ₅	Outros
%	56,14	32,33	1,76	6,41	0,96	0,38	0,22	1,4	0,07	0,07	0,26

Na argila observa-se que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com teor de 56,14%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, o que proporcionara na massa uma redução na plasticidade da argila. O segundo óxido mais abundante é o Al₂O₃ com 32,33%, geralmente combinado formando os argilominerais.

O feldspato potássico – K₂O, com teor de 1,76%, é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando queimado entre 950 e 1000°C. O óxido de ferro – Fe₂O₃ possui



teor de 6,41%, propiciando na massa cerâmica formada uma cor alaranjada, intensificando-se com o aumento progressivo na temperatura de queima. O teor de 1,40% de MgO está associado a presença de dolomita (DURAES, 2019).

Tabela 2. Análise semiquantitativa do resíduo mineral da exploração de ouro em Jacobina/BA – FRX

Óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SO ₃	MgO	Outros
%	90,8	3,9	0,54	1,6	0,9	1,3	1,4	0,27

O principal óxido presente no resíduo da exploração de ouro de Jacobina/BA é o óxido de silício - SiO₂ com 90,80%. Devido esse óxido propiciar uma redução acentuada na plasticidade da massa cerâmica, deve-se trabalhar com um percentual não superior a 20%. Em massa cerâmica vem sendo utilizado em substituição ao uso de quartzo na formulação.

A Figura 2 mostra o difratograma da argila de Miguel Calmon – BA utilizada neste trabalho.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO₂), caulinita [Al₂Si₂O₅(OH)₄], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por fluorescência de raios-X. A haloisita presente indica a presença de dolomita.

140

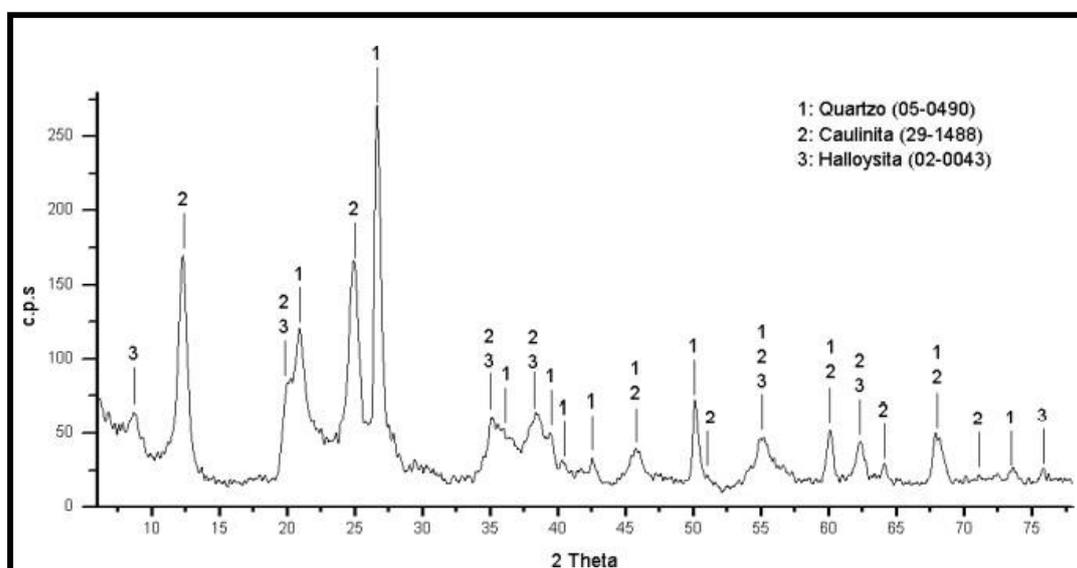


Figura 2. Difratograma da argila de Miguel Calmon-BA.

A Figura 3 mostra a fluorescência do resíduo mineral utilizado.

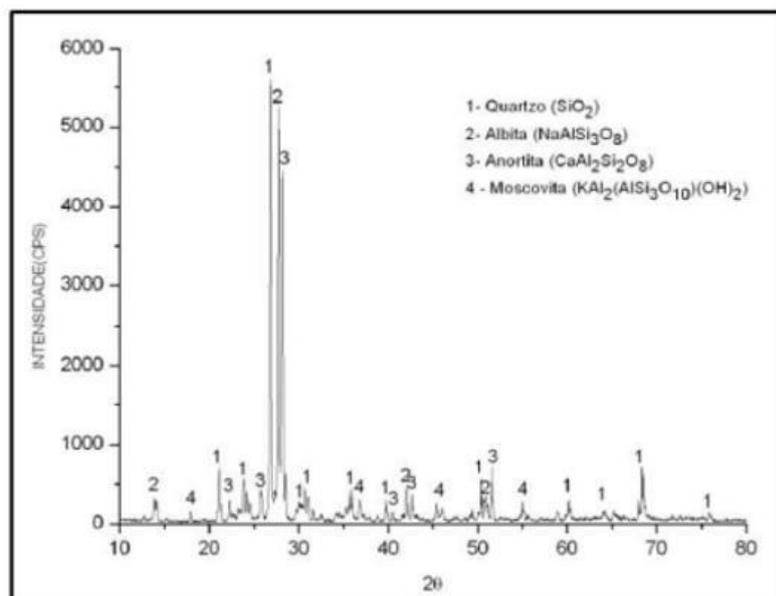


Figura 3. Difração de raios-X do resíduo mineral utilizado no projeto.

No difratograma de Raios X do resíduo os principais picos presentes são de quartzo (SiO_2), albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) e muscovita $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, estando em conformidade com a análise de FRX realizada.

O papel sulfite utilizado foi proveniente de papel utilizado no próprio instituto de ensino, sendo reciclado.

141

Formulação das Massas de Paper Clay

A formulação da massa de Paper Clay é mostrada no Quadro 1.

Quadro 1. Composição das formulações do paper clay

Matérias primas	Formulação 1 Percentual em massa (%)	Formulação 2 Percentual em massa (%)
Argila de Miguel Calmon - BA	80	75
Papel Sulfite Reciclado	10	15
Resíduo Mineral	10	10
Água	40	40

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como o paper clay é trabalhado em solução aquosa, o percentual de água pode variar para mais ou para menos, dependendo do tipo de argila utilizada.

Preparação do Paper Clay

As seguintes etapas compõem a produção de paper clay:

Preparação do papel, que deve ser picotado e deixado em imersão em água por pelo menos 3 horas, sendo em seguida triturado no liquidificador por 5 a 10 minutos, tornando-se uma pasta homogênea e uniforme. Em seguida deverá ser escorrido em uma peneira, eliminando-se o excesso de água, evitando-se dessa forma que a água interfira quando da pesagem do papel;

Pesagem da argila a ser utilizada;

Colocar todas as matérias primas (papel triturado pesado, após retirada do excesso de água, resíduo mineral, argila e 40 a 50% de peso em água), bater durante um tempo de 5 a 10 minutos, até virar uma mistura bem uniforme. Após essa etapa despeja-se essa mistura numa placa de gesso, procurando distribuir uniformemente, de forma a obter uma camada de paper clay na espessura desejada. Espessuras maiores implicam num tempo maior de secagem. Em média, com espessuras de 3 a 5 mm, o tempo necessário leva de 5 a 10 minutos. A percepção do tempo certo de secagem é feita repuxando as bordas da massa: destacando-se da placa de gesso com facilidade é uma evidência que a massa já está pronta para uso.

As Figuras de 4 a 8 mostram as etapas de preparação do papel clay.



Figura 4. Preparação do papel sulfite.



Figura 5. Pesagem das argilas utilizadas no trabalho.



Figura 6. Preparação do resíduo mineral.



Figura 7. Espalhando a massa de Paper Clay na placa de gesso.



Figura 8. Paper clay pronto em ponto de couro sendo utilizado na confecção de flores.

A proporção de argila é sempre maior que a do papel, devendo-se procurar a proporção mais ideal para o tipo de trabalho que pretende desenvolver e o tipo de argila utilizada.

Processamento Térmico

As peças de paper clay após a confecção foram colocadas numa estufa a 57°C para secagem por 24 horas, sendo posteriormente queimadas num forno tipo Mufla, durante 1 hora, com taxa de aquecimento de 10°C/min, nas temperaturas de queima de 800 e 1000°C.



A Figura 9 mostra as flores de paper clay após a etapa de queima.

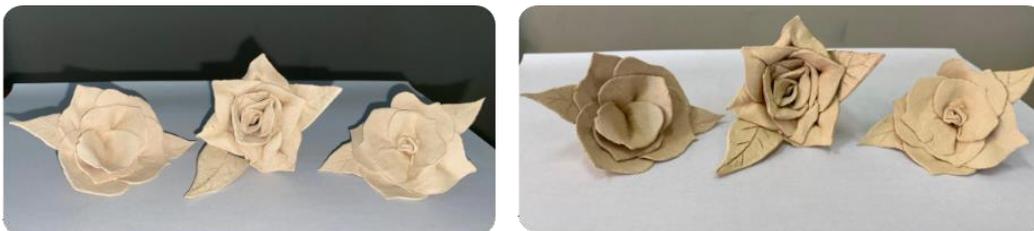


Figura 9. Flores de paper clay após a etapa de queima. 800°C e 1000°C.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização do resíduo mineral não interferiu na qualidade da massa de paper clay, podendo ser utilizado em conjunto com a argila, preferencialmente às altamente plásticas, pois o resíduo tende a diminuir um pouco a plasticidade da massa. No geral as peças de paper clay apresentam baixa resistência mecânica devido aos espaços vazios provenientes da saída das fibras de celulose durante a etapa de queima, contudo há grande melhoria na trabalhabilidade com essa massa e os efeitos obtidos podem ser diversificados através do uso de fibras de tamanhos e estruturas diferentes. Temperaturas mais elevadas, em torno de 1200°C, favorecerão uma maior resistência mecânica e uma maior diversidade de cores.

144

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Processamento Mineral – Campus/Natal Central pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a DIPEQ/CNAT/IFRN pelo aporte financeiro na forma de bolsa de pesquisa e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M do IFRN/Campus Natal Central.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, H. S. R. et al. Incorporação de resíduo de quartzito da região de Queimada Nova- PI em massa cerâmica para produção de blocos estruturais. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 63, 2019. Bonito. Anais...Bonito, 2019.
- BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2a Edição. Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2005.
- DURAES, M. O. et al.. Produção de peças de decoração utilizando o paper clay. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2019, 55, Bonito. Anais...Bonito, 2019.



MACHADO, T. G. Estudo da adição de resíduo de scheelita em matriz cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura. Tese (Doutorado). Programa de Pós- graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. UFRN. Natal, 2012.

PELLEGRINI, D. Paper Clay. Disponível em: <http://paperclayceramica.blogspot.com/2014/06/o-que-e-paper-clay.html>. Acesso em: 01/02/2019.

SOARES, C. S. et al. Desenvolvimento de paper clay para cerâmica artística. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 55, 2011, Porto de Galinhas. Anais...Porto de Galinhas, 2011.



INCORPORAÇÃO DE CASCA DE OVO EM MASSA CERÂMICA

Tercio Graciano Machado¹
Maicon Breno N. Silva²
Djalma Valério R. Neto³
Flanelson Maciel Monteiro⁴
Beliato Santana Campos⁵
Raimison Bezerra de Assis⁶

¹Prof. Dr. IFRN – Campus Natal Central/DIACIN, gracianomil@hotmail.com

²Discente, IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, tercio@ifba.edu.br

³Técnico, IFRN – Campus Natal Central/DIAREN, djalma.neto@ifrn.edu.br

⁴Prof. Dr., IFRN – Campus Natal Central, flanelson.monteiro@ifrn.edu.br

⁵Prof. Dr., IFBA – Campus Jacobina/DEPEN, belycampos10@gmail.com

⁶Prof. Dr., IFBA – Campus Santo Amaro/DEPEN, raimisondeassis@gmail.com

146

INTRODUÇÃO

Atualmente é perceptível a crescente necessidade de preservação ambiental, existe uma tendência de escassez dos recursos naturais e a utilização de novos produtos cerâmicos dotados de propriedades funcionais cada vez melhores, tem de maneira especial estimulado a pesquisa em direção à aplicação de materiais de baixo custo (CASAGRANDE et al., 2008). Desta forma, podemos observar que, o setor de cerâmica se revela como uma alternativa na busca da valorização e aproveitamento de grande quantidade de materiais descartados, de diversos tipos e origens, quando comparado aos métodos tradicionais.

Para Dondi et al. (1997) e Menezes et al. (2007), as principais razões que tornam o setor cerâmico atrativo para a valorização e aproveitamento de resíduos sólidos são relacionados como: a disponibilidade da indústria cerâmica, particularmente o setor voltado para materiais para construção civil, devido à utilização de grandes quantidades de matérias-primas naturais; a possibilidade de menor consumo de matérias-primas naturais; não causa grandes modificações no processo produtivo; tem uma larga variabilidade da composição



química e mineralógica; e a possibilidade de inertização do resíduo poluente na matriz cerâmica.

É notadamente evidente que a indústria de cerâmica vermelha no Brasil tem grande importância no cenário da construção civil devido à expressiva produção nacional de blocos cerâmicos, telhas, manilhas e elementos vazados.

No Brasil o ovo galináceo é um produto de baixo custo e largamente consumido pela maioria da população. É sabido que a industrialização deste produto gera vantagens econômicas, porém produz no Brasil cerca de 172.000 toneladas de resíduo em forma de casca por ano (FREIRE et al., 2008). Em geral, a maioria do resíduo de casca de ovos gerado no Brasil tem sido descartado no meio ambiente. Embora o resíduo de casca de ovos não seja considerado perigoso, ele não pode ser simplesmente descartado em aterros sanitários e lixões. Isto se deve ao fato de atrair ratos e vermes causando problemas ambientais e de saúde pública. O resíduo de casca de ovo é composto principalmente de carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo uma importante fonte de CaO (FREIRE, 2008).

A proposta central deste trabalho é incorporar as cascas de ovos cominuídas em moinho de bolas em massa cerâmica e verificar sua eficácia para utilização em materiais cerâmicos. O resíduo será aplicado em substituição ao material fonte de cálcio, o mineral calcita.

147

METODOLOGIA

O fluxograma simplificado apresentado na Figura 1 mostra a sequência adotada para a incorporação de cascas de ovos em massa cerâmica.

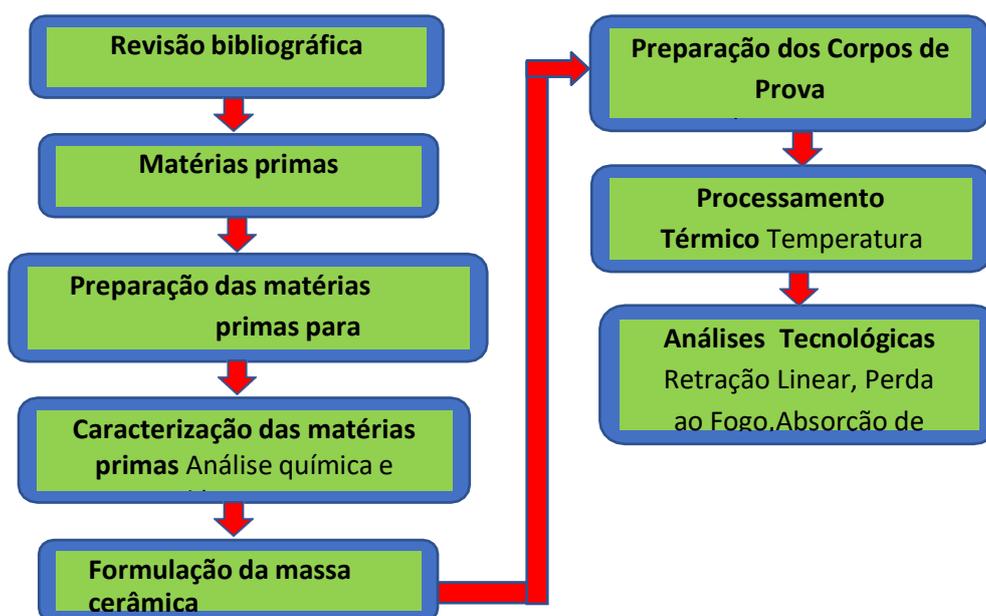


Figura 1. Fluxograma da metodologia adotada no projeto.



Matérias Primas

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram uma argila, obtida numa jazida no município de Miguel Calmon – BA, e resíduos de cascas de ovos. Ambos passaram por processo de secagem em estufa com temperatura de 57°C, durante 24 horas; sendo cominuídos em moinho de bolas (esferas de aço) durante 1 hora. Posteriormente foram processados em almofariz com pistilo para desaglomeração do material formado. O peneiramento da argila e das cascas de ovos foi realizado em peneira com malha de 200 mesh (normalização da ABNT). Em seguida, a argila foi encaminhada para análise de fluorescência e difração de Raios X.

Formulação dos Corpos de Prova

Na formulação das massas cerâmicas é comum se utilizar do Planejamento Experimental e Estatístico com o intuito de diminuir o número de experimentos necessários para a otimização das amostras. A escolha do procedimento deve-se as características das matérias primas utilizadas, bem como da aplicação das mesmas (MACÊDO, 2007).

Neste trabalho optou-se pelo procedimento experimental prático para a montagem das formulações, produzindo-se um total de quatro formulações distintas, conforme Quadro 1.

148

Quadro 1. Composição e nomenclatura das formulações

Nomenclatura das amostras	Argila (%)	Resíduo das cascas de ovo (%)
C	100	-
M	90	10
A	85	15
I	80	20

Fonte: Elaborado pelo autor.

Preparação dos Corpos de Prova

Na preparação dos corpos de prova, combinando-se percentuais de argila e resíduo de cascas de ovos, conforme Quadro I, foram preparadas duas amostras por formulação e temperatura de queima, totalizando 24 (vinte e quatro amostras). As amostras foram pesadas (12 g cada), umedecidas e misturadas com água destilada (percentual próximo de 10% em peso), adquirindo consistência plástica para o processo de conformação. Em seguida foram colocadas em sacos plásticos, preservando sua umidade, pelo período de descanso de 24 horas.



O processo de conformação dos corpos de prova foi realizado através de prensagem uniaxial com uma prensa hidráulica com capacidade para 15 toneladas, utilizando uma matriz metálica com dimensões 60 x 20 x 2 mm. Foi utilizada uma pressão de compactação de 3 toneladas, durante 30 segundos. Após a compactação os corpos de prova foram identificados e colocados para secagem numa estufa elétrica por um período de 24 horas, numa temperatura de 110 °C.

Processamento Térmico

Os corpos de prova foram queimados num forno tipo Mufla. A taxa de aquecimento adotada foi de 10 °C/min. A isoterma foi de 1 hora nas temperaturas de 850°, 900° e 1000°C.

Caracterização Estrutural

As propriedades tecnológicas dos corpos de prova foram determinadas através das análises dos resultados dos ensaios de Absorção de Água (AA%), Porosidade Aparente (PA%), Retração Linear de Queima (RLQ%) e Perda ao Fogo (PF%); além da análise visual da coloração obtida. Na análise da coloração dos corpos de prova, os mesmos, foram agrupados de acordo com a temperatura de queima, perfazendo três grupos e, em seguida, sendo fotografados.

149

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Matérias Primas

Caracterização da Argila

A argila utilizada neste trabalho (argila do município de Miguel Calmon – BA) foi considerada medianamente plástica, apresentando valores de índice de plasticidade entre $9 < IP < 15$. A Tabela 1, mostra o resultado de Fluorescência de Raios X, realizado na argila de Miguel Calmon–BA.

Tabela 1. Análise semiquantitativa da argila de Miguel Calmon–BA – FRX

Óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO ₃	MgO	Cl	P ₂ O ₅	Outros
%	56,14	32,33	1,76	6,41	0,96	0,38	0,22	1,4	0,07	0,07	0,26

O principal óxido presente na argila é o SiO₂, com teor de 56,14%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, o que proporcionara na massa uma redução na plasticidade da argila.



O segundo óxido mais abundante é o Al_2O_3 com 32,33%, geralmente combinado formando os argilominerais. O óxido de potássio - K_2O (na forma do mineral feldspato potássico), com teor de 1,76%, é considerado um fundente e confere resistência mecânica quando o material é queimado entre 950o e 1000°C.

O óxido de ferro - Fe_2O_3 possui teor elevado de 6,41%, propiciando na massa cerâmica uma tonalidade alaranjada, intensificando-se com o aumento progressivo na temperatura de queima. O teor de 1,40% de MgO está associado a presença de dolomita (MÁS, 2002).

Na análise química do resíduo de casca de ovo realizado via fluorescência de Raios X, percebe-se que 98,88% é de carbonato de Cálcio (CaCO_3). Os demais óxidos presentes totalizaram 1,12% (Fe_2O_3 , SiO_2 e outros), sendo considerado impurezas.

A Tabela 2 mostra a análise química por fluorescência de Raios X realizado no resíduo de casca de ovo.

Tabela 2. Análise semiquantitativa dos resíduos de casca de ovo- FRX

Óxidos	CaCO_3	SiO_2	Fe_2O_3	Outros
%	98,88	0,45	0,1	0,57

A Figura 2 mostra o difratograma da argila de Miguel Calmon - BA utilizada neste trabalho.

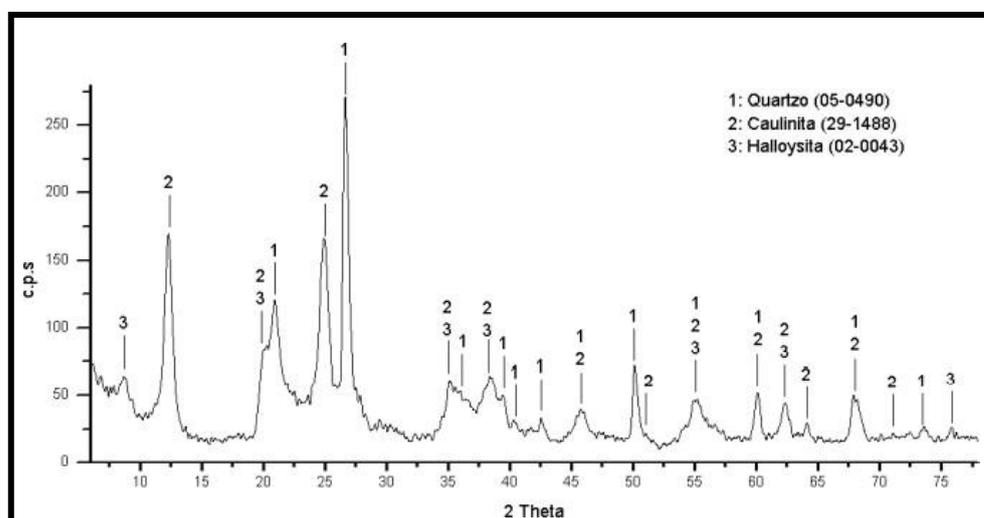


Figura 2. Difratograma da argila de Miguel Calmon-BA.

No difratograma percebe-se a presença de quartzo (SiO_2) e caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por Fluorescência de Raios - X. A haloisita presente indica a presença de dolomita.

Ensaio Tecnológicos

A Figura 3 mostra o resultado do ensaio de Retração Linear, com desvio padrão de no máximo 0,4%, realizado nas formulações nas diferentes temperaturas de queima.

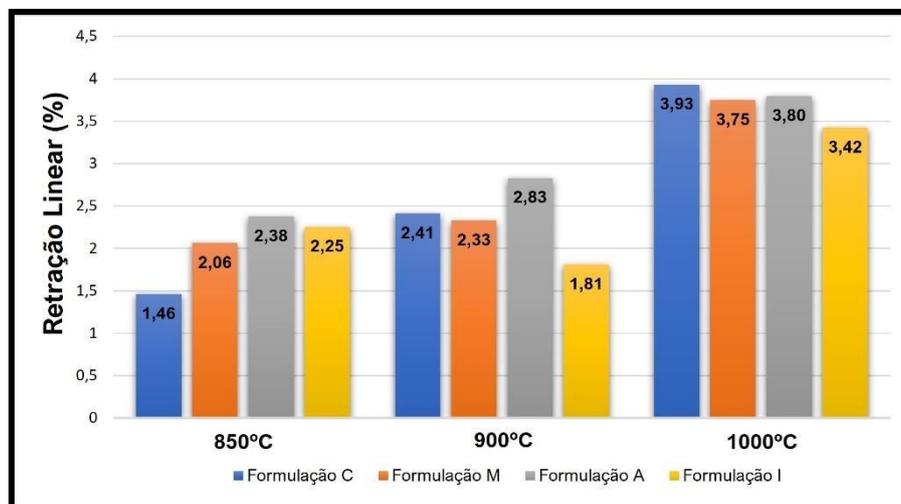


Figura 3. Gráfico de retração linear nas formulações.

É perceptível que os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente na retração linear com o aumento de temperatura de queima, apresentando os menores valores a 850°C e os maiores a 1000°C.

151

Notadamente, as amostras das formulações M e A com percentual de resíduo de cascas de ovos, respectivamente de 10 e 15%, apresentam as maiores retrações lineares; fato este não verificado na formulação M a 900°C e 1000°C, embora encontrando-se dentro da margem de erro.

A Figura 4 mostra o resultado do ensaio de perda ao fogo (PF) nas formulações estudadas, com desvio padrão de no máximo 1%.

Observa-se que os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente da perda ao fogo com o aumento de temperatura de queima, apresentando os menores valores a 850°C (exceto na formulação C, que corresponde a 100% da argila) e os maiores a 1000°C. As formulações A e I com os maiores percentuais de resíduo de cascas de ovos, também, apresentam os maiores valores de perda ao fogo. Sendo a argila (formulação C), possuindo os menores valores de perda ao fogo.



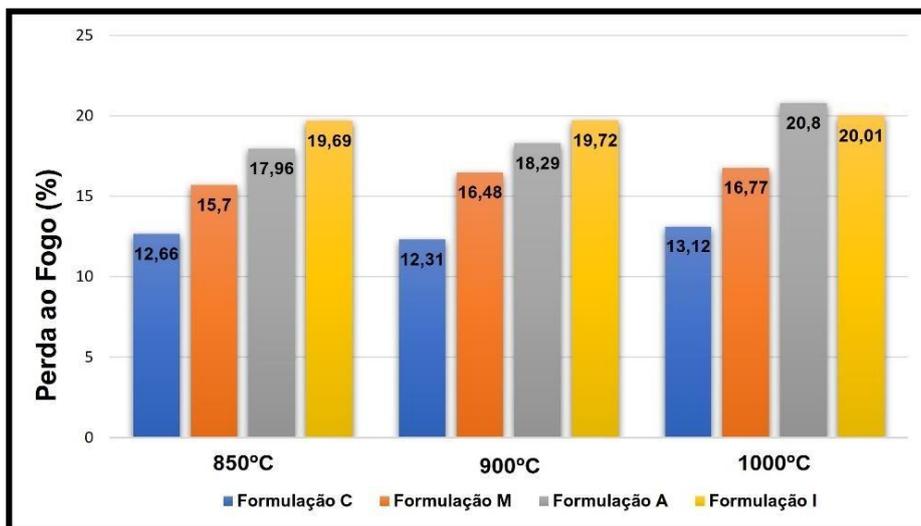


Figura 4. Gráfico de perda ao fogo nas formulações.

