

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



Atena
Editora
Ano 2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0671-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.716221909>

1. Sustentabilidade. 2. Inovação tecnológica. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 302.2

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Sustentabilidade: Abordagem científica e de inovação tecnológica 2” é constituído por quatro capítulos de livros que procuraram investigar, sob diferentes abordagens, a relação do homem com meio ambiente e as inúmeras possibilidades de agregar valor a matéria-prima tanto de origem vegetal, quanto animal.

O primeiro capítulo pretendeu-se avaliar o efeito de extratos provenientes de folhas de sibipiruna e braquiaria, na germinação e crescimento da alface. Os autores constaram que o extrato obtido a partir das espécies de plantas investigadas apresenta aleloquímicos capazes de proporcionar a redução no processo germinativo da alface.

O capítulo 2 investigou o desenvolvimento de metodologias mais sustentáveis que proporcionam a redução do uso de plásticos para o desenvolvimento de filmes a serem utilizados em embalagens que acondicionam alimentos. Os pesquisadores utilizaram um isolado protéico a partir do peixe Tilápia que foi submetido a inúmeras análises e resultou na produção de um filme capaz de ser utilizado em embalagens.





O terceiro capítulo se propôs a desenvolver uma metodologia de produção mais limpa (P+L) associadas às diferentes ferramentas *lean* em um processo de produção de farinha de milho. A partir da implementação da metodologia proposta pelos autores, houve uma conversão de 19% do resíduo e um aumento de 29% no faturamento mensal e com um retorno do investimento em até 1 ano e um mês.

Por fim, o último capítulo avaliou e comparou a capacidade adsorptiva de sementes da *Moringa oleifera* com argila na remoção dos íons metálicos de cobre (Cu^{2+}), cromo (Cr^{2+}), chumbo (Pb^{2+}) e cádmio (Cd^{2+}) em matrizes aquosas apresentando uma eficiência de remoção acima de 50%.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EFEITOS DE EXTRATOS DE CAPIM BRAQUIÁRIA E SIBIPIRUNA NO CRESCIMENTO INICIAL DE HORTALIÇAS	
Paulo Alfredo Feitoza Böhm	
Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm	
Rafael Mestrinheire Hungaro	
Andressa Mirela Canaver de Souza	
Cinthia Martins Corbetta	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219091	
CAPÍTULO 2	9
DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ISOLADO PROTEICO DE TILÁPIA COM ADIÇÃO DE NANOARGILA	
Sandriane Pizato	
Rafaela Silva Cesca	
Maria Cecilia Pacco-Huamani	
Noelia Xiomara Pacheco-Torreblanca	
Rosalinda Arévalo Pinedo	
Marcelo Fossa da Paz	
Grethel Teresa Choque-Delgado	
William Renzo Cortez-Vega	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219092	
CAPÍTULO 3	18
APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS LEAN EM UM MOINHÓ PARA FABRICAÇÃO DE FARINHA DE MILHO	
Stefan Antonio Bueno	
Marcelo Fabiano Costella	
Josiane Maria Muneron de Mello	
Sideney Becker Onofre	
Francieli Dalcanton	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219093	
CAPÍTULO 4	35
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DOS ADSORVENTES NATURAIS (<i>MORINGA OLEIFERA</i> E ARGILA) NA REMOÇÃO DOS ÍONS METÁLICOS Cd ²⁺ , Cu ²⁺ , Cr ²⁺ E Pb ²⁺ EM MATRIZES AQUOSAS	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.7162219094	
SOBRE O ORGANIZADOR	48
ÍNDICE REMISSIVO	49

EFEITOS DE EXTRATOS DE CAPIM BRAQUIÁRIA E SIBIPIRUNA NO CRESCIMENTO INICIAL DE HORTALIÇAS

Data de aceite: 01/09/2022

Data de submissão: 08/08/2022

Paulo Alfredo Feitoza Böhm

Unespar/Campus de Paranavaí
<http://lattes.cnpq.br/0938552654964138>

Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm

Unespar/Campus de Paranavaí
<http://lattes.cnpq.br/3657748885493762>

Rafael Mestrinheiro Hungaro

Unespar/Campus de Paranavaí
<http://lattes.cnpq.br/8182187512550090>

Andressa Mirela Canaver de Souza

Unespar/Campus de Paranavaí
<http://lattes.cnpq.br/1967835574247475>

Cinthia Martins Corbetta

Unespar/Campus de Paranavaí
<http://lattes.cnpq.br/5563269641994720>

RESUMO: A utilização de palhadas como cobertura vegetal contribui para a retenção da umidade do solo, aumenta a concentração de nutrientes minerais e contribui para a germinação e crescimento das plântulas. A decomposição das palhadas também libera no solo compostos químicos oriundos do metabolismo secundário, os aleloquímicos, que podem comprometer a germinação e crescimento inicial das plântulas. O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de extratos obtidos de folhas de sibiruna e braquiária na germinação e crescimento inicial de