A Figura 5 mostra o resultado do ensaio de absorção de água (AA) nas formulações estudadas, com desvio padrão de no máximo 1,4%.

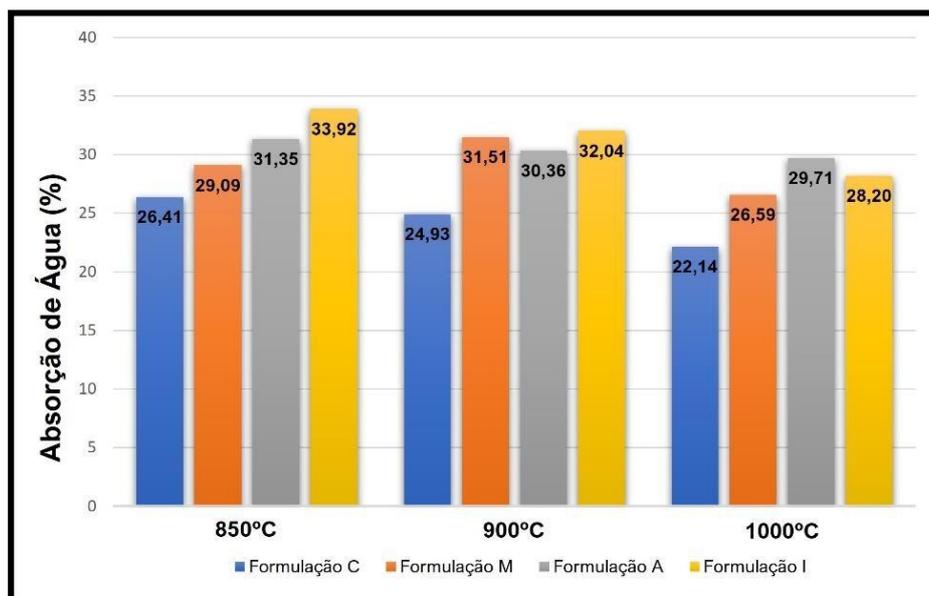


Figura 5. Gráfico de absorção de água nas formulações.

O resultado de absorção de água nas formulações está coerente com os resultados obtidos no ensaio de retração linear apresentados na Figura 3. Há uma redução na absorção de água com o aumento crescente na temperatura de queima dos corpos cerâmicos, nas formulações estudadas. A maior absorção de água foi verificada na formulação I na temperatura de 850°C, ficando em torno de 33%, enquanto a menor absorção, em torno de 22%, foi verificada na formulação C na temperatura de 1000°C. Notadamente, quanto maior o



percentual de resíduo de cascas de ovos, em temperaturas abaixo de 900°C, maior será o teor de absorção de água.

A Figura 6 mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente (PA) nas formulações estudadas, com desvio padrão não superior a 1,3%.

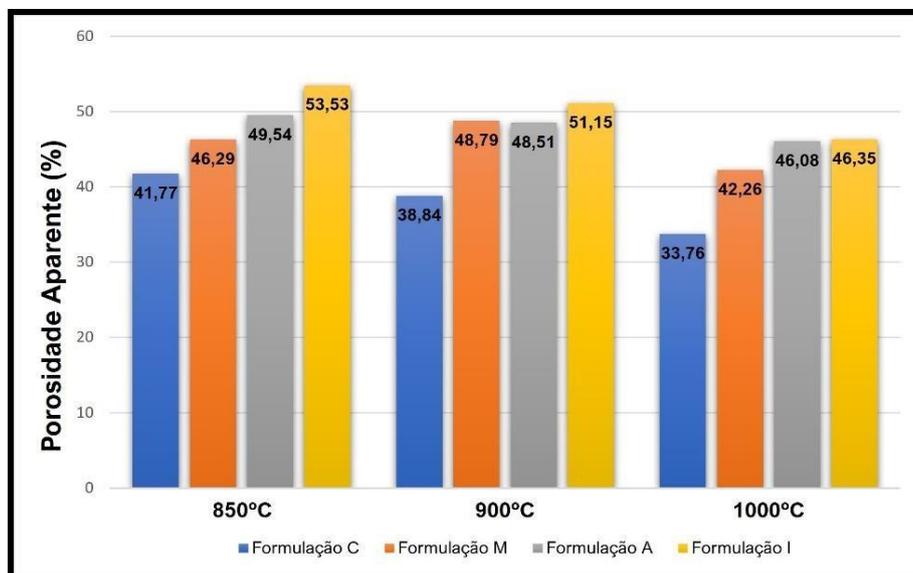


Figura 6. Gráfico de porosidade aparente nas formulações.

Os resultados do ensaio de porosidade aparente nos corpos de prova das formulações estudadas estão em conformidade com os resultados de absorção de água e retração linear de queima. Percebe-se, no geral, uma diminuição na porosidade aparente com o aumento na temperatura de queima. Observa-se que, na formulação C (correspondente a argila), ocorre a maior redução cerca de 33% na temperatura de 1000°C. Na faixa entre 900°C e 1000°C, a redução maior na porosidade ocorre nas formulações com menor teor de resíduo de cascas de ovos.

Coloração dos corpos de prova após a queima

As Figuras 7A, 7B e 7C mostram as fotos dos corpos de provas das formulações estudadas nas diferentes temperaturas de queima.





Figura 7. Fotos dos corpos de prova das formulações estudadas na temperatura de 850°C; B) 900°C; e C) 1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min, no tempo de 1 hora.

Percebe-se que nas temperaturas de queima estudadas há pouca alteração na tonalidade dos corpos de prova devido ao processo de oxidação da mistura da argila com o aumento do teor do resíduo de cascas de ovos. Temperaturas mais elevadas e teor mais alto de resíduo propiciam a formação de um produto com tonalidade pouco mais clara (comparação entre as amostras a 850°C e a 950°C).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que o uso de casca de ovos na matriz cerâmica apresentou dados de absorção de água e porosidade aparente elevados nas temperaturas de queima estudadas nesse trabalho (absorção de água 22,14 - 33%; porosidade aparente 33,7 - 53,5%). Teores elevados do resíduo de casaca de ovos (>20%) propiciaram uma redução drástica nas propriedades mecânicas das peças, não sendo seu uso aconselhável para uso em peças estruturais. Além disso, no caso de peças cerâmicas extrudadas (telhas, blocos, dentre outras), poderão propiciar um desgaste de partes/componentes, reduzindo-se o tempo de vida útil delas.

Os resultados obtidos indicam ser interessante aplicar o resíduo de casca de ovos em massa cerâmica em temperaturas mais altas; em substituição a calcita.

Comparativamente, as formulações com 10 e 15% do resíduo de casca de ovos testada em temperaturas superiores a 1000°C, podem apresentar resultados interessantes e, assim, atendendo as especificações técnicas, indicando a possibilidade de aplicações diversas em corpos cerâmicos. Para tanto, seria interessante realizar a calcinação do resíduo de casca de ovo, pois nesse processo haveria a transformação do CaCO_3 em CaO ; melhorando-se a qualidade do produto.



AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa Processamento Mineral – Campus/Natal Central pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, a DIPEQ/CNAT/IFRN pelo aporte financeiro na forma de bolsa de pesquisa e ao Laboratório de Tecnologia Mineral e Materiais – LT2M do IFRN/Campus Natal Central.

REFERÊNCIAS

CASAGRANDE, M. C.; SARTOR, M. N.; GOMES, V.; DELLA, V. P.; HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. *Cerâmica Industrial*, v.13, 2008.

DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – a review. *Tile & Brick International*, v.13, p.218-225, 1997.

FREIRE, M. N.; SOUSA, S. J. G.; HOLANDA, J. N. F. Using eggshell in red wall tiles. *Waste and Resource Management*, v.161, p.23-27, 2008.

MACÊDO, R. M. P. R. Aplicação da metodologia de planejamento de experimentos para formulação de massas cerâmicas para telhas. 103f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

MÁS, E. Qualidade e Tecnologia em Cerâmica Vermelha. Editora Pólo Produções Ltda. São Paulo, 2002.

MENEZES, R. R. et al. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de blocos e telhas cerâmicos. *Revista Matéria*, v.12, n.1, p.226–23, 2007.



UTILIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) PARA CÁLCULO COMPARATIVO DA PEGADA DE CARBONO DA SÍNTESE DE METAL-ORGANICS FRAMEWORKS MG-MOF-74

Jussara Lopes de Miranda¹
Virgílio José Martins Ferreira Filho²
Cristiano Nunes da Silva³
Dejair de Pontes Souza⁴
Dantiele Werneck de Souza Albuquerque⁵
Mariana Figueredo Jacques de Souza⁶

¹Prof. Dra., Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jussara@iq.ufrj.br

²Prof. Dr., Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, virgilio@coppe.ufrj.br

³Aluno do Curso Pós-Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Química e Pesquisador do Laboratório SAGE, cristiano@sage.coppe.ufrj.br

⁴Pesquisador Me. do Laboratório SAGE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, dejair@sage.coppe.ufrj.br

⁵Msc. Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, dantiele.albuquerque@gmail.com

⁶Aluna do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, marianafjs@gmail.com

156

INTRODUÇÃO

Os MOFs (Metal Organic Frameworks) ou redes metalo-orgânicas são estruturas cristalinas porosas, supramoleculares formadas a partir de íons (ou clusters) metálicos coordenados por moléculas orgânicas em ponte. As principais características dessa classe de materiais são: sua composição híbrida, sua elevada área superficial, presença de poros ajustáveis e resistência térmica e mecânica (TRANCHEMONTAGNE et al., 2008; ROWSELL & YAGHI, 2004; YAO et al., 2014). Consequentemente geram estruturas robustas e de grande aplicabilidade nos mais diversos segmentos, como por exemplo: catálise heterogênea, fármacos, sensores químicos, separação e armazenamento de gases, dentre outros (ROWSELL & YAGHI, 2004).



Seus componentes podem conferir estruturas com arranjos de dimensionalidade variável, uni, bi e tridimensional, (1D, 2D e 3D) (KUMAR et al., 2015), perfazendo sólidos desde microporosos e mesoporosos (CALLEJA et al., 2014). As moléculas orgânicas que promovem a coordenação dos centros metálicos devem possuir características específicas, como: rigidez que confere estabilidade ao MOF; conter grupos funcionais (idênticos ou não) capazes de coordenar os centros metálicos, de preferência em posições opostas na molécula, e assim formar pontes entre os centros metálicos e as moléculas orgânicas. Por isso são chamados usualmente de ligantes e os mais utilizados são os ácidos carboxílicos, compostos hidroxilados, ácidos sulfônicos e anéis contendo heteroátomos (PAZ & ROCHA, 2014).

Inicialmente, o MOF não apresentava estabilidade, ocorrendo colapso da estrutura, causando a ausência de porosidade permanente. Com o avanço das pesquisas, foram desenvolvidos MOFs com estabilidade maiores e com características promissoras para diversas aplicações (ALCAÑIZ, 2012). Apesar do avanço da tecnologia na produção de MOFs, o seu processo de produção continua relativamente caro, principalmente devido ao elevado custo de energia envolvido e pela utilização de reagentes dispendiosos. Desse modo, o aprimoramento de processos que tenham como premissas a diminuição do consumo de reagentes e de energia são fundamentais para que possam ser inseridos no mercado. Portanto a utilização de ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV (NBR ISO 14040) no aprimoramento do processo, é importante para auxiliar na elaboração de novos processos que podem ser viáveis tanto tecnicamente como economicamente.

157

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que permite avaliar o impacto ambiental potencial associado a um produto ou atividade durante seu ciclo de vida. Podendo assim identificar quais estágios do ciclo de vida possui maior impacto ambiental do processo que está sendo estudado, com a utilização do ACV é possível ver como melhorar o processo ou ver uma nova alternativa para o produto (COLTRO, 2007).

O objetivo deste trabalho foi utilizar a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no desenvolvimento do processo de duas rotas sintéticas do Mg-MOF-74 de forma a verificar como esses processos contribuem com os impactos relacionadas a pegada de carbono, a fim de corroborar com o amadurecimento de processos mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e econômico.

METODOLOGIA

Revisão Sistemática



Foi realizado um protocolo para a busca de artigos científicos envolvendo a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da síntese de Metal-Organic Frameworks (MOFs). A busca foi realizada na plataforma Web of Science. A Tabela 1 apresenta os termos pesquisados.

Tabela 1. Termos pesquisados no Web of Science

Busca	Termos
#1	TS=("METAL-ORGANIC FRAMEWORK*" OR "MOF")
#2	TS=("LIFE CYCLE" OR "LCA" OR "LCC")

Após essa etapa foi feito o uso do operador "AND" para construir a expressão utilizada em nossa revisão. Depois disso foi feita uma seleção de conteúdo com a leitura desses artigos para verificar se realmente os artigos tratavam do termo proposto ou se eram apenas abordagens exploratórias. O período dessa revisão sistemática foi até 10/06/2022.

Metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Este estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) comparativo de dois Mg-MOF-74 selecionados, um sintetizado pelo grupo LACQUA (Laboratório de Catálise e Química Ambiental) do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ-UFRJ) (ALBUQUERQUE, 2015) e outro bastante referenciado em outros trabalhos da literatura (GLOVER, 2011).

O trabalho foi fundamentado através das normas ISO 14040 e a 14044 (ABNT NBR ISO 14040, 2001; ABNT NBR ISO 14044, 2001), para a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para os dois processos sintéticos realizados em laboratório. Para isso os balanços de massa foram feitos com os valores estequiométricos e os processos de produção dos reagentes, solventes e produção de energia para o sistema energético brasileiro foram retirados da base de dados ecoinvent v.3.6. A unidade funcional escolhida foi de 1,0 kg de Mg-MOF-74 produzido, em ambas as rotas. Os dados de consumo de energia de cada processo foi feito através da potência de cada equipamento utilizado.

O fluxograma dos dois processos se encontram nas Figuras 1 e 2, respectivamente. O estudo da ACV foi realizado utilizando a metodologia Recipe para avaliação dos potenciais impactos ambientais para a pegada de carbono.



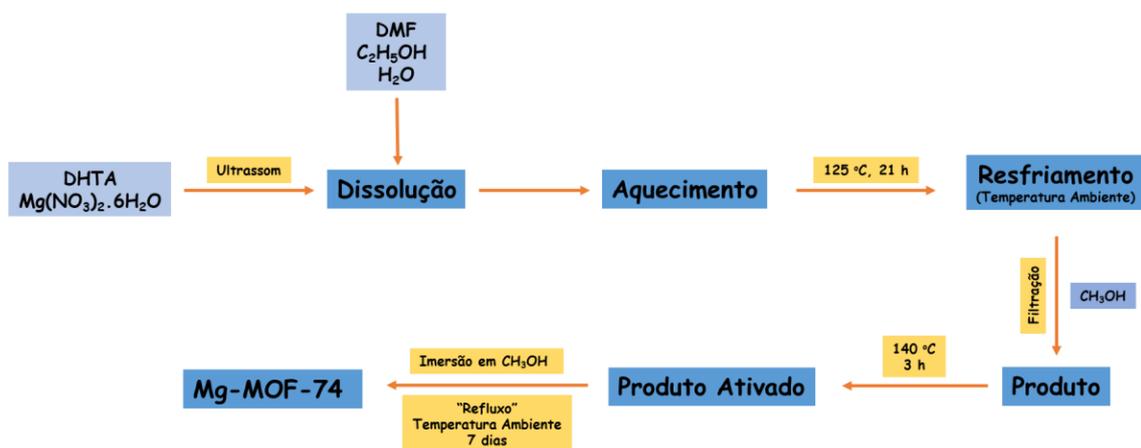


Figura 1. Fluxograma do processo.

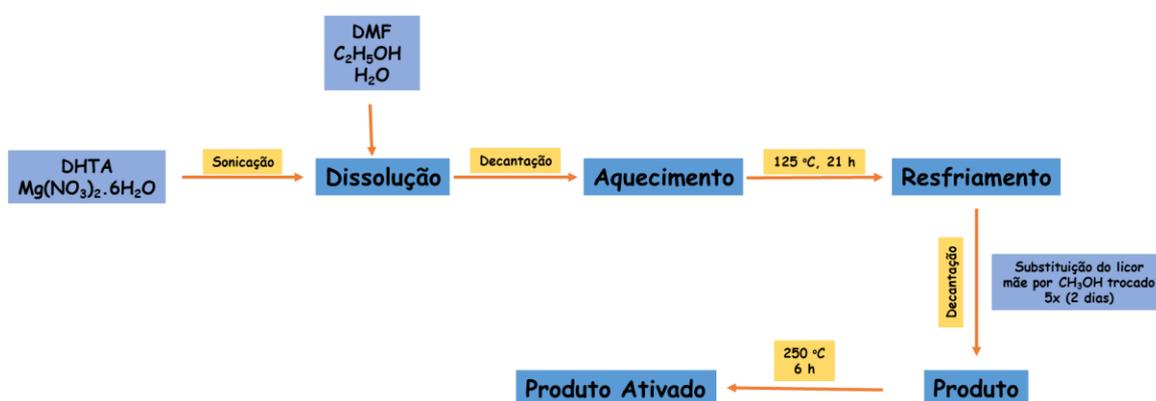


Figura 2. Fluxograma do processo realizado por Glover.

Para o mapeamento dos processos, o balanço de massa, a obtenção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e da Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida (AICV), foi utilizado o software Umberto LCA+ (Hamburgo, Alemanha). Esses estudos foram conduzidos no SAGE - Núcleo Rogério Valle de Produção Sustentável, pertencente à COPPE/UFRJ.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Revisão Sistemática da Literatura

Os resultados quantitativos para cada conjunto de palavras-chave separadamente foram de 81.057 artigos para a Busca #1 e 155.935 para a Busca #2. Como o resultado final após o uso do operador "AND" para construir a expressão utilizada em nossa revisão, obtemos 119 artigos. Depois da etapa de seleção restaram apenas 3 artigos (GRANDE, 2017; PICCINNO, 2016; NUSS, 2014). Evidenciando a escassez de trabalhos científicos com esse tema.

Um resultado interessante obtido pela Revisão Sistemática da literatura, mostrado na Figura 3, foi que em números relativos há um crescente aumento do número de trabalhos que

estão associados a combinação dos temas Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Metal- Organic Frameworks (MOFs), a partir do ano de 2017, com uma ligeira queda em 2019, provavelmente relacionada ao primeiro ano de pandemia global do coronavírus (COVID-19). Isso demonstra a importância recente desse tema e vislumbra novos estudos, como o desenvolvido neste trabalho.

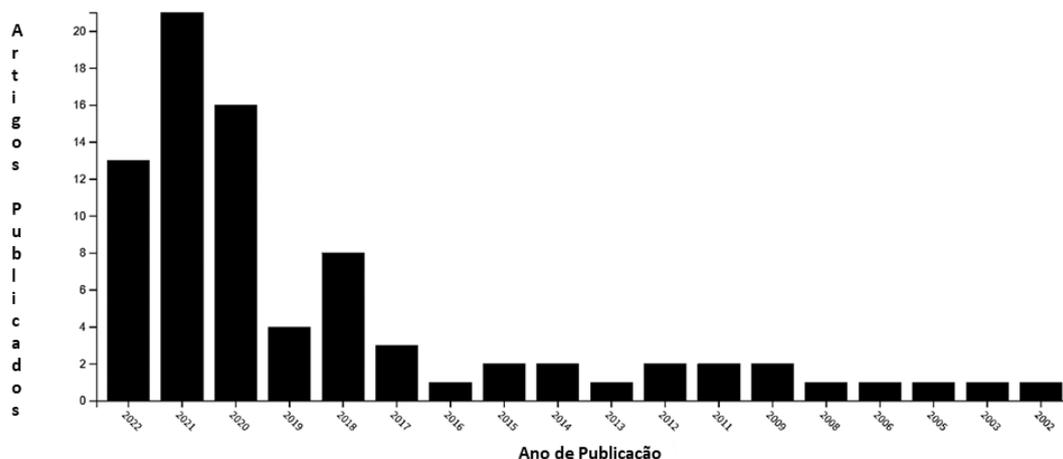


Figura 3. Ano da publicação relacionada às combinações dos temas pesquisados.

Análise do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para o Mg-MOF-74

As Figuras 4 e 5 mostram os projetos elaborados no software Umberto LCA+ para os materiais sintetizados, por Albuquerque e Glover, respectivamente. Através deles é possível calcular o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para a pegada de carbono.

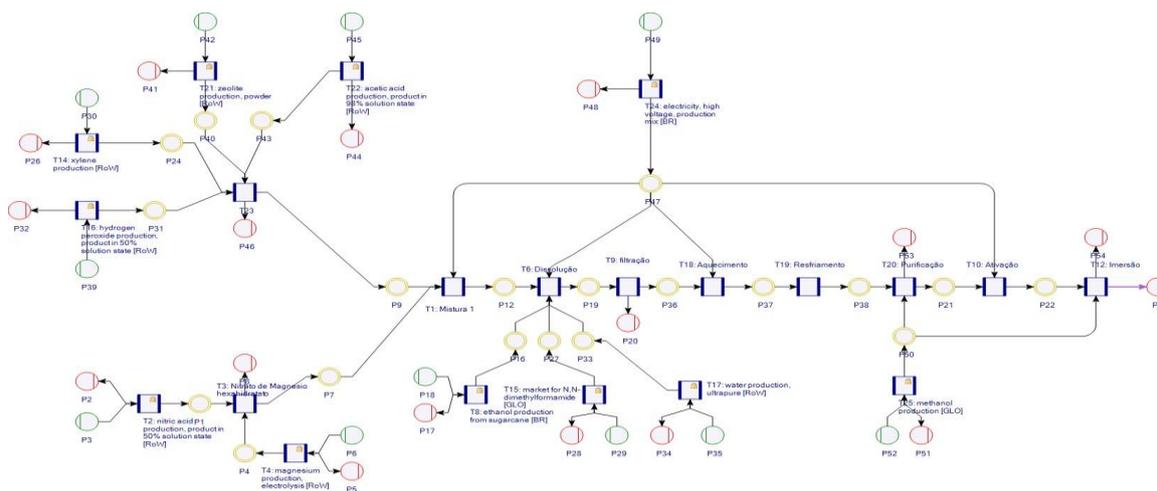


Figura 4. Projeto feito no software Umberto LCA+ para o Mg-MOF-74.



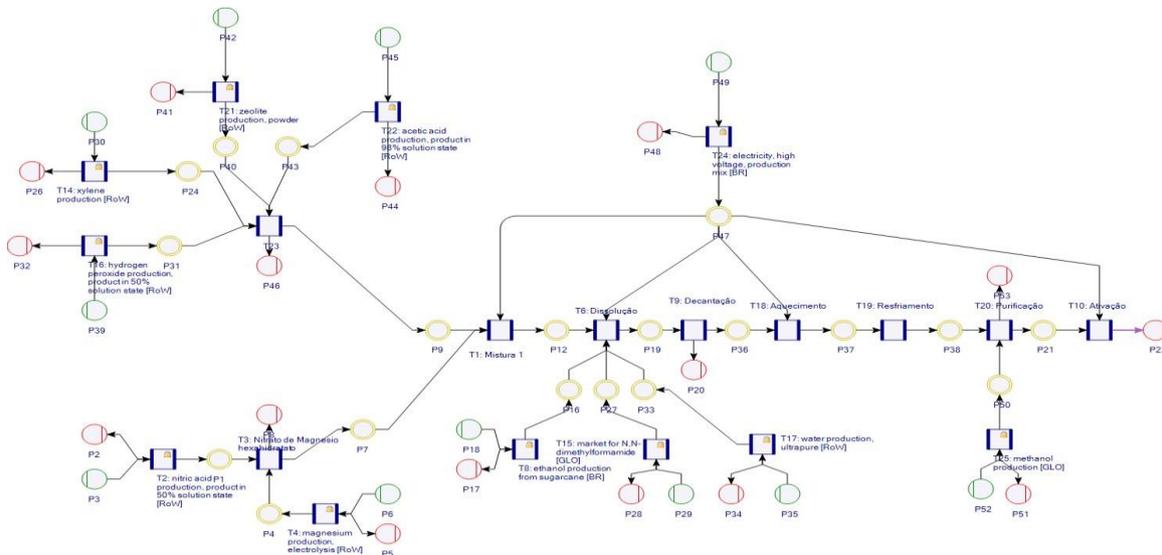
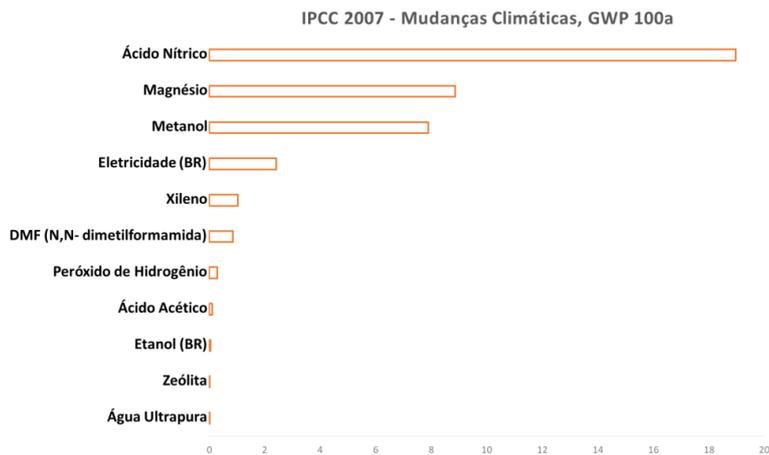


Figura 5. Projeto feito no software Umberto LCA+ para o Mg-MOF-74.

As Figuras 6 e 7 mostram o gráfico da pegada de carbono para os materiais



sintetizados.

Figura 6. Gráfico da pegada de carbono para o Mg-MOF-74.

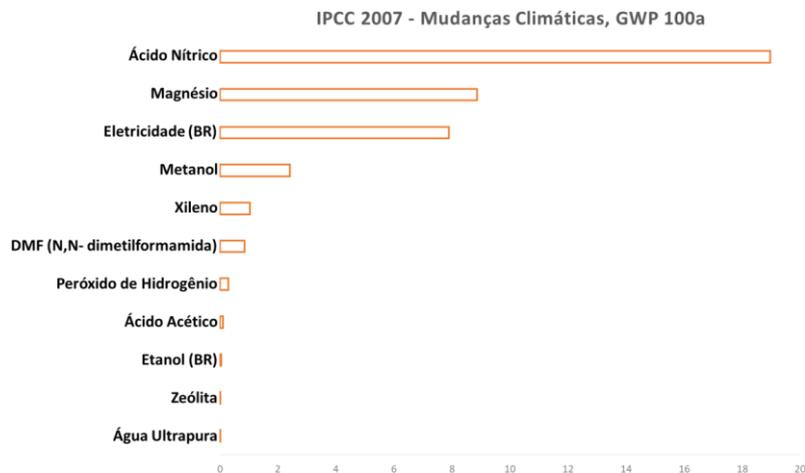


Figura 7. Gráfico da pegada de carbono para o Mg-MOF-74.



Na Tabela 2 se resume a pegada de carbono dos dois processos de síntese estudados neste trabalho.

Tabela 2. Resultado da pegada de carbono para os Mg-MOF-74 sintetizados

MOF	IPCC 2007 Mudanças Climáticas, GWP 100A
Dantielle Albuquerque	40,46
Grant Glover	39,04

Em relação à pegada de carbono, não houve muita diferença entre uma rota em relação a outra. Para o cenário de Albuquerque, a etapa de ativação gasta metade do tempo em relação à mesma etapa no processo de Glover, enquanto em relação consumo de solvente, a síntese de Glover gasta menos. Mesmo a rota proposta por Albuquerque levar numericamente uma vantagem (conforme podemos observar na Tabela 2) a redução do consumo energia desta síntese não foi significativo para reduzir a pegada de carbono de uma relação ao seu consumo de solvente. Observando as Figuras 6 e 7, podemos observar que os processos que mais contribuem para o aumento da pegada de carbono nesse estudo são: a produção de reagentes (ácido nítrico e magnésio, principalmente), consumo de eletricidade e consumo de solvente (principalmente o metanol) em ambos os cenários. É importante salientar que esse estudo é exploratório, que outras categorias de impacto devem ser consideradas nos próximos trabalhos.

162

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a pegada de carbono, a redução do consumo de energia elétrica para o cenário de Albuquerque, foi compensada pelo seu maior consumo de solvente e no cenário de Glover foi justamente o contrário, de uma maneira geral isso foi um fator determinante que faz com que a diferença entre a pegada de carbono entre as duas rotas não seja grande, apesar que numericamente a síntese de Albuquerque teve um impacto menor nesse fator de impacto. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se mostrou uma ferramenta robusta para o cálculo da pegada de carbono dos Mg-MOF-74.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório SAGE - Núcleo Prof. Rogerio Valle de Produção Sustentável do Programa de Engenharia de Produção do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEP-COPPE-



UFRJ) e ao LACQUA (Laboratório de Catálise e Química Ambiental) do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ-UFRJ).

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D. W. de S. Síntese e caracterização do material híbrido metal-orgânico, mg-mof-74, e sua aplicação em membrana polimérica para a captura de CO₂. 146f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Química. Instituto de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

ALCAÑIZ, J. J. Engineering of metal organic framework catalysts. Tese (Engenharia Química). Universidade Politécnica de Valencia Geboren te Elche. Espanha, 2013.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: 2001. 10p.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: 2009. 46p.

CALLEJA, G.; SANZ, R.; ORCAJO, G.; BRIONES, D.; LEO, P.; MARTÍNEZ, F.. Copper-based MOF-74 material as effective acid catalyst in Friedel–Crafts acylation of anisole. *Catalysis Today*, v.227, p.130-137, 2014.

COLTRO, L. Avaliação do ciclo de vida como instrumento de gestão. Campinas: Cetea/Ital, 2007. 72p.

DIETZEL, P. D. C.; BESIKIOTIS, V.; BLOM, R. Application of metal–organic frameworks with coordinatively unsaturated metal sites in storage and separation of methane and carbon dioxide. *Journal Of Materials Chemistry*, v.19, n.39, p.7362, 2009.

GLOVER, T. G.; PETERSON, G. W.; SCHINDLER, B. J.; BRITT, D.; YAGHI, O. MOF-74 building unit has a direct impact on toxic gas adsorption. *Chemical Engineering Science*, v.66, n.2, p.163-170, 2011.

GRANDE, C. A.; BLOM, R.; SPJELKAVIK, A.; MOREAU, V.; PAYET, J. Life-cycle assessment as a tool for eco-design of metal-organic frameworks (MOFs). *Sustainable Materials and Technologies*, v.14, p.11-18, 2017.

HU, J.; GU, X.; LIN, L.; BAKSHI, B. R. Toward Sustainable Metal– Organic Frameworks for Post-Combustion Carbon Capture by Life Cycle Assessment and Molecular Simulation. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, v.9, n.36, p.12132- 12141, 2021.

JANIAK, C.; VIETH, J. K. MOFs, MILs and more: concepts, properties and applications for porous coordination networks (pcns). *New Journal of Chemistry*, v.34, n.11, p.2366, 2010.



- KUMAR, P.; DEEP, A.; KIM, K.; BROWN, R. J. C. Coordination polymers: opportunities and challenges for monitoring volatile organic compounds. *Progress in Polymer Science*, v.45, p.102-118, 2015.
- LEE, S.; PARK, S. A review on solid adsorbents for carbon dioxide capture. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v.23, p.1-11, 2015.
- MANGANO, E.; BRANDANI, S.; FERRARI, M. C.; AHN, H.; FRIEDRICH, D.; LOZINSKA, M. L.; WRIGHT, P. A.; KAHR, J.; MORRIS, R.; CROAD, M. Efficient and rapid screening of novel adsorbents for carbon capture in the UK IGSCC Project. *Energy Procedia*, v.37, p.40-47, 2013.
- MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 02/08/2022.
- NIJEM, N.; CANEPA, P.; KONG, L.; WU, H.; LI, J.; THONHAUSER, T.; CHABAL, Y. J. Spectroscopic characterization of van der Waals interactions in a metal organic framework with unsaturated metal centers: mof-74mg. *Journal of Physics: Condensed Matter*, v.24, n.42, p.424203, 2012.
- NUSS, P.; ECKELMAN, M. J. Life Cycle Assessment of Metals: a scientific synthesis. *Plos One*, v.9, n.7, p.1-13, 2014.
- PAZ, F. A. A.; ROCHA, J. Metal-Organic Frameworks: o que são e para que servem. *Química*, 134, 2014.
- PICCINNO, F.; HISCHIER, R.; SEEGER, S.; SOM, C. From laboratory to industrial scale: a scale-up framework for chemical processes in life cycle assessment studies. *Journal Of Cleaner Production*, v.135, p.1085-1097, 2016.
- RAMOS, A. L. D.; TANASEB, S.; ROTHENBERGB, G. Redes Metalorgânicas e suas Aplicações em Catálise. *Quim. Nova*, v.37, n.1, p.123-133, 2014.
- TRANCHEMONTAGNE, D. J.; HUNT, J. R.; YAGHI, O. M. Room temperature synthesis of metal-organic frameworks: mof-5, mof-74, mof-177, mof-199, and irmof-0. *Tetrahedron*, v.64, n.36, p.8553-8557, 2008.
- UZUN, A.; KESKIN, S. Site characteristics in metal organic frameworks for gas adsorption. *Progress in Surface Science*, v.89, n.1, p.56-79, 2014.
- WU, X.; BAO, Z.; YUAN, B.; WANG, J.; SUN, Y.; LUO, H.; DENG, S. Microwave synthesis and characterization of MOF-74 (M=Ni, Mg) for gas separation. *Microporous and Mesoporous Materials*, v.180, p.114-122, 2013.



ENERGIA MAREMOTRIZ: OS DESAFIOS EXISTENTES PARA SUA EXPLORAÇÃO EM TERRITÓRIO NACIONAL

Jessica Costa de Assis¹
Kaique de Souza Cassiano²
Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques³

¹Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR,
jessica.costa@aluno.unincor.edu.br

²Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR,
kasoucas_bol@yahoo.com.br

³Profa. Dra do Mestrado Sustentabilidade em Recursos Hídricos e Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, roeflorestal@hotmail.com

165

INTRODUÇÃO

No mundo, a fonte energética mais utilizada para a produção de energia elétrica é proveniente de fontes fósseis e não renováveis como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. Essas fontes são consideradas não renováveis de energia acarretando, além da preocupação permanente com o seu esgotamento, a emissão de gases tóxicos e poluentes e material particulado, os quais contribuem para os gases de efeitos estufa principalmente pela emissão de dióxido de carbono (FREITAS & DATHEIN, 2013).

Diante do processo evolutivo da sociedade, principalmente após a Primeira Revolução Industrial, além das transformações relacionadas aos processos de trabalho e produção, o setor energético brasileiro passou a enfrentar grandes desafios devido à crescente demanda de recursos utilizados para a geração de energia a fim de dar continuidade aos mais variados tipos de atividades antrópicas. Por consequência, limitando ainda mais o uso dos combustíveis fósseis, visto que sua exploração é desenfreada. Diante disso, faz-se necessário a busca por novas tecnologias, por meio de estudos e desenvolvimento de projetos que visem a utilização de fontes renováveis para suprir esse déficit e conseguir (PROGÊNIO & FREITAS, 2016).



Dentre as energias alternativas renováveis, mais conhecidas atualmente encontram-se a energia eólica, energia hidráulica, energia do mar, energia solar, energia geotérmica e biomassa. Assim, estando incluída em um grupo considerado como uma das fontes de energia renovável mais promissoras do mundo, a energia maremotriz é capaz de utilizar as marés para fornecer o seu potencial energético, seja ele proveniente das oscilações das correntes marítimas (energia cinética) ou ainda pela diferença existente entre a maré alta e a maré baixa (energia potencial), especialmente quando há uma diferença maior ou igual a quatro metros, que é o principal fator condicionante para a obtenção desta energia e que também implica no uso de turbinas hidráulicas de baixa queda (ASTARIZ & IGLESIAS, 2015).

Essa fonte de energia, apesar de ser renovável, limpa e capaz de substituir o uso dos combustíveis fósseis, ainda é muito pouco utilizada, porque necessita da construção de barragens, eclusas e unidades geradoras de energia. Astariz e Iglesias (2015), afirmam em seu estudo que para ela ser eficiente e economicamente viável, a costa precisa ter características específicas com marés maiores do que três metros, onde um dos fatores preocupantes é preço final demasiadamente alto, tornando-a não tão atrativa assim quando comparada aos demais tipos de energias alternativas. Segundo WWF (2012) o custo de instalação das fontes do mar: ondas é de R\$ 9800,00/KW e de correntes marítimas de R\$ 7770,00/KW, com tendência de redução desses custos nos próximos 10 a 15 anos.

O Brasil, por sua vez, que é um país com grandes dimensões continentais, possui uma enorme linha costeira que abriga grande parte da sua população, vivendo essas pessoas próximas ao mar (FLEMING, 2012). Diante disso, este projeto visa apresentar aspectos básicos através da análise das tendências e viabilidade de geração da energia maremotriz dentro do território nacional, como uma das vias possíveis a ser explorada para a obtenção de energia elétrica sem que haja um dano e/ou impacto ambiental muito grande, avaliando condições topográficas na região norte/nordeste para a implementação de uma usina maremotriz, a fim de apresentar vantagens e desvantagens para esse tipo de energia alternativa, correlacionando os prováveis impactos ambientais e sociais gerados por meio de sua exploração, em busca de uma possível solução capaz de não afetar o processo de desenvolvimento natural da sociedade.

REVISÃO DE LITERATURA

Revolução industrial: Breve análise evolucionária



A Revolução Industrial foi capaz de proporcionar um grande crescimento do capitalismo de forma desigual final do século XVIII. Esse fato torna-se ainda mais evidente quando se compara a Inglaterra aos demais países, pois se percebe apenas mudanças superficiais associadas ao aumento de riquezas, da quantidade de mercadorias, do crescimento das cidades prósperas e enriquecimento de comerciantes no local.

Ressalta-se que, nesse mesmo século, teve também o início do avanço da tecnologia e do conhecimento, que posteriormente impactariam diretamente em todos os aspectos da vida, provocando mudanças econômicas, sociais, políticas e culturais que influenciaram no desenvolvimento tecnológico e no processo de modernização (CONCEIÇÃO, 2012).

Matriz energética mundial e brasileira: Cenário atual

As discussões para a geração de energia, com o passar dos anos, se intensificaram, devido a finitude dos combustíveis fósseis. Apesar disso, a matriz energética mundial ainda continua sendo fortemente sustentada por fontes não renováveis como o carvão e o petróleo, identificados como uma das principais fontes de emissão de gases poluentes.

Silva (2012) afirma em sua pesquisa, conforme dados apresentados em seu trabalho e obtidos através da Agência Internacional de Energia, que os combustíveis fósseis como o Carvão Natural, Petróleo e Gás Natural, utilizados anteriormente para a produção de energia, representavam cerca de 82% (Figura 1).

167

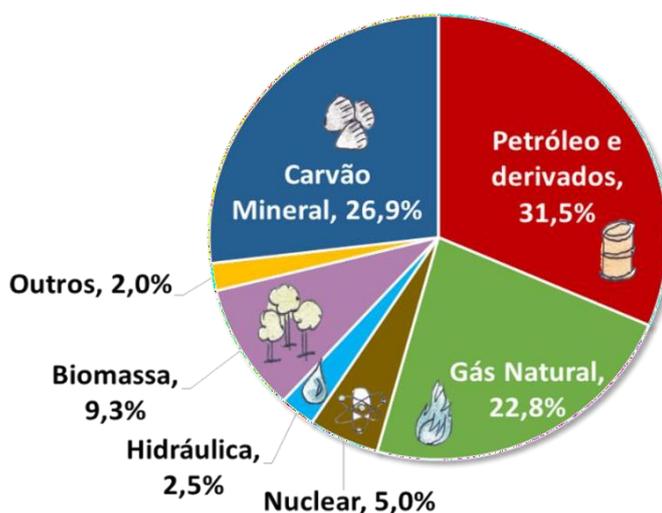


Figura 1. Matriz Energética Brasileira.

Fonte: Relatório Internacional de Energia (2011).

Hoje, porém, esse cenário teve bastante alteração, deixando evidente a mudança através de dados secundários mais atuais apresentados pela Empresa de Pesquisa Energética,



no ano de 2021, que essa parcela de utilização e exploração de recursos finitos teve uma diminuição muito grande, onde agora é representada por quase metade dos dados apresentados anteriormente, representando cerca de 45%, da produção total, e deixando notável essa diminuição da utilização dos recursos que necessitam de bastante atenção, por conta de sua escassez e tempo de restauração, fazendo com que a busca pelas energias mais limpas aumentassem conforme indicado na Figura 2 (EPE, 2021).

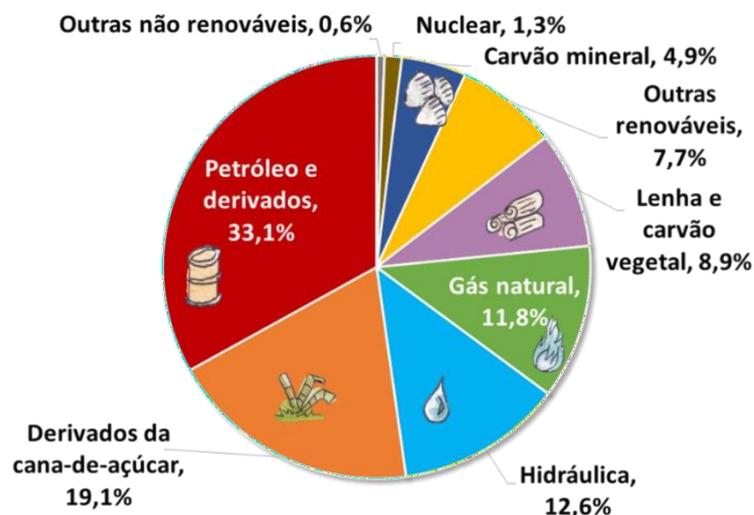


Figura 2. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Diante da crescente demanda por energia associada às limitações dos combustíveis fósseis, assim como os aspectos ambientais relacionados ao seu consumo, o setor energético brasileiro se viu obrigado a buscar novas fontes de energia, onde algumas destas se destacaram de formas recentes, conforme a Energia Solar, a Eólica, a Biomassa e a Nuclear, que apesar de não terem se destacado de forma tão promissora ainda, também integram uma pequena parcela na produção de energia limpa, como mostra a Figura 3.



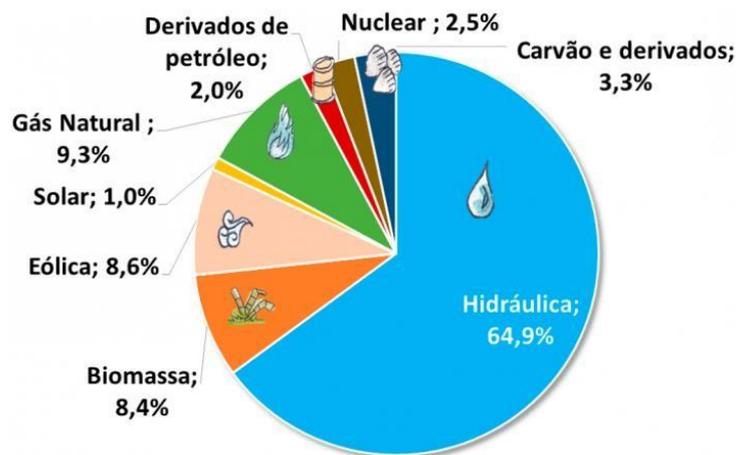


Figura 3. Fonte: Vetorlog – Inteligência em Medições (2021).

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2010), as hidrelétricas apresentar-se como um país bastante privilegiado, com um potencial energético consideravelmente limpo, essas usinas necessitam de uma grande área para que haja a sua instalação, gerando assim, um grande impacto para o ambiente, as pessoas e os animais que vivem nesses locais. Esses dados, por sua vez, foram atualizados para 64,9%.

As alternativas renováveis, de menor impacto ambiental, como a energia eólica, solar e aquelas provenientes das marés têm-se mostrado como excelentes possibilidades por não se esgotarem e, além disso, não serem produtoras de resíduos ou emissões de gases poluentes (SILVA, 2012).

169

METODOLOGIA

Entendendo a natureza do presente trabalho, a metodologia fundamenta-se na revisão bibliográfica de forma aprofundada sobre o tema, possibilitando a discussão e correlação das publicações selecionadas.

Para a revisão foram consultadas as bases de dados disponíveis no Portal Periódicos Capes, Scielo e Google Acadêmico, sendo utilizados como indexadores as palavras chaves: matriz energética, potencialidade, energia maremotriz, topografia, energia alternativa, exploração, desafios nacionais, usinas ondomotriz, nordeste brasileiro, fazendo o uso do recorte no tempo entre os anos 2012 a 2021 para publicações nacionais.

Dados secundários foram obtidos através do site do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, da EPE – Empresa de Pesquisa e Energética e do MME – Ministério de Minas e Energia, como forma de complementar o embasamento teórico.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A energia maremotriz, ou energia das marés, consiste em toda a energia gerada a partir do movimento das ondas, que pode ser obtida através de dois tipos: Cinética – proveniente das correntes marítimas e; Potencial – fornecida através da diferença de altura entre as marés baixa e alta predominantemente por água e, dessa forma, esse tipo de recurso representa uma enorme fonte de energia, possibilitando o desenvolvimento de tecnologia que vise uma maneira de explorar esse recurso que é renovável e necessita de uma zona costeira para a sua geração.

O mar é algo que está chamando atenção de especialistas em energia que já testam e implantam algumas alternativas de geração de energia, como a usina de ondas. Vários são os estudos no mundo com diversos dispositivos e conversores de energia em escala experimental como em Portugal, por meio de um dispositivo de conversão da energia das ondas a ser incorporado em estruturas de defesa costeira ou portuárias, assim como os trabalhos de investigação realizados e estudos levados a cabo para a otimização e o desenvolvimento do mesmo (OLIVEIRA et al., 2014), na Holanda com o dispositivo Archimedes Wave Swing, Portugal com o dispositivo da Ilha do Pico e Escócia com o dispositivo Pelamis. Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Índia, China e Japão (CLEMENT et al., 2002).

170

Existem três tipos de aproveitamento das energias das ondas, sendo o primeiro pela inserção de uma “coluna de água oscilante” no corpo da estrutura, a segunda com o aproveitamento da energia potencial ganha pela água por meio do espraçamento/galgamento (overtopping/run up), o terceiro tipo se dá por meio de estruturas portuárias com dispositivos que aproveitam a energia das ondas através do movimento de vários corpos flutuantes (OLIVEIRA et al., 2014), sendo o tipo de aproveitamento utilizado na Usina de Pecém no Brasil.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o Brasil é um país com dimensões continentais, possuindo cerca de 8.000 km de linha costeira, com grande parte da população vivendo próximo ao mar, onde o Nordeste Brasileiro equivale a cerca de 18% do território nacional, com a maior parte da zona costeira e altura de ondas propícia o suficiente para a sua exploração, sendo ela composta pelos seguintes estados: Bahia; Ceará; Pernambuco; Paraíba; Rio Grande do Norte; Piauí; Maranhão; Alagoas e Sergipe.

Aqui no Brasil, a primeira usina desse tipo instalada em território nacional está localizada no quebra-mar do Porto de Pecém, a 60km de Fortaleza, no estado do Ceará (Figura



4). Ela teve seu início de construção no ano de 2012, com previsão de término em 2020, visando tecnologia 100% nacional e capacidade de geração de 100 quilowatts (KW), com potencial de abastecimento para 60 famílias, porém no ano de 2014 a obra já havia sido abandonada, com previsão de retorno somente no ano de 2017, isso aconteceu, mas a obra ainda não está acabada e segue em andamento (TELES, 2015). A Figura 4 mostra como o projeto para a construção da Usina do Pecém.

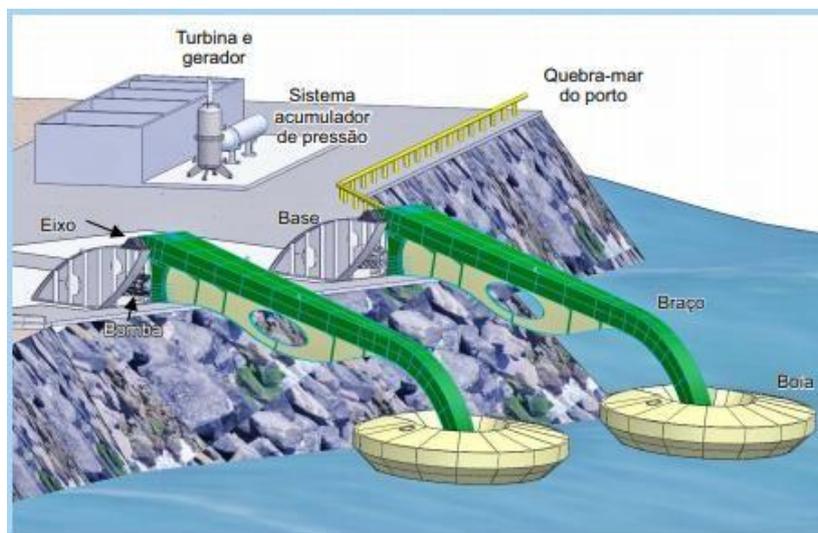


Figura 2. Esquema da Usina de Pecém.

O complexo do Pecém, que é formado por uma Área Industrial, é uma “joint venture” e tem como acionistas o Governo do Ceará (70%) e o Porto de Roterdã, Holanda, (30%), sendo considerado um dos mais jovens terminais portuários do Brasil, faz também parte da rede Green Award, como fornecedor de incentivos, oferecendo descontos sobre a tarifa de utilização das instalações na acostagem para navios sustentáveis, que para se enquadrarem nessa categoria, as embarcações, devem comprovar um bom desempenho ambiental em relação a emissão de poluentes atmosféricos e CO² (TELES, 2015).

Devido a crescente conexão do porto com a região metropolitana, o distrito do Pecém teve a sua dinâmica de funcionamento totalmente modificada porque antes as áreas onde ele foi construído era composta por frágeis comunidades de origens indígenas e tinham a agricultura, a pesca e o veraneio com as suas principais atividades produtivas. Esse fato, acabou causando um grande impacto na esfera ambiental (TELES, 2015). Observa-se isso nas Figuras 5 e 6.





Figura 3. Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

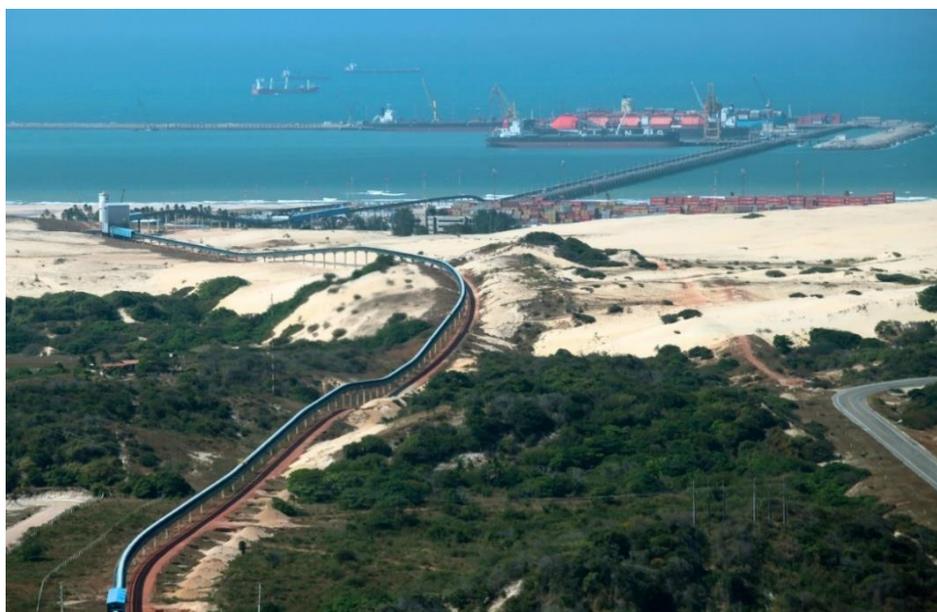


Figura 4. Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

O sistema de tecnologia utilizado para a construção de uma usina maremotriz já tem disponibilidade comercial como afirma Silva (2012), o sistema é modular e pode gerar a quantidade de energia necessária ou desejada porque o Brasil tem uma vantagem enorme tendo 80% de sua população concentrada na faixa de até 250 km da zona costeira.

Apesar de muitas vantagens existentes para a implementação de usinas ondomotrizes em território nacional, investimento inicial é bastante alto, além disso a forma de transmissão e comercialização da energia gerada vai variar de acordo com a necessidade desejada pelo contratante (SILVA, 2012).