alface. A metodologia consistiu em uma pesquisa exploratória, na qual sementes de alface foram colocadas para germinar em placas de Petri na presença e ausência de extratos foliares obtidos de folhas de braquiária e sibiruna nas concentrações de 100%, 50%, 25%, 12,5%. As placas foram acondicionadas em estufa de germinação do tipo BOD com temperatura e fotoperíodo controlados. As variáveis estudadas foram: Germinação total, comprimento das radículas, biomassa fresca e seca. Os resultados obtidos no trabalho mostraram que as folhas das plantas utilizadas para a obtenção dos extratos apresentam aleloquímicos que provocaram redução na porcentagem de germinação, comprimento das radículas e nas biomassas fresca e seca. Estes resultados foram significativos nas concentrações de 50% e 100% de extrato.

PALAVRAS-CHAVE: Alelopatia. Horticultura. Sustentabilidade.

EFFECTS OF BRAQUIARIA GRASS EXTRACTS AND SIBIPIRUNA ON THE INITIAL GROWTH OF VEGETABLES

ABSTRACT: The use of straw as vegetation cover contributes to the retention of soil moisture, increases the concentration of mineral nutrients, and contributes to the germination and growth of seedlings. The decomposition of straw also releases chemical compounds from secondary metabolism, the allelochemicals, into the soil, which can compromise germination and initial growth of seedlings. The objective of this work was to verify the effects of extracts obtained from sibiruna and brachiaria leaves on germination

and initial growth of lettuce. The methodology consisted of exploratory research, in which lettuce seeds were placed to germinate in Petri dishes in the presence and absence of leaf extracts obtained from brachiaria and sibiruna leaves at concentrations of 100%, 50%, 25%, 12.5 %. The plates were placed in a BOD germination oven with controlled temperature and photoperiod. The variables studied were: Total germination, root length, fresh and dry biomass. The results obtained in the work showed that the leaves of the plants used to obtain the extracts present allelochemicals that caused a reduction in the percentage of germination, root length and fresh and dry biomass. These results were significant at 50% and 100% extract concentrations.

KEYWORDS: Allelopaty. Horticulture. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A redução das áreas disponíveis para o plantio é uma realidade global devido ao crescimento das cidades, mudanças climáticas e a degradação do solo o que torna o cultivo de hortaliças cada vez mais difícil. O crescimento populacional, aliado a maior procura por hortaliças de melhor qualidade e menor preço contribui para investimentos no sistema de produção que busca maior produtividade e baixo custo de produção.

Uma pesquisa conduzida por Margenat *et al.* (2018) observou que no cultivo convencional de alface, os poluentes do solo, fungicidas e a qualidade da água de irrigação são os fatores que mais influenciam na contaminação da cultura.

A alface é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil, com maior aceitação pela população.

De acordo com Conab (2019) as principais microrregiões produtoras de alface do país ofertaram às centrais de abastecimento até agosto de 2019 o montante superior a 8 mil toneladas do produto. Em 2016, o comércio de alface no atacado gerou renda superior a 288 milhões de reais, com a produção de 105 mil toneladas, por sua vez, no varejo, o montante gerado superou os 8 bilhões de reais com 1,5 milhões de toneladas de alface comercializadas (ABCSEM, 2017).

A cultura de alface é muito sensível à fatores que causam o estresse, como, déficit hídrico, salinização e atividade alelopática de plantas indesejáveis ou culturas anteriores (GASTL, et al, 2021).

As palhadas constituem restos das plantas que permanecem no solo como cobertura vegetal, quando decompostas podem liberar nutrientes no solo, mas também compostos químicos oriundos do metabolismo secundário que podem influenciar a germinação e crescimento inicial de outras plantas, Estes compostos, chamados de aleloquímicos são oriundos do metabolismo secundário em plantas (Taiz et al, 2017).

O sucesso da germinação das sementes e o crescimento inicial das plântulas na natureza dependem de fatores internos, como, dormência, composição hormonal e de fatores externos, como, temperatura, luz, potencial osmótico, pH e concentração de oxigênio no solo (Taiz et al, 2017).

As sementes sofrem ainda a influência de compostos aleloquímicos liberados no solo e originadas da volatilização através das partes aéreas da planta; lixiviação das partes aéreas pela chuva e orvalho; exsudação pelas raízes; lixiviação proveniente dos restos vegetais ou decomposição da matéria orgânica (biótica e físico-química) (PIRES E OLIVEIRA, 2011).