O valor do investimento para esse tipo de usina também vai depender da demanda de MW, onde o estimado é de U\$\$800 mil por megawatt de potência instalada que quando comparado a energia solar, o investimento chega a ser de U\$\$1,5 milhão pela mesma quantia, logo é possível observar que realmente é viável a instalação de uma usina assim, porém, esse valor ainda é bem alto e faz-se necessário parcerias entre empresas públicas e privadas, que em colaboração busquem por tecnologias com o intuito de diminuir ainda mais esse valor, pois a manutenção dos equipamentos é bem barata, ou seja, a construção e instalação das usinas ondomotrizes é viável (TELES, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios enfrentados pelo setor energético brasileiro são capazes de colocar as fontes de energias alternativas em posições de destaque e estudo de viabilidade, na implementação de usinas que buscam uma maior participação na matriz energética mundial, evidenciando que se deve fazer investimentos nesses setores do ponto de vista estratégico. Apesar da quantidade de usinas que buscam a produção de energias mais limpas serem bem pequenas, o setor tem crescido de forma gradativa, embasando se na busca pelas melhores tecnologias, assim como os princípios operacionais adotados, mostrando-se bastante confiáveis, porém com um alto valor de investimento inicial.

173

Vale destacar que, no início, a implementação de uma usina ondomotriz no Brasil é bastante cara, porém o custo para a sua manutenção é bastante acessível e necessita de investimento por parte do poder público e/ou privado. Os métodos convencionais de exploração de energia maremotriz também necessita de uma barragem bastante detalhada, englobando estudos de impactos ambientais e sociais na região a serem instaladas, pois embora sejam uma fonte livre de emissões de gases de efeito estufa, os impactos causados diante das suas construções podem acarretar danos bastante significativos, quando feitos de forma irresponsável.

Portanto, faz-se necessário investir e aproveitar o surgimento das novas tecnologias adequadas para a sua exploração, de forma que os impactos não venham a causar danos significativos ao meio ambiente, inviabilizando, assim, a sua construção.

REFERÊNCIAS

ASTARIZ, S.; IGLESIAS, G. The economics of wave energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.45, p.397-408, 2015.



CONCEIÇÃO, C. S. Da revolução industrial à revolução da informação: Uma análise da industrialização da América Latina. Repositório Digital. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

FLEMING, F. P. Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil 100f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

FREITAS, G. C.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Revista Nexos Econômicos, v.7, n.1, p.71-94, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 nov. 2021.

OLIVEIRA, P.; TAVEIRA-PINTO, F.; MORAIS, T.; ROSA-SANTOS, P. Aproveitamento da energia do mar através do espraiamento em estruturas costeiras. In: Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 9, 2014. Anais...2014.

PROGÊNIO, M. F.; FREITAS, L. L. Energia Maremotriz: Aspectos básicos para geração de eletricidade. In: Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis, 2, 2016. Anais...2016.

SANTOS, F. B. S.; MOREIRA, I. T. A. Viabilidade da maremotriz em algumas regiões litorâneas do Nordeste do Brasil. Revista Eletrônica de Energia, v.5, n.2 p.71-78, 2015.

SILVA, R. G. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. Revista Ciências do Ambiente On-line, v.8, p.2, 2012.

TELES, G. A. Mobilidade, Trabalho e Interações sócio espaciais: o Complexo Industrial e Portuário do Pecém no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza. 404f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2015.

WWF. Fundo Mundial para a Natureza. Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. Relatório Técnico. Brasília, 2012.



UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COAGULANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LATICÍNIOS EM ESCALA DE BANCADA

Alexander Rocha Inácio¹

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques²

Charles da Silva Alvim³

Luciano dos Santos Rodrigues⁴

Claudiomir da Silva Santos⁵

Fabrcio Santos Ritá⁶

¹Engenheiro ambiental e Sanitarista, Universidade Vale do Rio Verde – UninCor, alexander.r.inacio96@gmail.com

²Mestre em Sustentabilidade em Recursos Hídricos. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor, charlessalvim@yahoo.com.br

³Prof. Dra. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor, roeflorestal@hotmail.com

⁴Prof. Dr. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, lsantosrodrigues@gmail.com

⁵Prof. Dr. Instituto Federal Sul de Minas – IFSUL de Minas, Campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

⁶Prof. Dr. Instituto Federal Sul de Minas – IFSUL de Minas, Campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

175

INTRODUÇÃO

A fabricação de queijos e laticínios são os produtos de maior volume na produção das fábricas de laticínios. Dentre os produtos lácteos, o principal é o leite integral. Outros produtos são os derivados de leite, compostos por 50% de leite fluido juntamente de ingredientes que não danifiquem a formulação como, por exemplo, o chocolate (FLAKE, 2019). Em 2013 o Brasil produziu cerca de 35 bilhões de litros de leite, com um aumento de 57% desde 2003 (SILVA, 2016).

Para se obter uma proporção quantificada de efluentes decorrentes dos laticínios estima-se que a cada 1 litro de leite utilizado na produção, se tem 2,3 litros de efluentes (TENEDINI, 2016). Neste efluente é encontrado nutrientes, poluentes orgânicos e agentes infectantes (SARAIVA et al., 2009).



Os efluentes de laticínios possuem um alto potencial poluidor, neste se encontra concentrações de lipídios, proteínas, carboidrato (PAPP et al., 2019), concentrações elevadas de demanda biológica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), assim sendo o tratamento deste efluente se torna fundamental para que sua carga poluidora diminua, podendo efetuar seu descarte de uma forma mais límpida, evitando contaminação do corpo hídrico e facilitando a reutilização deste recurso (SILVA et al., 2012).

Para o tratamento de efluentes de laticínios, comumente se utiliza tratamento físico, químico e biológico (DIAZ, 2013). O processo biológico é uma das opções mais utilizada em tratamentos de águas residuárias, promovendo a remoção da matéria orgânica, e sendo economicamente viável (CARVALHO, 2018). Entretanto, segundo Castro (2012), para que melhore o processo de tratamento do efluente industrial, utiliza-se o tratamento físico químico do qual facilita a remoção de compostos indesejáveis, que não foram removidos no processo biológico, ainda promovendo remoção de DQO e cor, a ponto de pós-tratamento, poderem ser lançados no curso d'água.

Dentre os processos para se adquirir um tratamento, os mais utilizados e economicamente viáveis são os processos de coagulação e floculação (HILLEBRAND, 2020), o uso de coagulação aumenta as partículas coloidais, seguindo pelo processo de floculação das partículas instáveis, onde as partículas se juntam, formando flocos volumosos que se agrupam, facilitando a remoção de sólidos suspensos e partículas coloidais (MELLO, 2012).

Para se obter as informações paramétricas como pH e turbidez, busca utilizar o método por Jar Test, ou teste de jarros, cujo método laboratorial de bancada, que por sua vez determina a dosagem de ótima de coagulante e pH ótimo a ser introduzido no tratamento, fazendo com que minimize os impactos a saúde humana causados por coagulantes químicos (BARTIKO, 2015).

O processo de coagulação é decorrente do uso de coagulantes, cujo removem partículas microscópicas. Os coagulantes comumente utilizados são os inorgânicos (químicos) como sais trivalentes de ferro e alumínio ou polímero sintético, pois possuem um desempenho comprovável em relação ao custo e benefício (FRANCO, 2017), proporcionando redução de turbidez até de 90% (PAULA, 2018).

Buscando minimizar os impactos causados pelos efluentes de laticínios, as indústrias introduzem a floculação e coagulação (MATEUS, 2015). Sendo assim, objetivou-se verificar a dosagem e pH ótimos dos coagulantes químicos sulfato de alumínio e o Policloreto de



Alumínio (PAC) e verificar a eficiência de remoção de efluente de laticínio por meio dos testes de jarros em escala de bancada.

METODOLOGIA

Para a realização do estudo utilizou-se efluente de um laticínio de médio porte localizado no município de Três Corações/MG. A pesquisa se concretizou nas dependências do laboratório de saneamento, situado na Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR de Três Corações-MG, onde ocorreu ensaios de coagulação/floculação e sedimentação. A avaliação de eficiência dos coagulantes de estudo se define diante dos parâmetros físico-químicos que obteve nos ensaios de Jar Test.

Coleta de amostras

As amostras obtidas para efetuar o teste, foram coletadas em um laticínio de médio porte, onde conteve as informações de produtos fabricados no empreendimento, se o processo de lavagem tem sido descartado juntamente aos resíduos dos produtos. Assim obtendo conhecimento prévio dos efluentes, bem como ramo de atividade.

A coleta de amostra foi do tipo simples, sendo realizada somente uma coleta no tanque de equalização, no volume de 20 litros. Posteriormente as amostras foram homogeneizadas em 5 recipientes de 5 litros para cada ensaio.

Sendo que para recolhimento da mesma foram utilizados recipientes específicos, higienizados e etiquetados para análise. Aplicou-se fichas de campo para coleta de dados, marcação de horário e data da coleta, termômetro para medição de temperatura do efluente, assim como também gelo para conservação de temperatura do mesmo.

Os procedimentos de coleta e preservação da amostra são de acordo com as normas estabelecidas pelo Standard of methods (APHA, 2005).

Ensaio de Jar Test

O ensaio foi realizado em triplicata por meio do Jar Test compacto analógico JTC - MILAN de três provas em acrílico transparente, com três cubas graduadas de 500 ml cada, rotor com velocidade de 260 RPM, sistema de iluminação que facilita a visualização da amostra.

A busca pela concentração ótima se deu através da aplicação de dosagens diferentes dos diferentes coagulantes em cada jarro.



Para a realização dos ensaios de Jar Test foi quantificado a turbidez e o pH inicial, ou seja, do efluente bruto e no final da condução do ensaio, após a etapa de clarificação por meio do turbidímetro da marca DIGIMED e o pH por meio de pHmetro digital portátil da Analytical Instruments pH/EC – 983.

Os coagulantes introduzidos no processo foram sulfato de alumínio e Policloreto de Alumínio (PAC) com composição e teor (Al_2O_3) entre 18 a 24%, nas concentrações de 0,1; 0,4; 0,7; 1,1; 1,4 e 2,0 ml e de 0,5; 0,8; 1,1; 1,4; 1, e 2,0 para o sulfato de alumínio e PAC respectivamente.

Para a execução de Jar test na fase de coagulação adicionou-se as dosagens de coagulante na unidade de mistura rápida por 1 minuto a 250 RPM, passado o tempo, diminuiu-se a rotação para 40 RPM por 7 minutos simulando a fase de floculação. Após desligou-se o aparelho e esperou-se decantar por 60 min. Dentre esses tempos foram avaliados pH e Turbidez para os mesmos. Para a medição da turbidez residual, foi coletado o sobrenadante em cada jarro, de forma a não suspender o material decantado. Ressalta-se que os ensaios de Jar-Test foram realizados com cada coagulante em cada ensaio.

Para análise laboratorial observou-se a melhor concentração de Sulfato de Alumínio e PAC assim como melhor clarificação. Após a definição da concentração ótima de cada coagulante, realizou novamente o ensaio de Jar test fixando-se a concentração ótima e variando as faixas de pH, nos valores de 8,84 a 9,16 para o sulfato de alumínio e de 7,09 a 8,17 para o PAC, com intuito qualificar o pH ótimo. Quando o pH se encontrou instável, a correção foi feita através de alcalinizante, mais precisamente o geocál, do qual sua ação ocasiona o aumento do pH.

As informações obtidas foram recolhidas e anexadas a planilhas, tendo no final do processo resultados conclusivos da diferenciação quantitativa dos coagulantes através de gráficos plotados por Excel. Por meio da análise de regressão observando-se a melhor equação por meio do R2 para verificação da dosagem de coagulante e pH ótimos. A eficiência de remoção, bem como as concentrações afluentes foi comparada com Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados médios obtidos nos ensaios de coagulação utilizando os dois tipos de coagulantes.



Para o coagulante sulfato de alumínio observou-se a turbidez do efluente bruto de 2859 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) e pH de 7,32. Para o coagulante PAC, o efluente bruto apresentava características turvas, com turbidez de 744 NTU; pH igual a 4,14 e temperatura de 28,1°C.

Observa-se que a maior eficiência média de remoção de turbidez foi obtida para o coagulante PAC encontrada. Para o coagulante inorgânico sulfato de alumínio, o maior valor na remoção de turbidez (95,8%) foi obtido empregando a concentração de 1,1 mL no tempo de sedimentação de 60 min. E para o Policloreto de alumínio PAC, na concentração de 0,8 mL com eficiência de remoção de 98,5%.

Tabela 1. Remoção da turbidez do efluente de laticínio pela aplicação dos dois tipos de coagulante (Sulfato de alumínio e Policloreto de alumínio – PAC) e concentrações ótimas calculada

	Dosagem (ml)	pH inicial	pH	pH ótimo	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final (NTU)	Eficiência de remoção	Concentração ótima calculada
Sulfato de alumínio	0,5		8,96		2589	174	93,3	
	0,8		8,84		2589	168	93,5	
	1,1	7,32	8,98	8,65	2589	108	95,8	0,55
	1,4		9,14		2589	232	91,0	
	1,7		9,02		2589	433	83,3	
Policloreto de alumínio (PAC)	0,5		8,17		744	13,4	98,2	
	0,8		7,82		744	11,1	98,5	
	1,1	4,14	7,52	7,89	744	16,8	97,7	0,73
	1,4		7,74		744	27,4	96,3	
	2		7,09		744	31,8	97,5	

Pela Figura 1, percebem-se bons ajustes dos polinômios de segundo grau aos dados observados pelos coeficientes de determinação próximos de 1, utilizados no cálculo da concentração ótima de coagulante. Assim, as concentrações ótimas do sulfato de alumínio e do PAC foram de 0,55 mL e 0,73mL e eficiências calculadas de 95,5 e 98,5% para os coagulantes Sulfato de alumínio e PAC respectivamente.



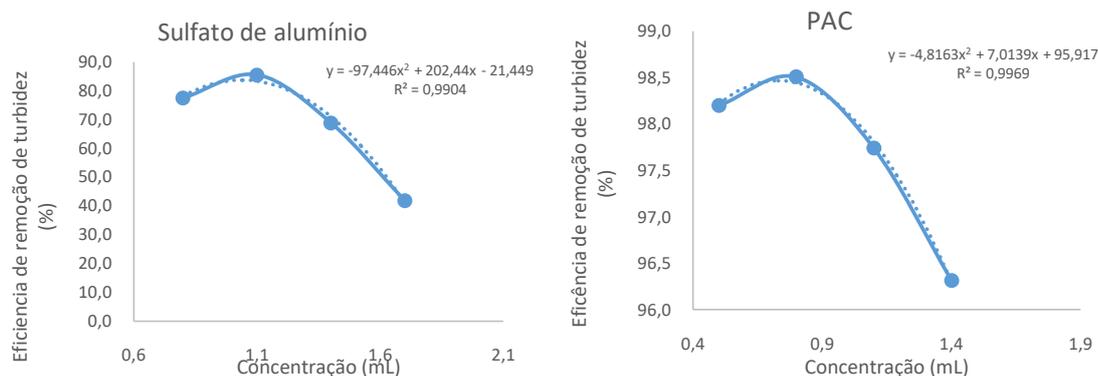


Figura 1. Ajuste polinomial de 2º grau da concentração ótima e R2 dos coagulantes sulfato de alumínio e PAC.

Corso et al. (2019) avaliando a eficiência de remoção de turbidez por flotação e sedimentação em efluentes de laticínio em escala de bancada com o policloreto de alumínio aniônico seguido de floculante no qual obteve uma remoção de turbidez de até 78,93% para o processo de sedimentação. Valores inferiores ao presente trabalho. Silva et al. (2012) avaliando diferentes agentes coagulantes como alternativa de tratamento físico-químico para remoção de turbidez em efluentes bruto e tratado de uma estação de tratamento de esgoto, obteve remoção de 56% de turbidez, utilizando sulfato de alumínio na concentração de 20 mg.L-1 no tratamento de esgoto bruto e 38% de turbidez para o esgoto tratado nas mesmas condições, em tempo de sedimentação de 3 horas. Mesmo se tratando de efluentes diferentes, os resultados obtidos no presente trabalho, utilizando os dois tipos de coagulante apresentam melhores eficiências do que os estudos de Silva et al.

Vale destacar que apesar do sulfato de alumínio ter apresentado altas eficiências o PAC apresentou melhor eficiência e, ainda de acordo com o efluente final tratado, a turbidez ainda se apresenta elevada para o sulfato de alumínio com 108 NTU. Ressalta-se que para o lançamento em corpo receptor para os cursos d'água enquadrados na classe 2 esse valor não se encontra compatível, que deve ser de até 100 NTU, alterando a qualidade de água do corpo receptor. Porém pode-se fazer ainda um paralelo, o efluente bruto do sulfato de alumínio apresentou maior turbidez inicial, se o mesmo apresentasse a mesma turbidez do PAC (744) teria uma eficiência de 83,6 e valores de 122,02 NTU. Sugere-se ainda a adição de floculantes para auxiliar na remoção de turbidez e aumentar a eficiência.

Na Figura 2, em relação ao pH ótimo dos coagulantes, observou-se ótimos ajustes dos polinômios de segundo grau aos dados observados pelos coeficientes de determinação com valores de 1.



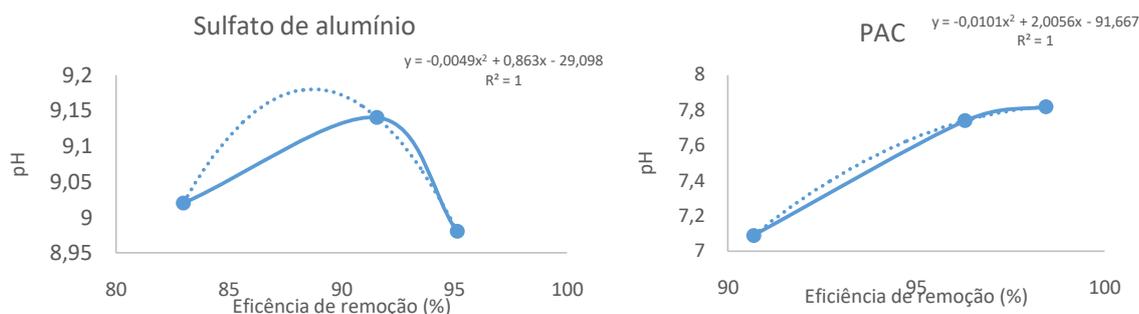


Figura 2. Ajuste polinomial de 2º grau do pH ótimo e R2 dos coagulantes sulfato de alumínio e PAC.

Assim, as concentrações ótimas de pH do sulfato de alumínio e do PAC foram de 8,65 e 7,89 respectivamente. Assim, sugere-se o PAC com a concentração de 0,73mL e pH de 7,89 para o tratamento de efluentes de laticínio que apresentem as mesmas características do efluente do presente estudo. Ainda deve-se ressaltar que nas maiores concentrações observadas a remoção de eficiência, apresenta custo mais elevado por maior quantidade do produto utilizada e pode acarretar em maiores danos no ambiente se o lodo que contém o coagulante for descartado de maneira ambientalmente inadequada.

181

CONCLUSÕES

Avaliando a eficácia da aplicação dos coagulantes, conclui-se que a ação com PAC foi de maior eficácia em comparação ao Sulfato de alumínio, com remoção de turbidez de 95,2% e 98,47% para sulfato de alumínio e PAC respectivamente.

A dosagem e pH ótimos do coagulante PAC foram de 0,727 mL e 7,89 respectivamente do sulfato de alumínio de 1,05 e pH de 8,65.

A utilização de sulfato de alumínio deve ser aplicada juntamente a um agente floculante devido aos maiores valores de turbidez, acima de 100 NTU, alterando a qualidade de água do corpo receptor.

REFERÊNCIAS

- BARTIKO, D.; DE JULIO, M. Construção e emprego de diagramas de coagulação como ferramenta para o monitoramento contínuo da floculação em águas de abastecimento. Rev. Ambient. Água, v.10, n.1, p.71-81, 2015.
- CARVALHO, M. C. S. et al. Combined use of O_3/H_2O_2 and O_3/Mn^{2+} in flotation of dairy wastewater. Rev. Ambient. Água, v.13, n.2, e2078, 2018.



CASTRO, A. P. de; YAMASHITA, F.; SILVA, S. M. C. P. da. Adição de polieletrólito ao processo de floculação no pós-tratamento de lixiviado por coagulação-floculação-sedimentação. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.17, n.1, p.25-32, 2012.

COPAM/CERH-MG. Conselho de Política Ambiental – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo – Minas Gerais – 20/05/2008. Disponível em: <<https://bit.ly/3cj2EtQ>>. Acesso em: 29 maio de 2020.

CORSO, A.; PAPP, G. T.; MEES, J. B. R. Pós-tratamento físico-químico por flotação fad em efluentes de laticínios. *Tecno-Lógica*, v.23, n.2, p.77-86, 2019.

DIAZ, Y. G.; HERNANDEZ, J. F. Empleo de floculantes inorgánicos en el tratamiento de efluentes lácteos. *RTQ*, v.33, n.2, p.151-161, 2013.

FLAKE, O. Dairy and Products Annual. Brasília: USDA- United States Department of Agriculture, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2Wd1cF8>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

FRANCO, C. S. et al. Coagulação com semente de moringa oleifera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.22, n.4, p.781-788, 2017.

HILLEBRAND, F. J.; BENETTI, A. D.. Caracterização da matéria orgânica dissolvida em processos de tratamento de água para consumo humano usando fracionamento rápido. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.25, n.2, p.237-246, 2020.

MATEUS, G. A. P.; BAPTISTA, A. T. A.; SILVA, M. O.; PINTO, L. A. de M.; NISHI, L.; VIEIRA, A. M. S.; GOMES, R. G.; BERGAMASCO, R. Tratamento de efluente lácteo sintético utilizando diferentes concentrações do coagulante natural moringa oleifera lam em comparação ao coagulante policloreto de alumínio, In: Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia, 5, 2015, São Paulo. Anais...São Paulo: Blucher, 2015.

MELLO, V. F. B. et al. Variáveis no processo de coagulação /floculação/decantação de lixiviados de aterros sanitários urbanos. *Rev. Ambient. Água*, v.7, n.2, p.88-100, 2012.

PAULA, H. M. de; FERNANDES, C. E. Otimização do tratamento de água cinza a partir do uso combinado de coagulantes químicos. *Eng. Sanit. Ambient.*, v.23, n.5, p.951-961, 2018.

SARAIVA, C. B.; MENDONÇA, R. C. S.; SANTOS, A. L.; PEREIRA, D. A. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. *Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes*, n.367/368, v.64, p.10-18, 2009.



SILVA, C. V. Desenvolvimento de uma mistura láctea a base de soro de leite em substituição ao leite condensado para emprego na produção de sobremesas industriais. Repositório UFMG, Belo Horizonte – MG. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3fshxwE>>. Acesso em: 06 maio 2020.

SILVA, F. K.; EYNG, J. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.1, n.2, p.4-22, 2012.

TENEDINI, M. V. Avaliação da eficiência do tratamento biológico, tipo lodo ativado, de uma indústria de laticínio. UNIVATES, Lajeado, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2xCxIq6>>. Acesso em: 06 maio 2020.



GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

Claudiomir Silva Santos¹

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques²

Fabricio Santos Rita³

Willian Pizza⁴

Generci Dias Lopes⁵

Ronei Aparecido Barbosa⁶

¹Docente do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

²Docente da. Universidade Vale do Rio Verde – UninCor, roeflorestal@hotmail.com

³Docente do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

⁴Acadêmico de Medicina Veterinária do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, willianpizza.vet@gmail.com

⁵Técnico Administrativo do IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho, generci.lopes@muz.ifsuldeminas.edu.br

⁶Gestor Escolar, Prefeitura Municipal de Tambaú, SP – roneibarbosa50@gmail.com

184

INTRODUÇÃO

A chamada geração de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde - RSSS, tem uma caracterização relativamente pequena em detrimento aos contingentes de resíduos sólidos urbanos, passa a ter uma conotação representativa, visto o cenário de risco que estão intimamente relacionados a estes resíduos, visto a possibilidade de vírus, bactérias, doenças e toxinas.

Desta forma, de uma forma extremamente perigosa os RSSS por muitas vezes misturados a resíduos das mais diversas naturezas, de modo que não é difícil encontrar estes sendo descartados em aterros sem tratamento controlado e sanitários, vias públicas. Estando nestas condições, os RSSS ficam em um cenário que abrange animais e pessoas, o que potencializa o poder de contaminação dos mesmos.

Neste sentido, este breve artigo tem por finalidade realizar uma apreciação crítica para a problemática do cenário saúde ante ao meio ambiente. Já os objetivos específicos se centram em descrever em conceituar os resíduos sólidos, contextualizar a normativa do RSSS, bem como explicitar os aspectos legais dos RSSS no Brasil.



Justifica-se a escolha deste tema mediante a todo o conjunto de importância de discussão deste, haja visto o impacto ambiental, bem como o processo de tratamento de pessoas que são expostas a estes resíduos, o que passa a congestionar o setor de saúde da localidade, impactando na grande máquina governamental.

METODOLOGIA

Metodologicamente, esta pesquisa tem uma conotação de revisão bibliográfica com análise qualitativa de dados, de modo que Gil (2008), define que este tipo de método, tem por caracterização utilizar de bibliografia já existente para discutir uma problemática já existente, inculindo a ótica do autor, bem como propondo uma resolução para toda a cadeia de problemas. Sobretudo os três breves tópicos aqui discutidos, tem por finalidade resolver a seguinte problemática: quais são os impactos de uma gestão de RSSS precária?.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cadeia problemática entre saúde e meio ambiente

A evolução do ser humano é marcada por uma interação e intervenção com o meio ambiente, de modo que em um primeiro momento esta era essencialmente voltada para a sobrevivência dos mesmos, a partir disso com a materialização de todo cenário evolutivo, bem como a consolidação de uma residência, o ser humano passou a ter consideração quanto ao tratamento dos seus resíduos.

De acordo com Schneider (1996) *apud* Schneider (2004), a jornada evolutiva humana, é pautada com uma grande constante de tratamento de resíduos, todavia, com a chegada da Revolução Industrial, o homem passou a utilizar de maneira desenfreada o meio natural, que aliado ao crescimento acelerado da população, bem como a necessidade de um aporte incisivo e profundo da agricultura, passou a modificar ainda mais o meio ambiente.

Desta forma, Schneider (2004, p.30) descreve que:

No início do terceiro milênio, a sociedade depara-se com desafios de várias ordens de grandeza, muitos dos quais criados por ela própria. A convivência com um cenário originado pela internacionalização de mercados sob o signo da globalização, o vertiginoso desenvolvimento das telecomunicações e a influência revolucionária da informática, imprime novos desafios ao ser humano. Trata-se de um momento em que a diversidade, a magnitude e a complexidade de aspectos envolvidos na problemática ambiental moderna exigem uma profunda e criteriosa revisão das injunções político-econômicas, ético-científicas e socioculturais a ela subjacentes.



Neste sentido, pautando-se pela visão do homem sobre as modificações realizadas no meio ambiente, há uma evidência nova sobre os impactos causados ao meio ambiente, onde há uma reflexão sobre os preceitos culturais e econômicos que envolvem as atividades econômicas e sociais.

Capra (2003) traz importantes reflexões em seu estudo sobre as atividades humanas, onde o desenvolvimento tecnológico traz determinações incisivas sobre a utilização de recursos naturais, abrangendo os preceitos da sustentabilidade ambiental, bem como a sintetização de novas substâncias no meio industrial.

O autor supracitado ainda define que a partir deste ponto de reflexão, evidencia-se na concepção de uma necessidade de desenvolver e aplicar novas formas de viver socialmente e economicamente, onde os princípios da dignidade humana e sustentabilidade sejam praticados por toda a população.

Para Fernandes e Sampaio (2008, p.23),

[...] a reflexão sobre o tema está presente no cotidiano mais singelo às empreendimentos de maior envergadura. [...] os danos ambientais causados pelas catástrofes que têm ocupado recentemente as manchetes são pequenos quando comparados aos danos cumulativos, na maioria das vezes despercebidos, provocados por um enorme número de poluentes menores, ou seja, o que é visto e dito representa apenas parte do problema e parte das múltiplas variáveis que compõem o fenômeno do desequilíbrio ambiental, que por extensão se traduz no desequilíbrio da saúde ambiental.

186

Interpretando a citação acima, fica possível compreender que todos os aspectos ambientais quando modificados pela ação humana, culminam para uma distorção da “saúde” do meio ambiente em um contexto geral. Ou seja, a saúde e continuidade da vida humana, está intimamente ligada com os ecossistemas, os valores ambientais, sociais e econômicos.

Neste ínterim, é importante compreender que todo o conjunto da degradação ambiental devem ser pautas de políticas governamentais, onde estas questões não se dêem somente em cenários organizacionais, mas que se tornem uma preocupação profunda do cidadão comum.

Sendo assim, é possível compreender que o conceito e aplicabilidade do gerenciamento de resíduos da sociedade moderna passou de ser uma opção, para uma necessidade incontestável, de modo que é primordial uma sistematização desde o início da cadeia com as fontes geradoras, visando um despertar coletivos quanto a responsabilidades individuais nesse contexto.



Para Schneider (2004) e Sena (2021), o contexto dos resíduos sólidos de saúde está em um cenário mais profundo neste cenário, visto o conjunto desafiador de suas questões ambientais, visto que os RSSS passam a incorporar uma preocupação maior, de maneira que abrangem ligação com controle de infecções, saúde coletiva e ambiental

Conceito: resíduos sólidos

Alier (2007, p.15) descreve que o conceito de resíduo é “tudo que é gerado como consequência não desejada de uma atividade humana e, em geral, de qualquer ser vivo, aos quais para subsistir devem transformar de forma contínua certos produtos ao alcance em outros que possam assimilar”.

Desta forma, a geração de resíduos e o seu posterior abandono no meio ambiente, podem ocasionar sérios problemas ambientais, passando ao favorecimento da incorporação de agentes contaminantes, visto que interage com processos químicos e físicos do meio natural em seu processo de dispersão.

Capra (2003, p.36) afirma que:

O aumento de resíduos implica, por sua vez, em um consumo paralelo de matérias-primas, as quais se encontram na natureza em quantidades limitadas. Porém, à medida que os processos de acumulação antropogênica, particularmente de substâncias químicas, ultrapassam os limites de reciclagem do ambiente ou introduzem-se novos compostos não-degradáveis, ocorre um desequilíbrio nos sistemas biológicos limitando a capacidade da natureza em renovar-se.

187

Sobretudo, o volume de resíduos gerados por toda a sociedade, passa a ser um resultado de diversos novos padrões culturais da sociedade humana moderna, que é imposta diretamente pela sociedade industrial. Alier (2007, p.18) enfatiza que a “quantidade de matérias-primas e de recursos naturais, que são carregados para o setor produtivo para dar conta da demanda de produtos, não encontra uma relação proporcional na outra ponta do sistema”.

Ou seja, não se faz uma verificação assertiva dos ganhos em relação ao bem-estar do consumidor, e menos ainda sobre como contrabalancear o equilíbrio ambiental haja visto a constante de resíduos da cadeia produtiva.

Para Cavalcanti (2004) e Uehara (2019), o processo industrial vem passando por uma grande transformação, onde a extração das matérias-primas passa a ser mais complexo, e a problemática surge especificamente neste cenário, visto que muitas das transformações tornam-se irreversíveis.



Nesse fator, aliado com o consumo desenfreado, bem como as situações sociais vigentes, há a produção crescente e contínua dos resíduos descartáveis, o que passa a exigir uma política pública séria sobre a destinação final destes resíduos.

Todavia, Capra (2003) descreve que este cenário vem mudando de maneira devagar, no Brasil as campanhas voltadas para coleta seletiva vem ganhando espaços, e temas como Educação Ambiental vem sendo aplicados de uma maneira mais profunda nas escolas, oportunizando uma transformação cultural de toda a sociedade.

Para Zanoni, Raynaut, Lana e Floriani (2018), está havendo uma mudança global quanto a este tema, principalmente no tocante dos RSSS, visto a necessidade de uma diminuição das contaminações de solo, ar, água, e superfícies em geral, que impactam diretamente na sobrevivência humana.

Os resíduos sólidos de serviços de saúde: contextualização histórica

Segundo as descrições de Schneider (2004, p.57), a nomenclatura Resíduos de Serviços de Saúde, remete no momento a uma consideração de resíduos provenientes dos estabelecimentos de saúde, clínicas, hospitais, “uma vez que podem ser incorporado aos resíduos líquidos ou semissólidos passíveis de geração nos estabelecimentos de assistência à saúde, a exemplo de reveladores, fixadores, regentes, meios de cultura”.

Esta caracterização foi conceituada pela primeira vez através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) através da NBR 12.807: “resíduos resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde”. Neste sentido, compreende-se a complexidade da problemática, visto que abrange em seu grupo os resíduos de diversas localidades de atendimento da saúde.

Desta forma, em linhas mais claras, considera-se RSSS, “ a fração sólida ou semissólida, conforme a Norma Técnica 10.004 dos resíduos oriundos das diferentes fontes geradoras entendidas como todo e qualquer serviço de assistência à saúde humana ou animal”.

No Brasil este tema passou a ser mais factível, através da Resolução Conama nº05 do ano de 1993. A partir desta normativa iniciou-se a discussão sobre uma urgência de um controle mais assertivo e adequado, que fosse efetivo para a diminuição das possibilidades de dispersão de doenças infecciosas, que possam vir a ser transmitidas e propagadas através de uma necessidade de mecanização dos serviços.

Neste sentido, a resolução em conjunto com a discussões levantadas, trazem um levantamento sobre a forma do acondicionamento destes resíduos para descarte, ou seja, o



uso de sacolas plásticas, equipamentos que são capazes de reduzir volumes, poluição atmosféricas provenientes da incineração dos mesmos, descarte de perfurocortantes e etc.

Schneider (2004) descreve que o questionamento sobre aos RSSS, visto a complexidade do gerenciamento dos mesmos, o principal fato desta complexidade, se centra na conjunção da normatização e tratamento ante aos órgãos ambientais e saúde sobre o tema, ou seja, sistematizar o tratamento e descartes dos mesmos.

Neste mesmo linear, o avanço tecnológico passa a ser uma opção para o tratamento dos RSSS, onde tem-se como possibilidade esterilização, incineração e disposição dos mesmos, todavia, estas possibilidades ainda não contam com normativas, deixando uma janela de possibilidades para o tratamento dos mesmos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante as considerações pautadas neste estudo, foi possível compreender a que ponto as atividades humanas influenciam no meio ambiente em uma caracterização geral, bem como evidencia-se a grande quantidade de resíduos que este mesmo cenário computa. Desta forma, fica possível compreender que as atividades humanas incidem sobre a qualidade do meio ambiente, e conseqüentemente também impactam na manutenção da espécie humana.

Neste sentido, mediante ao caráter evolutivo, os humanos passaram a ter uma maior consolidação industrial, caracterizando um aumento exponencial de resíduos, o que em mesmas proporções evidenciou o caráter de cuidado com a saúde, pautando-se em uma produção ainda maior de resíduos.

Por conseguinte, as normativas de saúde e meio ambiente não estão em conformidade sobre como devem ser realizadas as tratativas sobre os RSSS, o que traz impactos e perigos para o meio ambiente e saúde humana, haja visto o descarte incorreto dos mesmos.

Em suma, esta problemática vem ganhando espaço de discussão sobre o cuidado com o meio ambiente, principalmente no tocante das disparidades nas legislações vigentes, onde há lacunas sobre o tratamento dos RSSS, onde há uma abertura de possibilidades quanto à seguridade da saúde humana e meio ambiente.

Como sugestão a trabalhos futuros, tem-se a possibilidade de um estudo de caso em uma cidade pequena de região pobre, visando uma compreensão de como o tratamento dos RSSS ocorre na prática.



REFERÊNCIAS

- ALIER, J. M. O ecologismo dos pobres. São Paulo: Contexto, 2007.
- CAVALCANTI, C. Economia e ecologia: problemas da governança ambiental no Brasil. Revista Iberoamericana de Economia Ecológica, v.1, p.1-10, 2004.
- FERNANDES, V.; SAMPAIO, C. A. C. Problemática ambiental ou problemática social? a natureza da relação sociedade/meio ambiente. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n.18, p.87-94, 2008.
- GIL, A. C. Métodos de pesquisa social. São Paulo, Atlas. 2008.
- SILVA, R. C. P. DA; SANTOS, J. P. DE O.; MELLO, D. P. DE; EL-DEIR, S. G. Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 536p.
- CONAMA. Resolução nº 5, de 5 de agosto de 1993 Publicada no DOU no 166, de 31 de agosto de 1993, Seção 1, páginas 12996-12998.
- SENA, R. M. de; SANCHEZ , M. C. O.; MORAES , É. B. de; XAVIER, M. L.; BRAGA, A. L. de S.; PORTO, M. A. de O. P. Health management in Brazil: Challenges of managers and health professionals waste. Research, Society and Development, v.10, n.4, e14510413960, 2021.
- UEHARA, S. C. DA S.; VEIGA, A.; TAKAYANAGUI, T. B. E; MAGOSSO, A. M. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais de Ribeirão Preto (SP), Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.24, n.1, p.121-130, 2019.
- ZANONI, M.; RAYNAUT, C.; LANA, P. da C.; FLORIANI, D. A construção de um curso de pós-graduação interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento: Princípios metodológicos. Desenv. Meio Ambiente, v.47, Ed. esp., p.205-222, 2018.



PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE SEMENTES DE MILHO: REFLEXOS SOBRE A VIABILIDADE CELULAR DE LEVEDURAS

Gustavo Henrique Gravatim Costa¹
Luis Gustavo Cardoso Moraes²
Giovanni Uema Alcantara³

¹Prof. Dr. Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal – Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, gustavo.costa@uemg.br

²Graduando em Engenharia Agrônoma. Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal – Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, luis.1093281@discente.uemg.br

³Mestrando em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal – Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, gigioalcantara@hotmail.com

191

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o mundo vêm buscando alternativas para a descarbonização das atividades antrópicas sobre o meio ambiente, objetivando a mitigação do aquecimento global sobre o planeta. Essa temática é discutida desde os anos 80, entretanto, somente em 2015 que houve o Acordo de Paris com significativo número de países signatários.

Neste contexto, os combustíveis utilizados para mobilidade vêm sendo discutidos a fim de se obter alternativas ao uso da gasolina e do óleo diesel em motores “ciclo-otto” em veículo automotores leves. Entre estes, cabe destacar o etanol, biocombustível amplamente produzido em países como Estados Unidos e Brasil, o qual pode ser diretamente misturado à gasolina ou ainda utilizado para queima direta (FIESP, 2022).

As principais matérias-primas utilizadas para a produção do etanol são a cana-de-açúcar e o milho, gramíneas que apresentam elevada taxa fotossintética e potencial de acúmulo de biomassa e de carboidratos. A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene com ciclo anual de 12 meses e os fotossintetizados são estocados na forma de sacarose (SEGATO et al., 2007); enquanto o milho é uma planta de cultivo anual, com ciclo variando de 90 à 150 dias após o plantio, armazenando açúcares em forma de amido (PAES et al., 2021). A primeira



é amplamente cultivada no Brasil, enquanto a segunda é a principal cultura dos Estados Unidos para a produção de etanol.

No Brasil, o milho vêm sendo introduzido em usinas produtoras de etanol desde 2015, seja em indústrias dedicadas ao processamento desta matéria-prima, ou ainda em unidades que processam cana-de-açúcar e milho ao longo do ano – “Usinas Flex” (ALCANTARA et al., 2020). A adoção desta cultura pelo país, objetiva complementar a oferta deste biocombustível, que possui demanda crescente internamente em decorrência do aumento da frota de veículos leves equipados com motores “flex-fuel”, que saltou de 27,3 milhões em 2010 para 37,9 milhões em 2021 (OBSERVATORIO DA CANA, 2022).

O processo de produção do etanol de milho consiste na trituração dos grãos até granulometria inferior à 2mm, seguido de cozimento à 100°C, objetivando extrair o amido dos tecidos desta matéria-prima. A seguir, é adicionada enzima α -amilase para quebrar as ligações α -1,4 do amido em maltooligosacarídeos, os quais são solúveis em água, apresentam baixa viscosidade (possibilitando ações de bombas de transferência de fluidos) e são fermentescíveis pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (BOTHAST & SCHLICHER, 2004). A etapa de hidrólise dura aproximadamente de 30 a 60 minutos e ocorre à temperatura de 90°C. A pasta é resfriada até temperatura de 30-35°C, ajustada o pH para 4,0-4,5 e o Brix para valores entre 16-22%, originando o mosto. Adiciona-se enzima glucosidase que quebra ligações α -1,6 e disponibiliza pentoses para a levedura (ALCANTARA et al., 2020).

Após inoculação da levedura com o mosto, o processo fermentativo transcorre por 24-36h até que todos os açúcares sejam consumidos pelo micro-organismo e produzido o etanol (LOZANO et al., 2019). Essa molécula é recuperada por destilação, sendo eliminado como resíduo, nesta etapa, sólidos de milho que estavam em suspensão, biomassa de leveduras, água, e outros compostos produzidos na fase fermentativa (XXX). Esse resíduo é denominado DDG, que é amplamente comercializado com a finalidade de formulação de rações animais (GOES; SILVA; SOUZA, 2013).

No Brasil, grande parte das unidades industriais localizam-se no centro-oeste, região em que há expressiva oferta por milho. Além disso, a demanda pelo biocombustível é significativa e o custo logístico, neste caso, torna-se competitivo, uma vez que grande parte desse produto é adquirido da região sudeste do país (OBSERVATORIO DA CANA, 2022).

Entretanto, deve-se destacar que algumas usinas processam além de grãos de milho recém colhidos e/ou armazenados em silos, sementes que sobraram de processos de plantio. Essas possuem tratamento fungico, além de outros agroquímicos, que são utilizados para



melhorar a sanidade da semente e induzir a brotação. Essas biomoléculas podem influenciar a levedura em fermentação, reduzindo a quantidade de células vivas.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade celular de leveduras *Saccharomyces cerevisiae* quando inoculadas em mosto preparado com sementes de milho.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisas Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 6 repetições. Os tratamentos foram constituídos por grãos e sementes obtidos do híbrido Campear 20A12. Após a obtenção, os grãos e sementes foram dispostos em estufa para igualar a umidade em 15%.

A seguir, as amostras foram trituradas em triturador forrageiro, seguido de peneiramento até granulometria inferior a 1,00mm. Os grãos triturados foram imersos em água acidulada (pH 5,5) na proporção de 250 g.L⁻¹. O material foi aquecido a 100°C por 1 hora, formando uma pasta (fase I). Na sequência, a pasta foi resfriada a 80-90°C (fase II). Em ambas as fases, foi dosada a enzima α -amilase (LpHera® Novozymes) na proporção de 300 KNU.g⁻¹ de amido, afim de hidrolisar esse composto em moléculas de glicose. Na fase I, será dosado ainda 0,05 mL da quantidade de enzima necessária para evitar “gelatinização” do amido, e 0,1mL adicionado durante a fase II (NOGUEIRA et al., 2017).

As pastas foram resfriadas a temperatura ambiente, filtradas em peneira de 20 meshes e ajustadas a pH para 4,5 (ácido sulfúrico 10N) e temperatura na 30°C, originando o mosto. Os mostos foram inoculados com a levedura industrial Thermo-Resistente (LNF) na concentração de 10% do volume a ser fermentado (400mL de mosto para 40g de levedura) com a adição de 0,2 mL da enzima glucoamilase (AML 300L Novozymes). As fermentações foram mantidas em B.O.D. (Biochemical oxygen demand) a 33°C.

Ao longo do processo fermentativo foi avaliado o desenvolvimento fisiológico da levedura, através de análises microscópicas propostas por CTC et al. (2005), sendo estas: viabilidade celular, brotamento e viabilidade de brotos.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas segundo teste de Tukey (5%), utilizando-se o programa AGROESTAT® (BARBOSA & MALDONADO, 2015).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após caracterização das pastas e mostos, o próximo passo foi realizar o processo fermentativo dessas matérias-primas com a levedura ThermoResistente. Os resultados de viabilidade celular, índice de brotamentos e viabilidade de brotos, no início e final do processo fermentativo, estão disponibilizados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 Valores médios obtidos para viabilidade celular, índice de brotamento e viabilidade de brotos no início do processo fermentativo de mostos com os tratamentos de grãos e sementes de milho hidrolisado

Tratamentos	Viabilidade celular (%)	Brotamento (%)	Viabilidade de broto (%)
Grãos	86,19 B	10,95 A	90,81 A
Sementes	90,34 A	9,49 A	87,61 A
Teste F	5,65*	0,38 ^{ns}	0,18 ^{ns}
DMS (5%)	30076	19,81	105620
CV	10,16	30,75	33,45

Letras diferentes diferem entre si segundo teste de Tukey (5%). *significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns – não significativo. DMS – Desvio Mínimo Significativo. CV – Coeficiente de Variação.

Tabela 2 Valores médios obtidos para viabilidade celular, índice de brotamento e viabilidade de brotos no final do processo fermentativo de mostos com os tratamentos de grãos e sementes de milho hidrolisado

Tratamentos	Viabilidade celular (%)	Brotamento (%)	Viabilidade de broto (%)
Grãos	83,28 A	7,11 B	76,02 A
Sementes	74,91 B	15,17 A	71,95 A
Teste F	18,90**	22,16**	0,71 ^{ns}
DMS (5%)	26611	0,0061	457,38
CV	12,38	0,64	19,74

Letras diferentes diferem entre si segundo teste de Tukey (5%). *significativo ao nível de 1% de probabilidade. ns – não significativo. DMS – Desvio Mínimo Significativo. CV – Coeficiente de Variação.

Observou-se que, para a viabilidade celular, a fermentação de sementes de milho promove, inicialmente, um ambiente favorável à manutenção da levedura. Entretanto, com o passar do tempo, a viabilidade decresce até níveis de 74%, enquanto o processamento de grãos, os valores tendem a se manter constantes durante todo o processo. Provavelmente, a presença de fungicida nas sementes, resulta um ambiente estressivo para o micro-organismo, fazendo com que o mesmo consuma açúcares para manter-se vivo como, por exemplo, para a



multiplicação celular, evidenciado pelo índice de brotamentos. Neste contexto, deve-se destacar que a levedura pode iniciar um processo de produção de biomassa ao invés do produto de interesse principal – etanol. Outro fator que pode ter potencializado a interferência na viabilidade das leveduras são inibidores como aldeídos furfural e 5-hidroxi-metil-furfural (HMF) que podem ter se formando durante o processo de hidrólise, resultante da metabolização de ligações entre açúcares monoméricos e cadeias poliméricas (ECKERTA et al., 2017). Entretanto, estudos futuros podem validar essa afirmação. Não foram verificadas diferenças significativas para a viabilidade de brotos no início e final da fermentação.

Estes comportamentos são os mesmos apresentados por Alcantara et al. (2020), os quais verificaram índices iniciais satisfatórios para o desenvolvimento da levedura em mosto de milho, porém houve redução significativa da viabilidade celular ao final do processo, quando utilizou-se a levedura CAT-1.

CONCLUSÕES

A utilização de sementes de milho tratadas com fungicida apresenta influência negativa sobre a levedura em fermentação.

AGRADECIMENTOS

Gustavo Henrique Gravatim Costa agradece à UEMG pela Bolsa Produtividade (Chamada PQ/UEMG 01/2021). Luiz Gustavo Cardoso Moraes agradece ao PAPq/UEMG. Giovanni Uema Alcântara agradece à CAPES pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. U.; NOGUEIRA, L. C.; STRINGACI, L. A.; MOYA, S. M.; COSTA, G. H. G. Brazilian “flex mills”: ethanol from sugarcane molasses and corn mash, *BioEnergy Research*, v.13, p.229-236, 2020.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. *Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos*. FUNEP: Jaboticabal, 2015.
- BOTHAST, R. J.; SCHLICHER, M. A. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.67, n.1, 2004.
- CTC. Centro de Tecnologia Canavieira. *Manual de métodos de análises para açúcar*. Piracicaba, Centro de Tecnologia Canavieira, Laboratório de análises, 2005. Disponível em: CD ROM.



ECKERTA, C. T.; FRIGOB, E. P.; ALBRECHTC, L. P.; ALBRECHTC, A. J. P.; CHRISTA, D.; SANTOS, W. G.; BERKEMBROCKC, E.; EGEWARTHD, V. A. Maize ethanol production in Brazil: Characteristics and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.82, p.3907-3912, 2017.

FIESP. Safra Mundial de Milho Safra 2022/2023. 3º Levantamento USDA. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>.

Acesso em: 01/07/2022.

GOES, R. H. T. B.; SILVA, L. H. X.; SOUZA, K. A. Alimentos e Alimentação Animal. 1ª ed. Dourados: UFGD, 2013.

LOZANO, E. V.; NOGUEIRA, L. C.; ALCANTARA, G. U.; COSTA, G. H. G. Híbridos de Milho afetam a quantidade de etanol produzida no Cerrado do Centro-Oeste paulista. *Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v.9, n.1, 2020.

NOGUEIRA, L. C.; ALCANTARA, G. U.; MOYA, S. M.; COSTA, G. H. G. Extração dos açúcares do grão de milho de 1,18mm em diferentes tempos de cozimento. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica Blucher, 17, 2017, São Paulo. Anais... São Paulo: Blucher, 2017.

OBSERVATORIO DA CANA. Frota Brasileira de Automóveis e veículos comerciais Leves (Ciclo Otto). Disponível em: <<https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=147>>. Acesso em: 01/07/2022.

PAES; M. C. D.; GUIMARÃES, P. E. O.; CARVALHO, C. W. P.; OLIVEIRA, A. C. Perfil viscoamilográfico de amidos isolados de híbridos de milho. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa, 2021.



SCREENING FITOQUÍMICO DOS EXTRATOS ALCOÓLICOS DE AZADIRACTHA INDICA

Taís Arthur Corrêa¹
Laiane Pereira Rocha²
Ana Luíza Franco³
Elisângela Aparecida da Silva⁴

¹Profa. Dra. Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG, DCEX, tais.correa@uemg.br

²Discente do Curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, MG,
laiane.1094208@discente.uemg.br

³Discente do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal,
MG, alfranco285@gmail.com

⁴Profa. Dra. Universidade do Estado de Minas Gerais –Frutal, MG, DCAB, elisangela.silva@uemg.br

197

INTRODUÇÃO

As plantas representam uma inesgotável fonte de compostos biotativos e agentes terapêuticos, o que tem contribuído significativamente ao longo dos séculos na manutenção da vida humana (BRASIL, 2006). Com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, a aplicação de plantas vem sendo difundida como alternativa eficaz para solucionar problemas de saúde, uma vez comprovada cientificamente a ação de compostos responsáveis pelas atividades biológicas características, estabelecendo benefícios sociais, ambientais e econômicos (BOTELHO et al., 2007).

O Nim indiano, conhecido cientificamente pelo nome botânico *Azadirachta indica* A. Juss, pertencente à família Meliaceae. É uma planta milenar proveniente do sudeste da Ásia e do subcontinente indiano, perene, crescimento rápido, resistente à seca e a altas temperaturas. Considerada uma árvore de grande porte e clima tropical está presente em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil. Possui uma copa a de folhagem verde escuro, muito usada para arborização urbana, como quebra-vento e sombra (MORAES et al., 2006).

Relatos na literatura têm exibido variedades de aplicações farmacológicas e medicinais como, antissépticas, anti-inflamatória, gastroprotetora, hepatoprotetora, antifúngica, antibacteriana e hipolipidêmica (CHATTOPADHYAY, 1999; BISWAS et al., 2002; DAS NEVES et



al., 2003; SALEEM et al., 2018), com isso agindo em vários tipos de enfermidades como, por exemplo, hanseníase, malária, desordens respiratórias, sífilis crônica, úlceras, gengivites e infecções de pele (MOSSINI & KEMMELMEIER, 2005; DA SILVA NETO et al., 2020).

De forma geral, os efeitos benéficos do Nim podem ser atribuídos a um ou mais compostos fitoquímicos, presentes em partes da planta (semente, folhas, casca, flores e frutos), como: flavonoides, terpenoides, antraquinonas, taninos, alcaloides, entre outras classes de substâncias (SIDDIQUI et al., 2004; SUBAPRIYA & NAGINI, 2005), o que corrobora com a necessidade de serem constantemente investigados.

A elucidação dos principais grupos de constituintes químicos que compõe o extrato vegetal e/ou o óleo, pode ser realizada por triagem fitoquímica, constituindo-se de um exame qualitativo, de baixo custo, que permite uma avaliação rápida e preliminar da presença ou não de metabólitos secundários no material de interesse, através de testes colorimétricos ou de precipitação. Entretanto, ressalta-se que apesar dos compostos bioativos terem a possibilidade de estar presentes em toda a planta, sua concentração e facilidade de extração pode variar de acordo com a parte estudada, época da coleta e o método/solvente de extração empregados (SIMÕES, 2019).

Ressalta-se também que os metabólitos podem ter variação da composição química devido aos efeitos do ecossistema. Assim como todas as plantas que são exploradas para um propósito científico, o Nim também apresenta condições específicas de plantio, cultivo, preparo e tratamento, garantindo manutenção do controle de qualidade do princípio ativo e propiciar um melhor aproveitamento da sua composição (BRASIL, 2001).

Considerando a adaptação do Nim às condições de clima e solo do Cerrado brasileiro, esta espécie torna-se uma opção disponível para pequenos produtores rurais que buscam alternativas para o controle de pragas em áreas agrícolas. Com o plantio e cultivo de algumas árvores nas propriedades é possível auxiliar o produtor na obtenção de extratos que poderão atender suas necessidades (CORRÊA et al., 2022).