Os efeitos dos aleloquímicos representam uma contribuição química às adaptações defensivas das plantas ao ambiente. Essas interações aleloquímicas entre as plantas são reconhecidas como fatores-chave no padrão de crescimento da vegetação, no crescimento das plantas invasoras e na produção das culturas nos sistemas agrícolas (RICE, 1984).

A presença das palhadas podem ser uma alternativa em substituição ao uso de insumos químicos. Ela protege o solo dos raios solares, auxilia na manutenção da temperatura, proporciona maior retenção de água, reduz a erosão, favorece a germinação das sementes, crescimento das plântulas, além de proporcionar maior atividade biológica no solo (VAZ, et al. 2020).

Os produtos naturais, obtidos de palhada vegetal, oferecem uma larga variedade de moléculas com grande diversidade estrutural e de atividades biológicas. Esta pode se manifestar por meio de suas propriedades herbicidas, inseticidas, fungicidas e/ou farmacológicas. De fato, a maioria dos produtos do metabolismo secundário é biologicamente ativa, sendo que a sua função biológica natural pode ser a de uma fitotoxina. O gênero *Caesalpinia* apresenta flavonoides, estes compostos polifenóis podem estar associada com funções de defesa, controle de hormônios vegetais, inibição de enzimas e agentes alelopáticos (TUR et al., 2010). O estudo de prospecção de compostos aleloquímicos podem contribuir para a descoberta de compostos que possam substituir os agrotóxicos, que são compostos prejudiciais ao ambiente.

A *Braquiaria* é um gênero botânico de gramíneas, que apresenta noventa espécies. Os componentes químicos foliares mostraram que a braquiária apresenta vários grupos de compostos secundários, como por exemplo, catequinas, alcaloides e flavonoides (HARTMANN, et al., 2020). Estudos destes autores mostraram que extratos obtidos de folhas de braquiária comprometeram a germinação e crescimento inicial da planta angico vermelho (*Parapiptadenia rígida*).

A *Caesalpinia pluviosa* DC. var. *peltophoroides* (Benth.) G. P. Lewis, popularmente conhecida como sibipiruna é uma espécie pouco exigente com relação ao tipo de solo. A árvore é semidecídua e heliófila, produzindo anualmente grande quantidade de sementes (LORENZI, 1992). Encontra-se distribuída em áreas de mata Atlântica entre o nordeste brasileira até o Paraná (CARVALHO, 2008).

Tanto a braquiária como a sibipiruna são plantas que produzem grande biomassa de folhas. Estas folhas podem ser utilizadas como palhadas em cobertura vegetal, mas faltam estudos sobre a influência dos compostos liberados da decomposição na germinação e crescimento inicial de plantas cultivadas, como as hortaliças.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos da germinação e crescimento inicial de alface, submetidas a extratos obtidos de folhas de braquiária e sibipiruna.

MATERIAIS E MÉTODOS

a) Obtenção das sementes e extratos foliares

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Química da Universidade Estadual do Paraná, campus de Paranaíba – UNESPAR. Sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) utilizadas para germinação foram obtidas comercialmente. As folhas de braquiária (*Brachiaria decumbens*) e sibipiruna (*Caesalpinea pluviosa*) utilizadas para a preparação dos extratos foliares foram obtidas na área externa da UNESPAR. As folhas foram coletadas separadamente de acordo com a espécie e submetidas a esterilização e secagem em estufa a 50°C durante 72 horas.

Para a preparação do extrato foliar de braquiária ou sibipiruna 10g de folhas foram extensivamente maceradas, em um volume total de 100mL de água destilada para cada planta. Os extratos obtidos foram filtrados e diluídos nas concentrações de 12,5%, 25% e 50%. O extrato bruto consistiu no tratamento da concentração 100%.

b) Germinação, comprimento das radículas e biomassas

Dez sementes de alface foram germinadas em placas de Petri contendo duas folhas de papel de germinação umedecidas em água destilada, que representou o grupo controle. O mesmo procedimento foi feito na presença dos extratos de sibipiruna e braquiária nas concentrações descritas. As placas foram incubadas na câmara de germinação do tipo (B.O.D) com temperatura de 25°C, sob fotoperíodo de 12 h de claro e 12h de escuro por 7 dias.

A germinação foi contada a cada 24h e o parâmetro para considerar a germinação foi a protrusão radicular (FERREIRA e ÁQUILA, 2000). A porcentagem de germinação (G) foi calculada usando a fórmula: $G = (N / A) \times 100$ Onde N: número de sementes germinadas; A: número total de sementes colocadas para germinar.