Diante do exposto, o presente trabalho visa apresentar o estudo fitoquímico da espécie *Azadirachta indica*, considerando a espécie introduzida no município de Frutal-MG, inserida no Triângulo Mineiro, por meio da investigação qualitativa da presença de grupos de metabólitos secundários das folhas, pecíolos, cascas do tronco, flor, fruto (polpa e casca) e semente, empregando a prospecção química de seus extratos alcóolicos.

METODOLOGIA

Coleta e identificação do material vegetal

O material vegetal considerado nesta pesquisa (Figura 1) foi obtido de uma árvore de *Azadirachta indica* localizada em área urbana, nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude: -20.039917; Longitude:-48.927333, situada no município de Frutal, Minas Gerais. A coleta de material vegetal foi realizada na parte da manhã nos meses de outubro de 2021 (para folhas com pecíolos, flores e casca do tronco) e janeiro (frutos e sementes) de 2022.

A determinação de espécime foi realizada no mês de março de 2022, por comparação em material tombado no Herbário/BHCB no Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A identificação do material vegetal como *Azadirachta indica* A. Juss, nome científico validado pelo International Plant Names Index (IPNI), foi confirmada pela M^a. Nayara Couto Moreira.

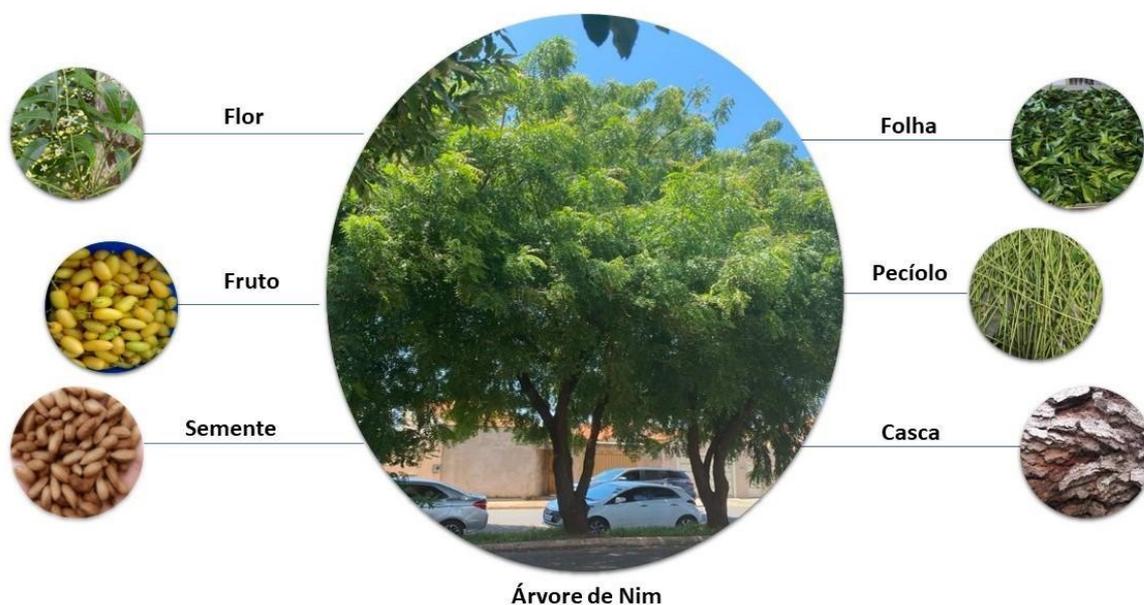


Figura 1. Árvore de Nim selecionada para o estudo e as partes da planta utilizadas para avaliação fitoquímica. Fonte: as autoras (Frutal-MG, 2022).

Extração alcoólica e triagem fitoquímica preliminar

Após a coleta do material vegetal, no laboratório de Ciências Ambientais da UEMG, os mesmos foram higienizados, secos em estufa com circulação de ar forçada a temperatura de 40°C por um período de 2 (folhas, pecíolos, casca e flor) a 4 dias (frutos e sementes), triturados em moinhos de facas e mantidas em dessecador. As porções de 5 g *A. indica* (Figura 2) foram submetidas à extração à frio por maceração com 50 mL de etanol P.A por 48h, armazenadas em geladeira e envoltos em papel laminado. Após essa etapa, os extratos foram

filtrados em papel qualitativo, secos com sulfato de sódio e submetidos à triagem fitoquímica preliminar.

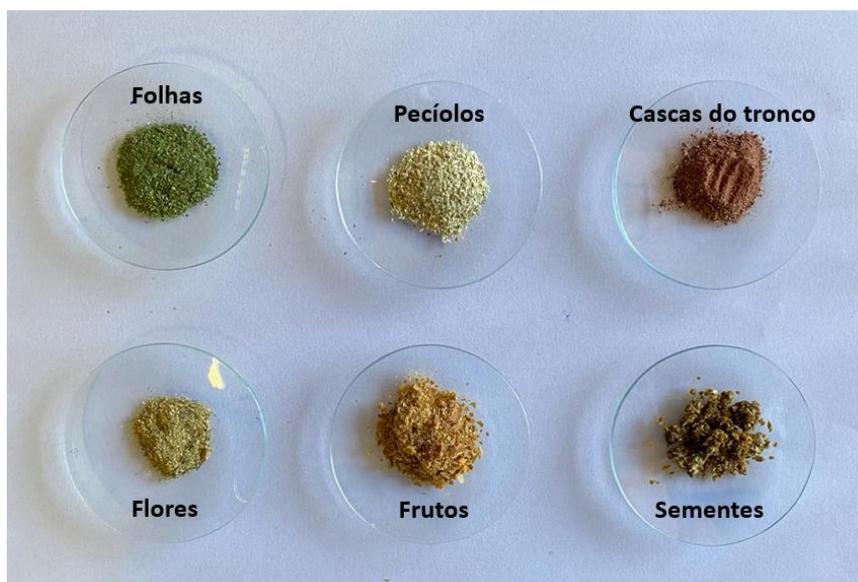


Figura 2. Amostras secas e trituradas do material vegetal empregados para a prospecção química. Fonte: as autoras (Frutal-MG, 2022)

A etapa de prospecção fitoquímica foi desenvolvida nos meses de novembro de 2021 e junho de 2022. Visando evidenciar as principais classes de substâncias químicas (alcaloides, flavonoides, antraquinonas, taninos, triterpenos e esteroides) presentes nos extratos obtidos de diferentes partes da *Azadirachta indica*, foram utilizadas as metodologias adaptadas de Simões et al. (2017), Corrêa et al. (2022) e Matos (2009), observando a formação de precipitado, mudança de cor e aparecimento de fluorescência, como disposto na Tabela 1.

200

Tabela 1. Ensaio e resultados positivos esperados para as classes de fitoquímicos analisadas

Ensaio	Classe de Metabólito	Especificações
Reação de Liebermann-Burchard	Esteroides livres	Coloração azul evanescente seguida de verde permanente
Reação de Liebermann-Burchard	Triterpenoides	Coloração parda à vermelha
Reação de Mayer	Alcaloide	Turvação ou formação de precipitado branco
Reação de Taubouk	Flavonoide	Desenvolvimento de fluorescência de coloração amarelo esverdeada na luz UV
Reagente de Bornträger direta	Antraquinonas	Desenvolvimento de coloração rósea-avermelhada
Reação com Cloreto Férrico	Taninos Gerais	Desenvolvimento de coloração: 1) verde-marrom para taninos condensados; 2) azul-preto para taninos hidrolisáveis

Neste contexto, as reações de Liebermann-Burchard; Mayer; Taubouk; Bornträger; além daquelas empregando Cloreto Férrico foram utilizadas neste estudo de triagem fitoquímica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a análise fitoquímica foi observada a presença de metabólitos secundários nas diferentes partes da planta testada e em concentrações diferentes, visto a intensidade da precipitação, tonalidade das cores e variação da fluorescência, obtidas na avaliação (Tabela 2). Os resultados encontrados indicam a presença de alcaloides em todas as partes do material vegetal avaliado, exceto nas cascas do tronco, evidenciada por meio da turvação das soluções proporcionadas pelo teste de Mayer. Essa classe de compostos possuem uma ampla bioatividade com efeitos antiespasmódicos, antitumorais, antialérgicos, estimulantes do Sistema Nervoso Central, analgésicos, controle da pressão sanguínea, além de apresentarem efeitos farmacológicos e importantes agentes terapêuticos e/ou medicinais (FERNANDES et al., 2011).

Tabela 2. Classes de fitoquímicos avaliados nos extratos de A. indica

Metabólitos secundários	Partes de Planta					
	Folhas	Pecíolos	Cascas	Flores	Frutos	Sementes
Alcaloides	+	+	-	+	+	+
Antraquinonas	-	-	+	-	-	--
Taninos gerais	-	-	+	-	-	-
Flavonoides*	+	+	-	+++	NI	+
Triterpenoides*	+	+	-	+	+	++
Esteroides livres	-	-	-	-	-	-

Os testes com Cloreto Férrico apresentaram resultado positivo para taninos condensados apenas para o extrato da casca, com a formação de precipitado de coloração verde. Já os testes para antraquinonas indicaram a presença apenas para as cascas do tronco.

Os taninos condensados são encontrados em diversas famílias do reino vegetal. Estão presentes em consideráveis concentrações em alguns frutos (uvas, maçãs, etc.) e suas bebidas derivadas, no cacau e chocolate (SANTOS-BUELGA & SCALBERT, 2000). Tem sido atribuída a essa classe de compostos diversas ações biológicas, como atividade adstringente, antimicrobiana, antioxidante, farmacológica, inibição enzimática, além de aplicação na agricultura orgânica (NOGUEIRA et al., 2021).



Os testes evidenciaram que os flavonoides estão distribuídos nas diferentes partes da planta, observando resultado positivo para as folhas, pecíolos, flores, frutos e sementes, diante do desenvolvimento de fluorescência de coloração amarelo esverdeada quando colocado sob luz UV. A concentração desse metabólito na planta pôde ser observada diante da variação da intensidade de fluorescência (Figura 3). Galeane (2013) também encontrou flavonoides nas folhas de Nim, destacando que tal classe de compostos é largamente distribuída nos vegetais superiores (angiospermas), podendo apresentar diversas funções na planta como: proteção contra insetos, micro-organismos; agentes alelopáticos e inibidores de enzimas, o que justifica o fato desta espécie possuir atividades biológicas como anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes, antivirais, entre outras.

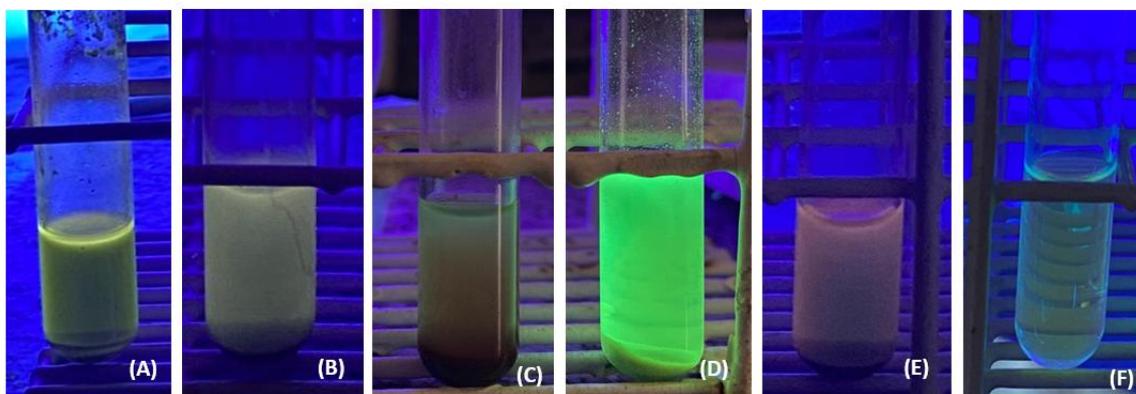


Figura 3. Resultado do teste de Taubouk para os extratos etanólicos das folhas (A), pecíolos (B), cascas do tronco (C), flores (D), frutos (E) e sementes (F). Fonte: as autoras (Frutal-MG, 2022).

Com os testes Liberman-Buchard, foi encontrada a presença de triterpenoides nas folhas, pecíolos, frutos e sementes. Entretanto, diante dos testes realizados, devido a cor desenvolvida, não se verificou uma alta concentração desse metabólito, o que difere de outros trabalhos que evidenciam a forte presença de triterpenoides na *A. indica* (MACIEL et al., 2010; PASSOS et al., 2019), principalmente no óleo extraído da semente do Nim. Extratos de sementes e folhas de *Azadirachta indica* são amplamente aplicados como pesticidas e repelentes de insetos, relacionando a eficácia de cada extrato com seu teor de limonoides, azadiractina e análogos (GALEANE, 2013; MORGAN, 2009).

Vale ressaltar que os frutos (polpa e semente) avaliados neste estudo foram colhidos, higienizados e armazenados em congelador até o seu processamento, que foi realizado após 2 meses desse processo. Nesse sentido, acreditamos que possa ter ocorrido degradação de



alguns metabólitos secundários como, por exemplo, os triterpenoides. De acordo com Martinez (2002) o despulpamento e secagem das sementes devem ser feitos logo após a colheita, pois esse processo é de fundamental importância para a conservação do teor de azadiractina e para a qualidade dos produtos que serão obtidos.

Os resultados encontrados corroboram com outros trabalhos da literatura que evidenciam a presença de diferentes classes de metabólitos secundários na *A. indica*, sendo esses responsáveis por resultados animadores no combate a pragas, usos medicinais e ramo da cosmética (DO BRASIL, 2001; MOSSINI & KEMMELMEIER, 2005; DA SILVA NETO et al., 2020).

CONCLUSÃO

Os testes de triagem fitoquímica realizados nos extratos etanólicos das folhas, pecíolos, flores, casca do tronco, frutos e sementes indicaram a presença de cinco classes de metabólitos secundários na espécie. Foi constatada a ocorrência de um maior número de classes de metabólitos secundários nos extratos das folhas, pecíolos, cascas do tronco, flores e sementes, respectivamente, enquanto o extrato dos frutos apresentou apenas duas classes.

Os resultados encontrados justificam o amplo emprego da *Azadirachta indica* na medicina popular, sendo assim considerada uma valiosa fonte de compostos bioativos também para utilização na agropecuária. O estudo contribui como subsídio preliminar sobre o conhecimento da composição química, incentivando trabalhos futuros de isolamento e elucidação estrutural de seus constituintes químicos.

203

AGRADECIMENTOS

Aos Programas Institucionais da Universidade do Estado de Minas Gerais de Apoio à Pesquisa (PAPq/UEMG) e Produtividade (PQ/UEMG);

Ao Prof. Dr. João Renato Stehmann, curador do herbário BHCB da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

REFERÊNCIAS

BOTELHO, M. A.; NOGUEIRA, N. A. P.; BASTOS, G. M.; FONSECA, S. G. C.; LEMOS, T. L. G.; MATOS, F. J. A.; MONTENEGRO, J. H.; RAO, V. S.; BRITO, G. A. C. Antimicrobial Activity of the Essential Oil From *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol Against Oral Pathogens. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v.40, p.349–356, 2007.



BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CHATTOPADHYAY, R. R. Possible mechanism of antihyperglycemic effect of *Azadirachta indica* leaf extract: Part V. Journal of Ethnopharmacology, v.67, n.3, p.373-376, 1999.

CORRÊA, T. A.; SILVA, E. A.; FRANCO, A. L.; ROCHA, L. P. NIM (*Azadirachta indica*): aspectos fitoquímicos e anatômicos. In: Fitoquímica: Potencialidades biológicas dos biomas brasileiros, p. 99-115, 2022.

DAS NEVES, B. P.; DE OLIVEIRA, I. P.; NOGUEIRA, J. C. M. Cultivo e utilização do nim indiano. Embrapa Arroz e Feijão-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2003.

DA SILVA NETO, I. F.; LEITE, I. B.; AGUIAR, A. M. A.; SILVA, M. R. Bioprospecção farmacológica: avaliação fitoquímica do nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.). Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management, v.16, n.2, p.215-226, 2020.

BRASIL. Cultivo e usos do nim (*Azadirachta indica* A. Juss). Boletim Agropecuário, v.68, p.1-14, 2001.

FERNANDES, L. M. Avaliação da atividade genotóxica de extratos e do alcaloide indolmonoterpênico obtidos das raízes de *Galianthe thalictroides* (Rubiaceae). Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste. Campo Grande. Mato Grosso do Sul, 2011.

GALEANE, M. C. Prospecção fitoquímica de ativos em extratos e frações originados de folhas de *Azadirachta indica* A. juss. visando atividade antimicrobiana. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2013.

MACIEL, M. V.; MORAIS, S. M.; BEVILAQUA, C. M. L.; SILVA, R. A.; BARROS, R. S.; SOUSA, R. N.; SOUSA, L. C.; MACHADO, L. K. A.; BRITO, E. S.; SOUZA-NETO, M. A. atividade inseticida in vitro do óleo de sementes de nim sobre *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v.19, n.1, p.7-11. 2010.

MARTINEZ, S. S. O Nim – *Azadirachta indica* – natureza, uso múltiplos e produção. Londrina: IAPAR, 2002. 142p.

PASSOS, M. S.; SAMYRA, A. R. C. J.; VIRGENS, B. L. L. G.; CALIXTO, S. D. C.; LOPES, T.; VENTURA, B.; LASSOUNS, E.; BRAZ-FILHO, K. R.; VIEIRA, C. I. J. Terpenoids isolated from *Azadirachta indica* roots and biological activities. Revista Brasileira de Farmacognosia, v.29, p.40-45, 2019.



MATOS, J. A. Introdução a fitoquímica experimental. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, cap. 4, 2009.

MORAES, A. R. A.; MAY, A.; LOURENÇÃO, A. L.; PINHEIRO, M. Q. NIM (*Azadirachta indica* A. Juss). Campinas: IAC. 2006. 10p. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/12.pdf. Acesso em: 23 de julho de 2022.

MORGAN, E. D. Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v.17, p.4096-4105, 2009.

MOSSINI, S. A. G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): Múltiplos Usos. *Acta Farm. Bonaerense*, v.24, n.1, p.139-148, 2005.

NOGUEIRA, A. J. L.; SEREJO, A. P. M.; DIAS, A. A. S.; COUTINHO, D. F. Taninos: Uma Revisão. In: *Tópicos Integrados em Botânica*. (Ed) LEMOS, J. R. Capítulo 4. p.32-43. 2021.

SALEEM A. B.; DIAMANTI E. M.; FOURNIER J.; HARRIS K. D.; CARANDINI, M. Coherent encoding of subjective spatial position in visual cortex and hippocampus. *Nature*, v.562, n.7725, p.124-127, 2018.

SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Proantocianidinas e compostos semelhantes a tanino: natureza, ocorrência, ingestão dietética e efeitos na nutrição e saúde. *Journal of Science Food and Agriculture*, v.80, p.1094-1117, 2000.

SIDDIQUI, B. S. F.; AFSHAN, T.; GULZAR, R.; SULTANA, S. N.; NAQVI, R. M. Tetracyclic triterpenoids from the leaves of *Azadirachta indica*. *Fytochemistry*, v.65, n.16, p.2363-2367, 2004.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: do produto natural ao medicamento*. Porto Alegre: Artmed, 2017. 486p.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. *Farmacognosia: do produto natural ao medicamento*. Artmed Editora, 2019.

SUBAPRIYA, R.; NAGINI, S. Medicinal properties of neem leaves: a review. *Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents*, v.5, n.2, p.149-156, 2005.



AVALIAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO ANAERÓBIO E PÓS-TRATAMENTO COM LAGOAS DE ALTA TAXA E WETLANDS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA

Luciano dos Santos Rodrigues¹

Israel José da Silva²

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques³

Claudimir da Silva Santos⁴

Bruna Colho Lopes⁵

Fabício Santos Rita⁶

206

¹Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, lsantosrodrigues@gmail.com

²Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, israelvp@gmail.com

³Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁴Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

⁵Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, bruna.coelho.lopes@gmail.com

⁶Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, fabriciosantosrita@gmail.com

INTRODUÇÃO

No Brasil, o destino dos efluentes dos confinamentos de animais foi e continua sendo os cursos de água, usando o ultrapassado método da diluição para eliminar os resíduos das instalações, o que pode resultar na eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (SILVA & ROSTON, 2010).

A elevada produção de resíduos com alta carga orgânica no gerenciamento da criação em confinamento tem se constituído num desafio para os produtores (DAHLIN et al., 2017). O alto potencial poluidor do dejetos animal quando mal administrado leva a uma série de problemas ambientais como a liberação de odores nocivos, emissões de gases do efeito estufa,



patógenos, descarga de nutrientes no solo e na água (RAMOS-SUÁREZ et al., 2019; ZHUANG et al., 2020).

A produção intensiva na pecuária enfrenta grandes desafios para estabelecer o equilíbrio das estreitas relações que existem entre a produção intensiva, a saúde animal e a sustentabilidade ambiental. O tratamento de efluentes oriundos de confinamentos de animais, como forma de adequá-los a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente, está associado aos conceitos do nível e da eficiência do tratamento (SILVA & ROSTON, 2010).

A biodigestão anaeróbia é um processo natural, ocorre em ambientes livres de oxigênio, no qual microrganismos decompõem a matéria orgânica (LIU et al., 2008). É um processo pelo qual a maioria dos resíduos orgânicos, na ausência de oxigênio, é biologicamente convertida a metano e outros produtos. É um processo complexo, que requer condições ambientais específicas e diferentes populações de microrganismos (LASTELLA et al., 2000). Nesse processo existe um delicado equilíbrio entre os grupos de processos primários (hidrólise e acidogênese) e a conversão dos produtos ácidos pelos microrganismos acetogênicos e a formação de metano e dióxido de carbono pelos metanogênicos (LEITÃO et al., 2006).

A capacidade de tratamento de um sistema de digestão anaeróbia é determinada pela atividade microbiana da biomassa mantida dentro do sistema, que por sua vez é influenciada pela composição do efluente e configuração do reator (PEREZ et al., 2007).

O interesse pelo tratamento anaeróbio, de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agropecuária e da agroindústria, tem aumentado nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias, ou aos processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos (MORAES & PAULA JÚNIOR, 2004).

Os reatores anaeróbios de alta taxa, como o reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) e filtros anaeróbios retêm a biomassa favorecendo o equilíbrio dos microrganismos. A imobilização destes organismos nos reatores é benéfica para o sistema considerando o lento crescimento dos microrganismos metanogênicos (MELIDIS et al., 2003). Nos reatores UASB a microbiota é imobilizada em grânulos e flocos na manta de lodo que é formada na parte inferior do reator, já nos filtros anaeróbios o meio suporte imobiliza a biomassa por meio da formação dos biofilmes, o que promove um alto contato do efluente a ser tratado com o lodo retido e um maior valor para a idade do lodo (PANDEY & SARKAR, 2017). Obtendo assim resultados satisfatórios quanto à remoção de matéria orgânica e



produção de metano em efluentes agropecuários com elevadas cargas orgânicas (RODRIGUES et al., 2009; OLIVEIRA & SANTANA, 2011; URBINATI et al., 2013).

Sendo assim, reatores de alta taxa são considerados robustos por suportarem altas cargas orgânicas e sobrecargas hidráulicas além de requererem pequenas áreas, apresentarem baixa produção de lodo e baixo custo operacional, promoverem alta remoção de matéria orgânica e fácil operação (DUDA & OLIVEIRA, 2011). Entretanto, o efluente final do processo anaeróbio contém alta concentração de nitrogênio, fósforo e patógenos, o que implica a necessidade de um pós-tratamento (BRUNO et al., 2013).

METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma suinocultura localizada no interior do estado de São Paulo funcionando em escala real.

O sistema de tratamento foi composto de peneira estática (remoção de sólidos grosseiros) de diâmetro de furos de 1mm, reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (reator UASB) de volume de 108 m³ em alvenaria, seguido de filtro anaeróbio (FA) de volume também de 108 m³, com pós-tratamento por lagoa de estabilização de alta taxa (LAT) de volume de 518 m³, sendo que possuía dois aeradores horizontais que funcionavam de forma intermitente, para que se obtivesse ambiente aeróbio seguido de anóxico para favorecer a nitrificação e desnitrificação com objetivo de remoção de nitrogênio, e sistema de Wetlands de fluxo horizontal com lemna de volume de e 50 m³ para polimento e remoção complementar de nitrogênio.

208

Afluente

Os dejetos eram bombeados de uma caixa de coleta da granja diretamente para o tratamento primário, e posteriormente seguia para as outras unidades por gravidade.

Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, DQO, DBO, sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos, e amônia. As amostras foram coletadas na entrada e saída do reator UASB, FA, LAT, e WET.

As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998).



As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório. Em seguida foram resfriadas e mantidas sob refrigeração até o momento da realização das análises de maneira a manter suas características.

O monitoramento do sistema de tratamento permite a comparação do efluente com os padrões da legislação ambiental, permitem calcular a carga poluidora, além de permitir avaliar o sistema de forma global.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios dos parâmetros avaliados durante o período experimental do sistema de tratamento estão descritos na Tabela 1, e os parâmetros operacionais na Tabela 2. Conforme Tabela 1, os valores de pH variaram de 6,34 no afluente à 7,16 no efluente do wetlands, observando valores crescentes a medida que o efluentes passava pelas unidades de tratamento. Os valores de pH no reator UASB e FA ficaram na faixa de neutralidade, faixa ótima para a digestão anaeróbia (LETTINGA, 1995; SANTANA & OLIVEIRA, 2005).

O controle de pH tem como objetivo principal a eliminação do risco de inibição das arqueias metanogênicas pelos baixos valores de pH, evitando assim, a falha do processo.

Os resultados das concentrações de DBO do esgoto bruto e saída do reator UASB, FA, LAT e WET, observadas ao longo da fase experimental são mostrados na Tabela 1. Observa-se que o teor de DBO, inicialmente elevada no afluente, é reduzido consideravelmente no reator UASB.

O valor médio de DBO afluente encontrado neste estudo foi semelhante ao de Medri e Medri (2004) em seu trabalho, embora se tenha constatado, no estudo, grande variação do afluente, que pode estar associado ao manejo da granja. Outro fator que pode ter influenciado é a temperatura, de vez que em temperaturas elevadas ocorre maior consumo de água pelos suínos e para higienização da granja.



Tabela 1. Valores médios dos parâmetros físico-químicos do afluente e efluente do reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental

Parâmetro	EB	UASB	FA	LAT	WET
pH	6,34	7,26	7,59	7,05	7,16
DBO	5920	600	360	140	80
DQO	16800	2000	700	150	110
ST	38565	4500	1320	330	250
STV	16215	2500	270	95	70
STF	22350	2000	1050	235	180
Amônia	599	198	140	10	3

Tabela 2. Valores operacionais do sistema de tratamento composto por reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental

Unidade	Volume (m ³)	Vazão (m ³ d ⁻¹)	COV (kgDQO m ⁻³ .d ⁻¹)	TDH (d)
Reator UASB	108	50	7,78	2,16
Filtro Anaeróbio	108	50	0,93	2,16
Lagoa de Alta Taxa	518	50	0,07	10,36
Wetlands	50	50	0,15	1

210

Os valores médios de DQO no afluente foram de 16800 mg.L⁻¹, diminuindo ao passar pelo sistema de tratamento. Esses valores foram superiores aos obtidos por Santana e Oliveira (2005), Fernandes e Oliveira (2006), Abreu Neto e Oliveira (2009) e Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com efluentes de suinocultura encontraram DQO afluente de 8.818, 11.640, 28.770 e 17.334 mg.L⁻¹, respectivamente. Estas variações são devidos também ao manejo adotado na granja

No reator UASB, operando com valores de COV de 7,8 kg DQO.(m³.d)⁻¹ e TDH de 52 h, foram obtidas eficiências de remoção de DQO de 88% (Tabela 3, Figura 1). Já o FA foi operado com uma COV de 0,93 kg DQO.(m³.d)⁻¹ e TDH de 52 h, foram obtidas eficiências de remoção de 65%. Observa-se que os valores de COV aplicados no FA foram muito inferiores ao do reator UASB devido a alta eficiência de remoção no UASB e por terem o mesmo volume e tempo de detenção hidráulico.

A lagoa de alta taxa também apresentou alta eficiência de remoção de DBO e DQO, auxiliando na eficiência global do sistema. A eficiência média de remoção global do sistema foi



de 98,6% para DBO e 99,3% para DQO. Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com dois reatores anaeróbios UASB em série com COV aplicadas variando de 14,8 a 24,4 kg DQOt(m³.d)⁻¹, obtiveram eficiências de remoção de DQO variando de 87 a 94%. Abreu Neto e Oliveira (2009) avaliaram dois reatores anaeróbios em série (reator ABR seguido de reator UASB) em série tratando efluentes de suinocultura, submetidos a TDH de 60 a 24 h no reator ABR e de 13,6 a 5,4 h no reator UASB, com COV variando de 11,5 a 18 kg DQOt(m³.d)⁻¹ no reator ABR e de 4,2 a 13,4 kg DQOt(m³.d)⁻¹ no reator UASB, obtiveram eficiências médias de remoção de 72%.

Tabela 1. Valores médios de eficiência do reator UASB, FA, LAT e WET durante o período experimental

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)				
	UASB	FA	LAT	WET	GLOBAL
DBO	89,9	40	61,1	42,9	98,6
DQO	88,1	65	78,6	26,7	99,3
ST	88,3	70,7	75	24,2	99,4
STV	84,6	89,2	64,8	26,3	99,6
STF	91,1	47,5	77,6	23,4	99,2
Amônia	67	29,2	92,8	66,7	99,4

211

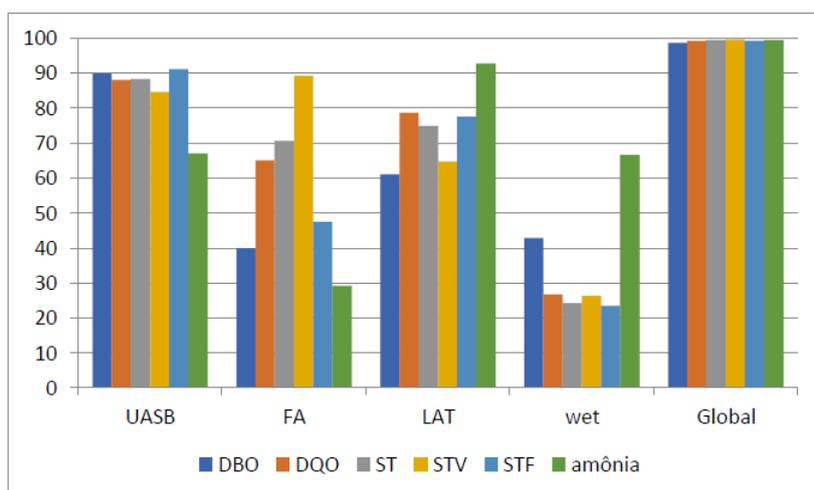


Figura 1. Valores médios de eficiência do reator UASB, FA, LAT e WET d global durante o período experimental.



Torkian e Hashemian (2003) operaram um reator UASB de 1 m³ com carga orgânica aplicada variando de 13 a 39 kg DQO/m³.d e tempo de detenção hidráulico de 2 a 7 horas, e observaram remoções de DQO de 75 a 90% para afluentes de 3000 mg/L a 4500 mg/L, respectivamente. Leifeld et al. (2009) estudaram o emprego de filtros anaeróbios no tratamento de efluentes de abatedouro com tempos de detenção hidráulico variando de 48 a 120 horas, e obtiveram eficiências de remoção de DQO variando de 48,4 a 87,0%. Os valores médios de ST no afluente foram de 38565 mg.L⁻¹, reduzindo a medida que passou pelo sistema de tratamento, com efluente final de 250 mg.L⁻¹. Já os valores médios de concentração de STV e STF nos afluente e efluente do reator UASB e FA, foram de 16215, 2500 e 270 mg.L⁻¹ e 22350, 2000 e 1050 mg.L⁻¹, respectivamente. A concentração de STV corresponderam, respectivamente, a 42, 55 e 20% dos valores de ST.

As eficiências médias de remoção de ST no reator UASB, FA, LAT e WET foram de 88,3, 70,7 e 75%, respectivamente; para STV, as eficiências médias de remoção foram de 84,6% para o reator UASB, 89,2% no filtro anaeróbio e de 64,8% para o a lagoa de alta taxa. já o desempenho do sistema de tratamento na remoção de ST, STV e STF foram de 99,4, 99,6% e 99,2%, respectivamente. Foi ótimo o desempenho do sistema na remoção de sólidos. O valor médio de amônia afluente foi de 599 mg.L⁻¹, diminuindo para 10 mg.L⁻¹ na LAT e 3 mg.L⁻¹ no WET. Esses valores elevados de amônia no afluente são provenientes da alimentação dos suínos, rica em nutrientes. A eficiência de remoção de amônia no LAT foi de 92,8%, sendo esta unidade a grande responsável por este parâmetro. A eficiência global do sistema foi de 99,4%. Os resultados alcançados neste trabalho mostram que o sistema composto por reator UASB seguido de FA, com pós-tratamento por lagoa de alta taxa e wetlands se apresenta como alternativa promissora no tratamento de efluentes de suinocultura. A tecnologia é compatível para a mitigação dos efeitos ambientais de um efluente com altas concentrações de sólidos, matéria orgânica e nutrientes.

212

CONCLUSÕES

O sistema de tratamento anaeróbio, composto por reator UASB seguido de FA, lagoa de alta taxa e wetlands foi eficiente na remoção de DBO, DQO, sólidos e amônia, possibilitando, nas condições operacionais impostas, alcançar valores médios de remoção acima de 99%, tornando-se uma ótima alternativa de tratamento de efluentes de suinocultura.



REFERÊNCIAS

- ABREU NETO, M. S.; OLIVEIRA, R. A. de. Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.1, p.148-161, 2009.
- APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 1998.
- BRUNO, M.; OLIVEIRA, R. A. Performance of UASB reactors in two stages followed by post-treatment with activated sludge in wastewater batch of wet-processed coffee. *Engenharia Agrícola*, v.33, p.808-819, 2013.
- DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, p.91-100, 2011.
- DAHLIN, J.; NELLES, M.; HERBES, C. Biogas digestate management : Evaluating the attitudes and perceptions of German gardeners towards digestate-based soil amendments. *Resources Conservation and Recycling*, v.118, p.27-38, 2017.
- FERNANDES, G. F. R.; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.26, n.1, p.243-256, 2006.
- LASTELLA G.; TESTA C.; CORNACCHIA G.; NOTORNICOLA M.; VOLTASIO F.; SHARMA K. V. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. *Energy Conversion and Management*, v.43, p.63-75, 2000.
- LEITÃO, R. C.; VAN HAANDEL, A. C.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology*, v.97, p.1105-1118, 2006.
- LETTINGA, G. Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, Dordrecht, v.67, n.1, p.3-28, 1995.
- MEDRI, W.; MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. *Ciências Exatas e Tecnológicas – SEMINA*, v.25, n.2, p.203-212, 2004.
- MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.445-454, 2004.



MELIDIS, P.; GEORGIU, D.; AIVASIDIS, A. Scale-up and design optimization of anaerobic immobilized cell reactors for wastewater treatment. *Chemical Engineering Processing Process Intensification*, v.42, p.897-908, 2003.

OLIVEIRA, R. A.; SANTANA, A. M. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada sequencial (RBS). *Engenharia Agrícola*, v.31, p.178-192, 2011.

PEREZ, M.; RODRIGUEZ-CANO, R.; ROMERO, L. I.; SALES, D. Performance of anaerobic thermophilic fluidized bed in the treatment of cutting-oil wastewater. *Bioresource Technology*, v.98, p.3456-3463, 2007.

PANDEY, S.; SARKAR, S. Anaerobic treatment of wastewater using a two-stage packed-bed reactor containing polyvinyl alcohol gel beads as biofilm carrier. *Journal Environmental Chemical Engineering*, v.5, p.1575-1585, 2017.

RAMOS-SUÁREZ, J. L.; RITTER, A.; GONZÁLEZ, J. M.; PÉREZ, A. C. Biogas from animal manure : A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.104, p.137-150, 2019.

RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; SANTOS, R. L. H.; GOULART, D. B.; OLIVEIRA, P. R.; VON SPERLING, M.; FONTES, D. O. Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, p.142-1433, 2009.

SANTANA, A. M. da; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.817-830, 2005.

SILVA, E. M da; ROSTON, D. M. tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.1, p.67-73, 2010.

URBINATI, E.; DUDA, M. R.; OLIVEIRA, R. A. Performance of UASB Reactors in Two Stages Under Different Hrt. *Engenharia Agrícola*, v.23, p.367-378, 2013.

ZHUANG, M.; SHAN, N.; WANG, Y.; CARO, D.; MARIE, R.; WANG, L. Science of the Total Environment Different characteristics of greenhouse gases and ammonia emissions from conventional stored dairy cattle and swine manure in China. *The Science of the Total Environment*, v.722, e137693, 2020.



TORKIAN, A.; EQBALI, S. J.; HASHEMIAN, S. J. The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent. Resources Conservation and Recycling, v.40, p.1-11, 2003.



EFEITO DO TRATAMENTO PRIMÁRIO (EQUALIZAÇÃO E PENEIRAMENTO) NA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM BIODIGESTORES TRATANDO EFLUENTES DE SUINOCULTURA

Luciano dos Santos Rodrigues¹

Israel José da Silva²

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques³

Claudiomir da Silva Santos⁴

Bruna Colho Lopes⁵

Alisson Souza de Oliveira⁶

216

¹Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, lsantosrodrigues@gmail.com

²Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento Medicina Veterinária Preventiva, israelvp@gmail.com

³Prof. Dra., Universidade Vale do Rio Verde, roeflorestal@hotmail.com

⁴Prof. Dr., Instituto Federal Sul de Minas, campus Muzambinho, claudiomirsilvasantos@gmail.com

⁵Prof. Dr., Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, bruna.coelho.lopes@gmail.com

⁶Prof. Dr., Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, alissonso@hotmail.com

INTRODUÇÃO

No Brasil, o destino dos efluentes dos confinamentos de animais foi e continua sendo os cursos de água, o que pode resultar na eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (SILVA & ROSTON, 2010). A elevada produção de efluentes altamente orgânicos e poluente se mal administrado gera grandes impactos ambientais (DAHLIN et al., 2017; RAMOS-SUÁREZ et al., 2019; ZHUANG et al., 2020).



O tratamento de efluentes oriundos de confinamentos de animais visando adequá-los a uma qualidade de água desejada está associado aos conceitos do nível e da eficiência do tratamento (SILVA & ROSTON, 2010).

A biodigestão anaeróbia é um processo natural, ocorre em ambientes livres de oxigênio, no qual microrganismos decompõem a matéria orgânica (LIU et al., 2008). É um processo pelo qual os resíduos orgânicos, é biologicamente convertida a biogás. É um processo complexo, que requer condições ambientais específicas e diferentes populações de microrganismos (LASTELLA et al., 2000). Nesse processo existe um delicado equilíbrio entre os grupos de processos primários (hidrólise e acidogênese) e a conversão dos produtos ácidos pelos microrganismos acetogênicos e a formação de metano e dióxido de carbono pelos metanogênicos (LEITÃO et al., 2006).

A capacidade de tratamento de um sistema de digestão anaeróbia é determinada pela atividade microbiana da biomassa mantida dentro do sistema, que por sua vez é influenciada pela composição do efluente e configuração do reator (PEREZ et al., 2007).

Uma das fases limitantes da biodigestão anaeróbia é a hidrólise, por isso em efluentes com alto teor de sólidos suspensos pode ocorrer uma limitação ao desenvolvimento das outras etapas do processo podendo ocasionar redução na eficiência de tratamento e conseqüentemente a redução da produção de biogás. Uma das estratégias para contornar essa limitação é a utilização de separação de sólidos e a equalização da vazão e carga que adentra nos biodigestores.

Sendo assim, neste trabalho usou desta estratégia para recuperar a eficiência de um biodigestor tratando efluentes de suinocultura em uma granja comercial.

METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma suinocultura em ciclo completo com 2500 matrizes, localizada no estado de Minas Gerais funcionando em escala real.

Inicialmente o sistema era composto apenas de biodigestor, sem nenhum tipo de tratamento preliminar e primário, sendo que todo efluente gerado era encaminhado para o biodigestor.

O biodigestor possuía um volume de 5000 m³, e vazão diária de 250 m³/dia, resultando num tempo de detenção hidráulico de 20 dias.



Na primeira fase do projeto foi realizado diagnóstico do sistema durante seis meses com coletas dos efluentes da suinocultura (esgoto bruto-EB) e efluente do biodigestor (B).

A partir do diagnóstico foi proposto a implantação de tanque de equalização de efluentes e filtro rotativo com diâmetro de furos de 1mm, com posterior encaminhamento do efluente equalizado e peneirado para o biodigestor.

Na segunda fase do projeto foi realizado monitoramento do sistema durante dez meses com coletas dos efluentes da suinocultura (esgoto bruto-EB), efluente do filtro rotativo (tratamento primário-TP) e efluente do biodigestor (B).

Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: pH, DQO, DBO, sólidos suspensos totais. As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AWWA/APHA/WEF, 1998).

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório. Em seguida foram resfriadas e mantidas sob-refrigeração até o momento da realização das análises de maneira a manter suas características.

218

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios dos parâmetros avaliados durante o período experimental do biodigestor antes e depois da implementação do tratamento primário estão descritos na Tabela 1. Conforme Tabela 1, os valores de pH nas duas fases não variaram no esgoto bruto, observando valores crescentes no biodigestor com valores maiores na fase 1, com valores dentro da faixa de neutralidade, faixa ótima para a digestão anaeróbia (LETTINGA, 1995; SANTANA & OLIVEIRA, 2005).

Os resultados das concentrações de DBO do esgoto bruto e saída do biodigestor na fase 1, e no esgoto bruto, tratamento primário e biodigestor, observadas ao longo da fase experimental são mostrados na Tabela 1. Observa-se que os valores do EB nas duas fases foram semelhantes, evidenciando manejo igual durante todo o período avaliado.



Tabela 1. Valores médios dos parâmetros físico-químicos do afluente e efluente do esgoto bruto e biodigestor na primeira fase e esgoto bruto, tratamento primário e biodigestor na segunda fase durante o período experimental

Parâmetro	Primeira Fase (antes do TP)		Segunda Fase (após do TP)		
	EB	B	EB	TP	B
pH	7,05	8,06	6,92	6,89	7,60
DBO	10.405	6.006	10.200	8.490	1.876
DQO	19.750	21.500	14.667	19.667	4.467
SST	6.289	1.649	4.550	5.500	2.675

*TP - tratamento primário; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; DQO - demanda química de oxigênio; SST - sólidos suspensos totais.

Os valores médios de DQO no afluente foram de 19.750 mg.L⁻¹ na fase 1 e 14.667 mg.L⁻¹ na fase 2. Apesar da diferença quando se observa o valor efluente do tratamento, diminuindo ao passar pelo sistema de tratamento primário (19.667 mg.L⁻¹) o valor é semelhante ao EB da fase 1, isto aconteceu devido a variabilidade do esgoto bruto. Esses valores foram superiores aos obtidos por Santana e Oliveira (2005), Fernandes e Oliveira (2006), Abreu Neto e Oliveira (2009) e Oliveira e Santana (2011), que trabalhando com efluentes de suinocultura encontraram DQO afluente de 8.818, 11.640, 28.770 e 17.334 mg.L⁻¹, respectivamente. Estas variações são devidos também ao manejo adotado na granja

Observa-se que os valores efluentes do biodigestor tanto para DBO como DQO foram significativamente menores na fase 2 em comparação com a fase 1, mostrando melhor desempenho quando foi incluído o tratamento primário. Os valores médios de SST no afluente foram de 6.289 mg.L⁻¹ na fase 1 e 4.550 mg.L⁻¹ na fase 2. No efluente do biodigestor na fase 1 houve menores valores de SST do que , reduzindo a medi maior geração de biogás.

Os valores de eficiência de remoção de DBO, DQO e SST são mostrados na Tabela 2.



Tabela 2 Valores médios de eficiência do biodigestor e global na primeira fase e, tratamento primário, biodigestor e global na segunda fase durante o período experimental

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)				
	Primeira Fase (antes do TP)			Segunda Fase (após do TP)	
	B	GLOBAL	TP	B	GLOBAL
DBO	42	42	17	78	82
DQO	9	9	-34	77	70
SST	74	74	-21	51	41

*TP - tratamento primário; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; DQO - demanda química de oxigênio; SST - sólidos suspensos totais.

No biodigestor na fase 1 a eficiência de remoção de DBO e DQO foi respectivamente de 42 e 9%, que também representa a eficiência global do sistema, mostrando ineficácia do biodigestor em degradar a matéria orgânica afluyente, Já na segunda fase com a implementação do tratamento primário as eficiências de remoção de DBO e DQO foram 78 e 77%, respectivamente, valores elevados considerando biodigestores. A eficiência global do sistema foi de 82% para DBO e 78% para DQO.

220

As eficiências médias de remoção de SST no biodigestor na fase 1 foi de 74% e na fase 2 de 51%, mostrando que a perda de sólidos na fase 2 foi a grande responsável pela menor eficiência do biodigestor. Quando a produção de biogás é mostrada na Tabela 3 os teores médios de metano e o tempo de funcionamento em que o gerador trabalhou convertendo o biogás em energia elétrica.

Tabela 3. Teores médios de metano e o tempo de funcionamento do gerador na primeira e segunda fase durante o período experimental

Parâmetro	Primeira Fase (antes do TP)	Segunda Fase (após do TP)
Teor de CH ₄ (%)	25	66
Tempo de funcionamento do gerador (horas/semana)	6	144

*CH₄ - metano.



Observa-se que antes da implementação do tratamento primário o gerador praticamente não funcionou, muito devido a baixa concentração de metano. Já na segunda fase e em consequência da alta eficiência de remoção de matéria orgânica o gerador funcionou 24 horas por dia só parando para a manutenção. Os resultados alcançados neste trabalho mostram que o emprego do tratamento primário projetado e operado de forma correta otimiza o funcionamento do biodigestor, e como consequência melhora o teor de metano e aumenta o tempo de operação dos geradores.

CONCLUSÕES

A estratégia de implementação do tratamento primário composto por equalização e peneiramento foi eficaz para aumentar a eficiência de remoção de matéria orgânica e consequentemente a conversão em biogás com alto teor de metano.

REFERÊNCIAS

- ABREU NETO, M. S.; OLIVEIRA, R. A. de. Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.29, n.1, p.148-161, 2009.
- APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. Washington, D. C., USA: American Public Health Association, 1998.
- BRUNO, M.; OLIVEIRA, R. A. Performance of UASB reactors in two stages followed by post-treatment with activated sludge in wastewater batch of wet-processed coffee. *Engenharia Agrícola*, v.33, p.808-819, 2013.
- DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, p.91-100, 2011.
- DAHLIN, J.; NELLES, M.; HERBES, C. Biogas digestate management: Evaluating the attitudes and perceptions of German gardeners towards digestate-based soil amendments. *Resources Conservation and Recycling*, v.118, p.27-38, 2017.
- FERNANDES, G. F. R.; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.26, n.1, p.243-256, 2006.



LASTELLA, G.; TESTA, C.; CORNACCHIA, G.; NOTORNICOLA, M.; VOLTASIO, F.; SHARMA, K. V. Anaerobic digestion of semi-solid organic waste: biogas production and its purification. *Energy Conversion and Management*, v.43, p.63-75, 2000.

LEITÃO, R. C.; VAN HAANDEL, A. C.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: A review. *Bioresource Technology*, v.97, p.1105–1118, 2006.

LETTINGA, G. Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, v.67, n.1, p.3-28, 1995.

MEDRI, W.; MEDRI, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. *Ciências Exatas e Tecnológicas – SEMINA*, v.25, n.2, p.203-212, 2004.

MORAES, L. M.; PAULA JÚNIOR, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.445-454, 2004.

MELIDIS, P.; GEORGIU, D.; AIVASIDIS, A. Scale-up and design optimization of anaerobic immobilized cell reactors for wastewater treatment. *Chemical Engineering Processing Process Intensification*, v.42, p.897-908, 2003.

OLIVEIRA, R. A.; SANTANA, A. M. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em dois estágios seguidos de reator operado em batelada sequencial (RBS). *Engenharia Agrícola*, v.31, p.178-192, 2011.

PEREZ, M.; RODRIGUEZ-CANO, R.; ROMERO, L. I.; SALES, D. Performance of anaerobic thermophilic fluidized bed in the treatment of cutting-oil wastewater. *Bioresource Technology*, v.98, p.3456–3463, 2007.

PANDEY, S.; SARKAR, S. Anaerobic treatment of wastewater using a two-stage packed-bed reactor containing polyvinyl alcohol gel beads as biofilm carrier. *Journal Environmental Chemical Engineering*, v.5, p.1575–1585, 2017.

RAMOS-SUÁREZ, J. L.; RITTER, A.; GONZÁLEZ, J. M.; PÉREZ, A. C. Biogas from animal manure : A sustainable energy opportunity in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.104, p.137-150, 2019.

RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; SANTOS, R. L. H.; GOULART, D. B.; OLIVEIRA, P. R.; VON SPERLING, M.; FONTES, D. O. Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, p.142-1433, 2009.

222



SANTANA, A. M. da; OLIVEIRA, R. A. de. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. Engenharia Agrícola, v.25, n.3, p.817-830, 2005.

SILVA, E. M da; ROSTON, D. M. tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. Engenharia Agrícola, v.30, n.1, p.67-73, 2010.

URBINATI, E.; DUDA, M. R.; OLIVEIRA, R. A. Performance of UASB Reactors in Two Stages Under Different Hrt. Engenharia Agrícola, v.23, p.367-378, 2013.

ZHUANG M.; SHAN N.; WANG Y.; CARO D.; MARIE R.; WANG L. Science of the Total Environment Different characteristics of greenhouse gases and ammonia emissions from conventional stored dairy cattle and swine manure in China. The Science of the Total Environment, v.722, e137693, 2020.



ESTIMATIVA ANTECIPADA DA PHOMA DO CAFEIRO COMO CONTROLE: UM NOVO CAMINHO PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL

Guilherme Botega Torsoni¹
Rafael Fausto de Lima²
João Antonio Lorençone³
Pedro Antonio Lorençone⁴
Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido⁵

¹Prof. Dr. IFMS – Campus Naviraí/MS, Departamento de física, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

²Aluno do Curso de Agronomia, IFMS – Campus Naviraí/MS, Departamento de agronomia, rafael.lima2@estudante.ifms.edu.br

³Aluno do Curso de Agronomia, IFMS – Campus Naviraí/MS, Departamento de agronomia, joao.lorencone@estudante.ifms.edu.br

⁴Aluno do Curso de Agronomia, IFMS – Campus Naviraí/MS, Departamento de agronomia, pedro.lorencone@estudante.ifms.edu.br

⁵Prof. Dr. IFSULDEMINAS – Campus Muzambinho/MG, Departamento de agronomia, lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

224

INTRODUÇÃO

O café é um dos principais itens do agronegócio brasileiro, superando os 47 milhões de sacas beneficiadas produzidas e 39 milhões de sacas exportadas na safra 2021 (CONAB, 2022), sendo o Estado de Minas Gerais, em especial, o Sul de Minas Gerais as principais localidades produtoras dessa ‘commodity’ (SANTOS et al., 2014).

O clima é o principal agente regulador da produtividade nas lavouras, além de interferir na relação das plantas com os microrganismos (pragas e doenças) e de afetar as condições para as operações agrícolas de campo (SENTELHAS, 2022). As doenças de plantas são as principais causas para a quebra no rendimento das culturas, resultando na perda de 10% de toda a produção global de alimentos, causadas principalmente por vírus, bactérias, oomicetos, fungos, nematóides e outras plantas parasitas (STRANGE & SCOTT, 2005; WALDAMICHAEL et al., 2022).



Dentre as principais doenças dos cafezais destacam-se a ferrugem (*Hemileia Vastatrix*), cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) e mancha de phoma (*Phoma tarda*), sendo a última responsável por perdas nas lavouras em torno de 15 a 43% (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010), causando lesões necróticas de coloração castanho escuro (GUÉGAN et al., 2016). A principal forma de controle do fungo é por meio da utilização de agroquímicos.

O uso indiscriminado de defensivos pode provocar seleção de patógenos resistentes e contaminar o ambiente (SILVA et al., 2015). Modelos de alerta de doenças e pragas podem gerar informações importantes para subsidiar a tomada de decisões dos agricultores para realizar aplicações de agroquímicos somente quando necessário, reduzindo custos e impactos ambientais (DE OLIVEIRA APARECIDO et al., 2020).

Tendo em vista o grande potencial produtivo dos cafezais do sul de Minas Gerais, e a falta de trabalhos relacionando a clima com o desenvolvimento de doenças em lavouras de café, o objetivo desse trabalho é estimar o desenvolvimento da mancha de phoma do cafeeiro utilizando regressão linear múltipla.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram coletados dados de incidência de mancha de phoma do café extraídos de Boletins de Avisos Fitossanitários da Procafé para Muzambinho (Latitude 21° 21' 52.8" S; Longitude 46° 30' 57.4" W; Altitude: 1044m), Minas Gerais, no período de setembro de 2007 a dezembro de 2021. Os valores da doença correspondem as cultivares de cafeeiros Mundo Novo e Catuaí, coletados em lavouras com carga alta e baixa, disponibilizados em porcentagem.

Foram coletados dados diários de precipitação (P, mm), temperatura máxima (TMAX, °C), mínima (TMIN, °C) e média (TMED, °C) do ar, umidade relativa (UR, %), velocidade máxima (VMAX, m/s²) mínima (VMIN, m/s²) e média (VMED, m/s²) do vento, temperatura do ponto de orvalho (TPO, °C) e irradiância solar global (QG, MJ/m²/dia⁻¹) diários obtidos da plataforma NASA/POWER (STACKHOUSE et al., 2015) no período correspondente as observações a campo. -10

De posse desses dados, foram calculados a evapotranspiração potencial (ETP, mm) pelo método de Penman e Montheith (ALLEN et al., 1998) e o balanço hídrico sequencial seguindo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955) utilizando uma capacidade de água disponível de 100 mm. As variáveis de armazenamento de água no solo (ARM, mm), evapotranspiração real (ETR, mm), deficiência e.



Além disso, foi estimado o período de duração de molhamento foliar (DPM, hr) seguindo a metodologia adotada por Lima et al. (2022), estimando os valores diários de umidade relativa máxima (URMAX, %) e mínima (URMIN, %), e também, de temperatura do ar e umidade relativa para cada hora do dia, determinando o DPM através da soma do número de horas com umidade relativa superior a 90% (MONTEITH, 1957).

Um modelo de regressão linear múltipla foi utilizado para estimar a incidência da mancha de phoma do cafeeiro, usando o método dos mínimos quadrados (Equação 1). A variável dependente utilizada foi a incidência da doença, e as variáveis independentes foram os dados climáticos. Na regressão linear múltipla, a explicação da variável dependente (Y) está associada a duas ou mais variáveis independentes (PANDIS, 2016).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + e_i \quad (1)$$

Onde: Y é o índice de cercosporiose ou a variável prevista; X1, X2, ..., Xi são as variáveis independentes e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i$ são os coeficientes de regressão.

Devido ao grande número de variáveis climáticas, foram selecionadas 16 variáveis com maior correlação com a incidência da doença, através da correlação de Pearson (Equação 2). O Coeficiente de Correlação de Pearson é um teste estatístico que explora a intensidade e o sentido do comportamento mútuo entre variáveis (MIOT, 2018). Este coeficiente pode assumir apenas valores entre -1 e 1. A correlação indica a interdependência entre duas variáveis. O cálculo do Coeficiente de Correlação de Pearson serve para detectar o grau de correlação entre as variáveis quando não se é facilmente compreendida sua interdependência (ARAUJO; DOS SANTOS; GOMES, 2019).

226

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (2)$$

Onde: r é o coeficiente de Correlação de Pearson, xi e yi são os valores das duas variáveis: X e Y, \bar{x} e \bar{y} são as médias dos valores xi e yi, respectivamente.

A comparação entre os dados reais e os previstos pelo modelo agrometeorológico foi realizada pelos índices de acurácia e precisão. A acurácia consiste no quanto a estimativa está próxima do valor observado, e foi avaliada e pelo RMSE (raiz do erro ao quadrado médio). A



precisão é a capacidade do modelo repetir a estimativa e foi avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) ajustado segundo Cornell e Berger (1987).

A fim de eliminar o ruído presente nos valores medidos, foi realizado um tratamento das informações, removendo informações discrepantes através do método do intervalo interquartil (IQR), mantendo os valores nos quais encontram entre 75 e 25% dos dados ordenados (LEROY & ROUSSEEUW, 1987).

Todas as análises foram realizadas com auxílio da linguagem python e suas bibliotecas de tratamento, visualização e modelagem de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a média diária para as correlações entre a incidência de phoma e as variáveis meteorológicas, pode-se explorar o comportamento das condições ambientais com o desenvolvimento da doença (Figura 1). Dentre as variáveis, as maiores correlações positivas foram obtidas para o DEF, ARM, URMAX, VMIM, VMED e VMAX. Dessa forma, conforme o aumento das variáveis citadas, maior será a ocorrência de phoma do cafeeiro (Figura 1).

Correlações positivas de 0,4, 0,44, 0,45 e 0,46 foram observadas para o DEF nos dias 18, 23, 30 e 25 respectivamente (Figura 1). Com isso, após 2 semanas da ocorrência de uma estiagem é necessário medidas preventivas para o fungo *Phoma spp.* A aplicação de adubação é uma alternativa para induzir resistência nos cafeeiro contra as principais doenças fúngicas (SILVA JÚNIOR et al., 2018).

De forma inversa, as maiores correlações negativas foram observadas principalmente nas variáveis de ARM, ETR, TMED, TPO e TMAX (Figura 1). Espera-se uma redução da incidência da doença pela influência dessas variáveis, principalmente nos dias 3 a 8 com correlações variando de -0,25 a -0,54. Quando o cafeeiro possui condições hídricas e térmicas satisfatórias seu sistema imunológico se torna mais eficiente (ZISKA et al., 2018; VENANCIO et al., 2020). De acordo com Salgado et al. (2007), umidade relativa e temperatura são as variáveis que proporcionam maior influência dos componentes biológicos de um patossistema no desenvolvimento de uma epidemia.



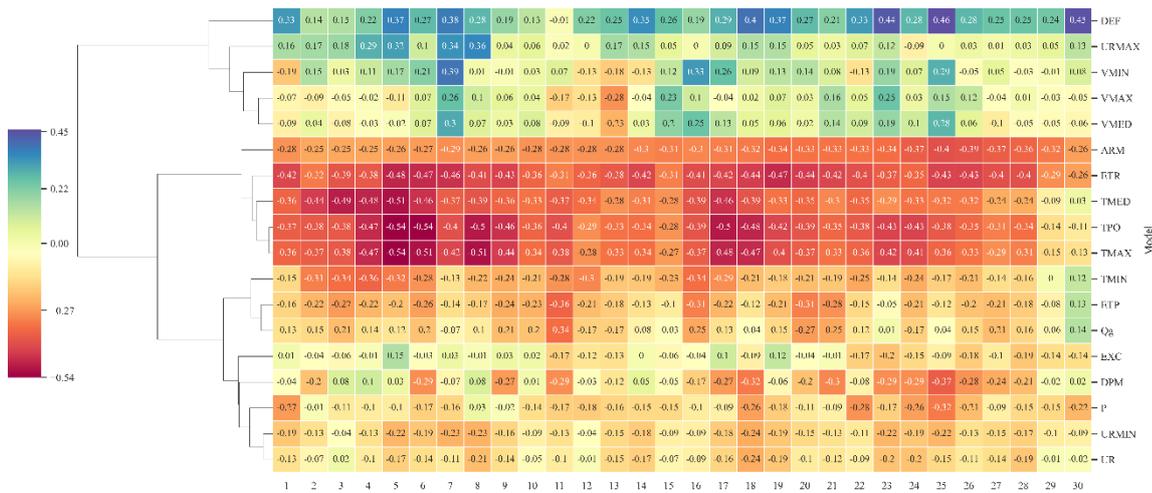


Figura 1. Média da correlação de Pearson para as variáveis climáticas utilizadas.

As variáveis independentes para a construção do modelo de regressão linear múltipla foram selecionadas separadamente, através da correlação entre os dados diários das variáveis meteorológicas e de incidência de phoma do cafeeiro (Figura 2). De modo geral, as maiores correlações negativas foram obtidas com a TMAX8 (temperatura máxima do dia 8), TPO17 (temperatura do ponto de orvalho do dia 17) e TPO8 (temperatura do ponto de orvalho do dia 8) com -0,51, -0,5 e -0,5 respectivamente. Vale apenas destacar que todas são variáveis que aferem a energia cinética do ambiente (ALLEN et al., 1998).

A elevação das respectivas temperaturas nestes momentos promove a diminuição da incidência da mancha de phoma nas lavouras de café. Já as correlações positivas para o DEF, indicam o aumento da doença sob condições de maior estresse hídrico. A implementação de sistema de irrigação em lavouras de café pode ser uma alternativa para suprir o déficit em alguns períodos específicos durante o ano, aumento a produção final (PRASAD et al., 2019).



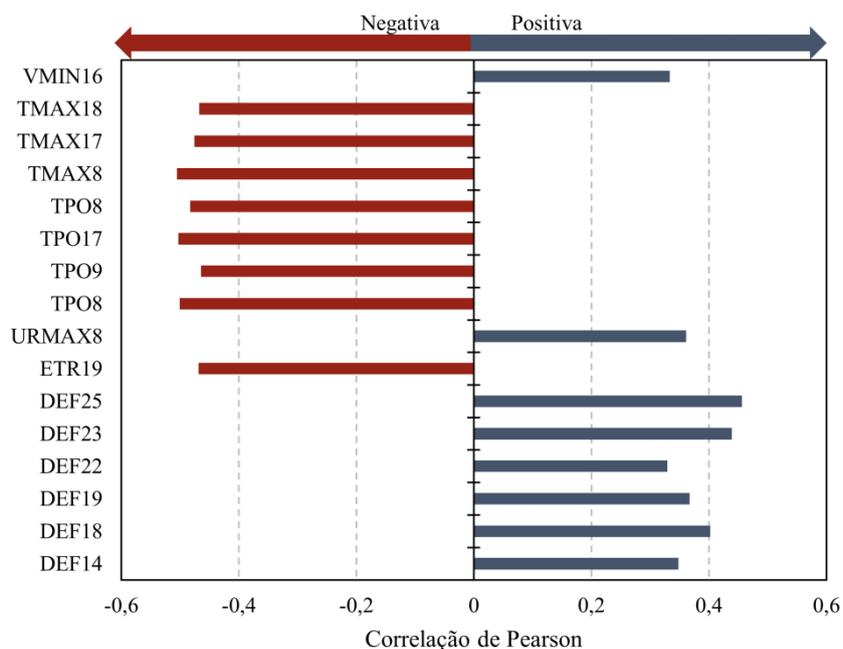


Figura 2. Valores das 16 maiores correlações entre as variáveis climáticas e a incidência de phoma em Muzambinho/MG.

A modelagem de dados por meio da regressão linear múltipla demonstrou resultados promissores para a elaboração de modelos preditivos da mancha de phoma. O modelo apresentou alta acurácia (RMSE de 0,5368) e precisão (Radj de 0,4359) (Tabela 1). Ainda, foi significativo ($F < 0,005$) indicando bom ajuste dos dados. O gráfico de performance para a previsão da mancha de phoma do cafeeiro pode ser visto na Figura 3.

229

Tabela 1. Parâmetros de avaliação do modelo de regressão linear múltipla

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,7691
R-Quadrado	0,5915
R-quadrado ajustado	0,4359
F de significação	0,0003
RMSE	0,5368

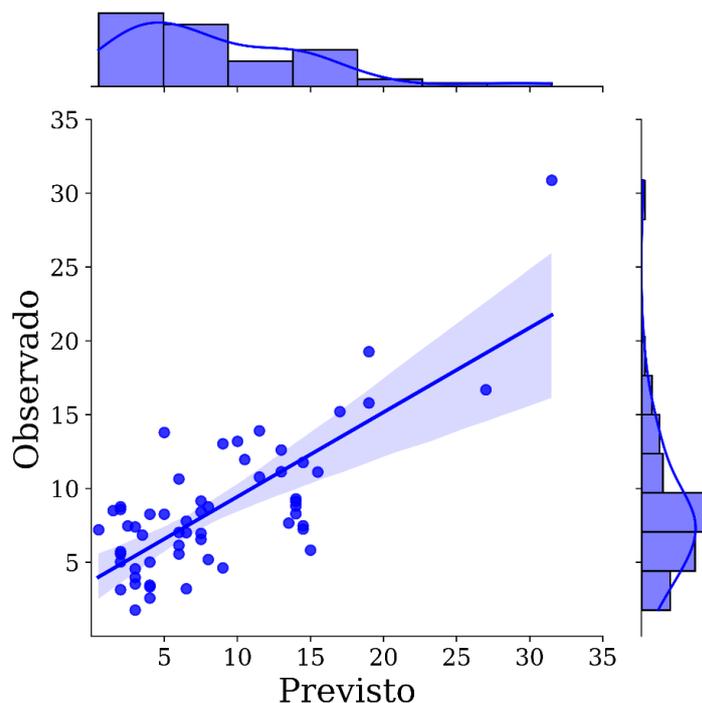


Figura 3. Comparação entre atividade 1A e evolução dos casos.

Os coeficientes calibrados para o modelo de previsão demonstraram maior influência positiva para a TMAX8 e negativa para a TPO8 com 99,04 e -98,58 respectivamente (Tabela 2). De acordo com Pozza e Alves (2008) a mancha de phoma apresenta melhor desenvolvimento sob condições de temperaturas entre 18 a 19°C, altitude acima de 900 m e chuvas acima de 4 mm/dia.

230

Tabela 2. Coeficientes para o modelo de regressão linear múltipla

Variáveis	Coefficientes
Interseção	-1468,6608
DEF14	0,3793
DEF18	1,5902
DEF19	-0,1413
DEF22	-1,9900
DEF23	0,0163
DEF25	1,1967
ETR19	-0,3135
URMAX8	14,8635
TPO8	-98,5828
TPO9	-0,1960
TPO17	-5,7065
TPO18	-3,1728
TMAX8	99,0400
TMAX17	5,0876
TMAX18	3,0343
VMIN16	5,0745

Dessa forma, avaliando as condições meteorológicas é possível prever com antecedência de 8 dias a ocorrência da doença. O modelo ajustado pode subsidiar informações importantes para o desenvolvimento de alertas fitossanitários para a cafeicultura. Assim, o produtor tem mais tempo para sua tomada de decisão, podendo estudar as alternativas mais econômicas e sustentáveis para o controle da doença.

Tais informações, podem determinar o momento mais oportuno para aplicações de fungicidas, garantindo uso eficiente de insumos (VAN DEN BERG; VAN DEN BOSCH; PAVELEY, 2013). Além disso, há uma redução na contaminação ambiental causada pelos agroquímicos e GEE (Gases Causadores do Efeito Estufa), em decorrência do menor número de aplicações (CUADRA et al., 2020).

CONCLUSÕES

A modelagem de dados utilizando regressão linear múltipla permite estimar a incidência da mancha de phoma do cafeeiro para Muzambinho/MG, através das variáveis selecionadas. Com esse modelo os produtores vão saber o índice de Phoma antes do mesmo ocorrer e assim, poderá utilizar de métodos sustentáveis para o seu controle.

As variáveis de associadas a temperatura do ar apresentam as maiores correlações negativas, e as variáveis extraídas do balanço hídrico climatológico as maiores correlações positivas. O modelo obteve alta acurácia (RMSE) precisão (Radj), respectivamente 0,5368 e 0,4359.

O modelo pode prever com 8 dias de antecedência a ocorrência da phoma do cafeeiro, fornecendo informações para auxiliar o produtor rural no manejo da doença, reduzindo os custos e a contaminação ambiental uma vez que não vai precisar de aplicações de fungicidas. Os produtores terão tempo de utilizar de métodos sustentáveis e promover uma agricultura mais orgânica;

Trabalhos futuros utilizando técnicas de modelagem mais sofisticadas com aprendizado de máquina, devem ser realizados a fim de extrair com maior eficiência modelos capazes de compor sistemas de alertas fitossanitários.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) - Processo: APQ-00065-21. Ao IF Sul de minas e ao IFMS pelo apoio e estrutura para o desenvolvimento.



REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. FAO irrigation and drainage paper no. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998.
- ARAUJO, J. V. G. A.; DOS SANTOS, M.; GOMES, C. F. S. Desenvolvimento de um código em Python para geração de Matrizes de Correlação de Pearson com laços a partir de “n” variáveis tomadas duas a duas. In: Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2019, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2019.
- CONAB. C. N. D. A. C. Acompanhamento da safra brasileira: café. Conab, 2022. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br//infoagro/safra>>. Acesso em: 25 jul. 2022
- CORNELL, J. A.; BERGER, R. D. Factors that influence the coefficient of determination in single linear and nonlinear models. v.77, p.63-70, 1987.
- CUADRA, S. V. et al. Modelagem agroambiental e a transformação digital da agricultura. Embrapa Agricultura Digital (ALICE), 2020.
- DE OLIVEIRA APARECIDO, L. E. et al. Machine learning algorithms for forecasting the incidence of Coffea arabica pests and diseases. International Journal of Biometeorology, v.64, n.4, p.671-688, 2020.
- GUÉGAN, S. et al. Ten-year experience of cutaneous and/or subcutaneous infections due to coelomycetes in France. Open forum infectious diseases. Anais...Oxford University Press, 2016.
- LIMA, R. F. et al. Agroclimatic zoning for the incidence of brown eye spot on coffee under climate change scenarios. Theoretical and Applied Climatology, p.1-26, 2022.
- MIOT, H. A. Correlation analysis in clinical and experimental studies. Jornal Vascular Brasileiro, v.17, p.275-279, 2018.
- MONTEITH, J. L. Dew. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v.83, n.357, p.322-341, 1957.
- PANDIS, N. Multiple linear regression analysis. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, v.149, n.4, p.581, 2016.
- POZZA, E. A.; ALVES, M. C. Impacto potencial de mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil. In: GHINI, R.; RAMADA, E. (Ed.). Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil. Brasília: EMBRAPA, 2008. p.220- 238.
- POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: Editora da UFLA, 2010. p.69-101.



PRASAD, K. A. et al. An assessment of factors determining the productivity of coffee in western hills of Nepal. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, v.7, n.2, p.11-17, 2019.

ROUSSEUW, P.; LEROY, A. *Robust regression and outlier detection*: Wiley Interscience. New York, 1987.

SALGADO, B. G. et al. Progress of rust and coffee plant cercosporiose mixed with grevilea, with ingazeiro and in the full sunshine in Lavras-MG. *Ciencia e Agrotecnologia*, v.31, p.1067-1074, 2007.

SANTOS, L. S. D. et al. Incidência da mancha de phoma em cafeeiro irrigado por gotejamento, sob diferentes manejos de irrigação. 2014.

SENTELHAS, P. C. Variabilidade e mudanças climáticas no contexto da agricultura irrigada. *Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia*, 2022. 397p.

SILVA JÚNIOR, M. B. DA et al. Foliar fertilizers for the management of phoma leaf spot on coffee seedlings. *Journal of Phytopathology*, v.166, n.10, p.686-693, 2018.

STACKHOUSE, P. W.; WESTBERG, D.; HOELL, J. M.; CHANDLER, W. S.; ZHANG, T. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER)-Agroclimatology methodology-(1.0 latitude by 1.0 longitude spatial resolution). *Predict. Worldw. Energy Resour. POWER-Agroclimatol. Methodol.-10 Latit*, v.10, 2015.

STRANGE, R. N.; SCOTT, P. R. Plant disease: a threat to global food security. *Annual review of phytopathology*, v.43, n.1, p.83-116, 2005.

THORHNWAITE, C.; MATTER, J. *The water balance, publication in climatology*. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955.

VAN DEN BERG, F.; VAN DEN BOSCH, F.; PAVELEY, N. D. Optimal fungicide application timings for disease control are also an effective anti-resistance strategy: A case study for *Zymoseptoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) on wheat. *Phytopathology*, v.103, n.12, p.1209-1219, 2013.

VENANCIO, L. P. et al. Impact of drought associated with high temperatures on *Coffea canephora* plantations: a case study in Espírito Santo State, Brazil. *Scientific Reports*, v.10, n.1, p.1-21, 2020.

WALDAMICHAEL, F. G. et al. Machine Learning in Cereal Crops Disease Detection: A Review. *Algorithms*, v.15, n.3, p.75, 2022.

ZISKA, L. H. et al. Climate change, carbon dioxide, and pest biology, managing the future: Coffee as a case study. *Agronomy*, v.8, n.8, p.152, 2018.



CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

Claudiomir da Silva dos Santos: Técnico em Agropecuária pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Biologia pelo UNICLAR e Pedagogia pela UNINTER, Doutorado em Promoção da Saúde pela Universidade de Franca - UNIFRAN, Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba, pós-graduado em Sistema de Gestão Ambiental, Educação para o Campo, Educação Ambiental, Auditoria e Perícia Ambiental, Vigilância em Saúde Ambiental. Foi professor de graduação e pós-graduação na UVA e UECE - CE. Atua nas áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais com trabalhos publicados nestas áreas do conhecimento. Foi professor da UNINCOR e FACICA, nos cursos de Agronomia, Gestão ambiental, Biologia e Química. Em 2008 assumiu o cargo de professor do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho em regime DE, atuando nos cursos Técnicos de Agropecuária, Meio Ambiente, Cafeicultura, Curso Superior de Agronomia, Líder do Grupo de Pesquisa Ciências Ambientais do CNPQ. Coordenador do Projeto Rondon IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, atualmente atua como Coordenador do Curso Técnico de Meio Ambiente do IFSULDEMINAS Campus Muzambinho, Membro do Fórum Mineiro de Combate ao Agrotóxico-FMCA, Membro do Comitê de Bacia Hidrográfica Mogi-Pardo CBH GD6, Membro da Comissão Organizadora do Simpósio de Hidrologia Médica, Águas Termais, Minerais e Naturais de Poços de Caldas, Membro do Comitê Científico da Rede de Pesquisa em Desenvolvimento Resiliente ao Clima RIPEDRC e do Environmental Resilience Research and Science (IJERRS) e Presidente da Comissão Técnica do Congresso Nacional de Meio Ambiente.

claudiomirsilvasantos@gmail.com

Fabrcício dos Santos Rita: Possui formação Técnica em Enfermagem e em Segurança do Trabalho. Bacharel e Licenciado em Enfermagem. Licenciado em Ciências Biológicas. Licenciado em Pedagogia. Graduando em Jornalismo. Especialista em Enfermagem do Trabalho (UNIUBE), Educação ambiental (UFLA), Gestão Ambiental (CLARENTIANO), Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica (UNIFAVENI). Mestre em Biotecnologia aplicada à Saúde (UNAERP). Doutor em Promoção de Saúde pela UNIFRAN (Universidade de Franca). Presidente da Comissão Organizadora do Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas e do Membro da Comissão Técnico Científica do Congresso de Educação de Poços de Caldas. Atua como docente no IFSULDEMINAS/Campus de Muzambinho desenvolvendo ações profissionais nas temáticas de saúde, segurança e meio ambiente. Entre as metodologias instituídas em sua prática de ensino implementa a ênfase de atividades relacionadas a prevenção de riscos, minimização de patologias ocupacionais, caracterização entre ambiente de trabalho, ecologia e harmonização entre homem e natureza, bem como o uso racional das tecnologias e da saúde laborativa. Busca identificar e estreitar as inter-relações entre as mudanças climáticas e os efeitos sobre a saúde dos trabalhadores. Leciona nos cursos de Enfermagem, Vigilância em Saúde, Urgência e Emergência, Enfermagem do Trabalho, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente. Membro do Comitê Científico da Climate Resilient Research Network (RIPEDRC) e Pesquisa e Ciência em Resiliência Ambiental (IJERRS) e Membro do Fórum Mineiro de Combate aos Agrotóxicos (FMCA).

fabriciosantosrita@gmail.com

234



Leandro Gustavo da Silva: Possui graduação em Química - Bacharelado e Licenciatura pela Universidade Federal de Uberlândia (2006), concluiu o Mestrado (2008) e Doutorado (2014) pelo Programa de Pós Graduação em Química na mesma instituição de ensino. Tem experiência atuando principalmente nos seguintes temas: aproveitamento de resíduos agroindustriais como o bagaço de cana de açúcar com o objetivo de elaborar novos materiais, derivatização química de ligninas extraídas de biomassa lignocelulósica, estudo fotoquímico e fotofísico de compostos curcuminóides e aplicação de antioxidantes curcuminóides na produção de biodiesel visando melhora na estabilidade oxidativa. Atualmente é professor EBT de Química no IFSULDEMINAS- Câmpus Muzambinho. Faz parte da comissão técnica científica do Congresso Nacional do Meio Ambiente e coordenador do Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão (NIPE).
leandrogustavosilva@gmail.com

Luciano Santos Rodrigues: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1999). Doutorado em Ciência Animal com ênfase em saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). Pós-doutorado em Controle Ambiental e Saneamento pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Associado da Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência na área de engenharia agrícola, ambiental e sanitária, com ênfase em controle ambiental e saneamento, atuando principalmente nas seguintes subáreas: impacto ambiental das atividades agroindustriais, tratamento de águas residuárias e de abastecimento, resíduos sólidos, licenciamento e legislação ambiental.
luciano.rodrigues@vetufmg.edu.br

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques: Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (2007) e mestrado (2011) e doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras (2014). Atua como profissional baseado no ensino e pesquisa na área de recursos hídricos e meio ambiente, saneamento ambiental, qualidade de água, tratamento de efluentes e resíduos sólidos. Projetos em andamento: i) Aspectos Estratégicos da Sustentabilidade; ii) Avaliação da eficiência de banhados naturais e de sistemas construídos no pós - tratamento do chorume; iii) Avaliação e proteção dos recursos hídricos; iv) Fitorremediação; v) Diagnóstico e soluções alternativas de Saneamento e Saúde Ambiental; vi) Tratamento descentralizado de águas residuárias pela associação entre tanque séptico e wetlands; vii) Saúde pública e saneamento ambiental: soluções para o planejamento; viii) Insetos e Bioindicadores de solo e água: levantamento, identificação, flutuação populacional e ambiente SIG; ix) Simulação Hidrológica em pequenas bacias hidrográficas na região do Rio Verde; x) Simulação hidrológica e climática na região sul de Minas Gerais como função do uso do solo e mudanças climáticas. No contexto de ensino: i) Disciplinas Poluição Ambiental; Tratamento de resíduos sólidos, líquidos, gasosos e industriais, saneamento ambiental, para os cursos de engenharia ambiental, Silvicultura para o curso de agronomia da UninCor; ii) Docente integral no Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade em Recursos Hídricos (Saneamento ambiental experimental, Tratamento de efluentes líquidos, Princípios da Modelagem e controle da qualidade da água superficial).
roeflorestal@hotmail.com

Tais Arthur Correa: Possui graduação em Química (bacharelado e licenciatura) pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2007), mestrado (2009) e doutorado (2014) em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Atualmente é professora da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) - unidade Frutal, credenciada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Tem experiência na área de Química, com ênfase de Química Orgânica, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino de ciências/química, educação ambiental, produtos naturais e síntese de compostos bioativos.
tais.correa@uemg.br





19º Congresso Nacional de
MEIO AMBIENTE
Poços de Caldas

meioambientepocos.com.br

Realização



INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais
Campus Muzambinho



INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais



Apoio

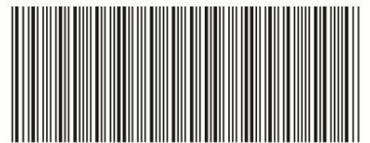
Fundação de Apoio
a Pesquisas do
Estado de
Minas Gerais



Alcoa



STUDIO PLURAL
EDITORA



978-65-00-52553-3