Para a obtenção dos comprimentos das radículas, no sétimo dia de cultivo elas foram excisadas e medidas com auxílio de régua milimetrada. Em seguida as radículas foram pesadas em balança analítica para a obtenção da biomassa fresca. Para a obtenção da biomassa seca as radículas foram acondicionadas em estufa de secagem a 60°C até peso constante.

c) Análise estatística.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, consistindo em quatro repetições com 5 tratamentos (controle umedecido com água destilada e extratos 12,5%, 25%, 50% e 100%). Totalizou-se 20 unidades experimentais, sendo que a unidade experimental foi composta por 10 plântulas de em uma placa de Petri. Para cada repetição

foram utilizadas 15 placas de Petri, três placas para cada tratamento para cada tipo de espécie vegetal, braquiária ou sibipiruna.

A análise estatística dos resultados foi efetuada usando o programa Sisvar®, foi realizada a análise de variância ANOVA. As diferenças entre as médias foram submetidas ao teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 ($P < 0,05$) foram considerados estatisticamente significativos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com Rockenbach et al. (2018), existem várias plantas que produzem compostos aleloquímicos que interferem no metabolismo celular. Os resultados obtidos nesse trabalho e mostrados na figura 1 demonstram que o extrato foliar de braquiária e sibipiruna podem comprometer os processos fisiológicos envolvidos na germinação de sementes, as concentrações de 50% e 100% de extratos provocaram as maiores reduções, que foram de 54% e 62% respectivamente para sibipiruna e 32% e 65% para braquiária.

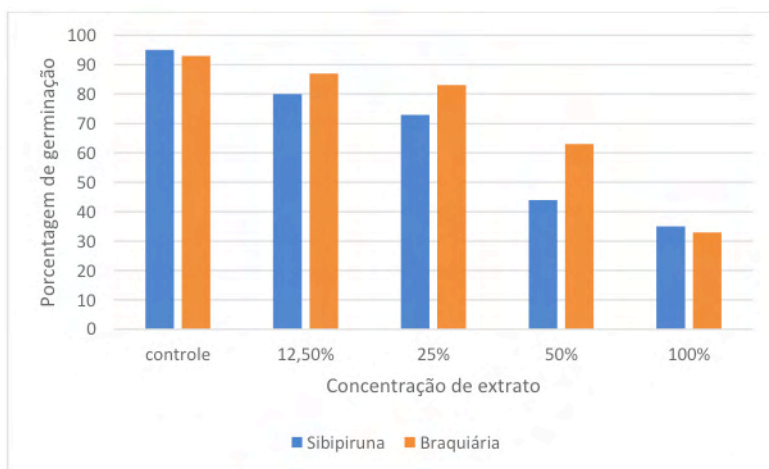


Figura 1: Porcentagem de germinação de sementes de alface submetidas ao tratamento com extratos foliares de Sibipiruna e Braquiária.

A tabela 01 apresenta os resultados dos comprimentos das raízes de plântulas de alface. Observa-se que houve redução dose dependente. Para os tratamentos com braquiária as reduções foram de 47% para o tratamento 12,5%, 87% para o tratamento 25%, 95% para o tratamento 50% e 95% para o tratamento 100%, quando comparados ao controle.

	Tratamento com sibipiruna	Tratamento com braquiária
Controle	2,7 ^{5a1}	2,31 ^{a1}
Extrato 100%	0,64 ^{a3}	0,11 ^{a3}
Extrato 50%	1,73 ^{a2}	0,12 ^{a3}
Extrato 25%	2,12 ^{a2}	0,30 ^{a3}
Extrato 12,5%	2,41 ^{a1a2}	1,22 ^{a2}

As médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença estatística ao teste de Tukey a 5%.

Tabela 01. Comprimento medido em centímetros de 50 radículas de plântulas de alface submetidas ao tratamento com extratos de folhas de sibipiruna e braquiária.

A atividade possível de compostos aleloquímicos como catequinas, alcaloides e flavonoides (HARTMANN, *et al*, 2020) presentes no extrato foliar da braquiária e sibipiruna pode ter comprometido o metabolismo das células das raízes, prejudicando o crescimento das plantas. Resultado semelhante foi observado por de Souza Fiorese, *et al*, (2021), que verificou a redução na germinação e crescimento inicial de alface submetida a extratos foliares de (*Solanum pimpinellifolium*) e atribuiu esta redução a presença de compostos aleloquímicos presentes nos extratos da planta, como flavonoides, alcalóides e saponinas.

Tratamentos	Biomassa fresca braquiária	Biomassa seca braquiária	Biomassa fresca sibipiruna	Biomassa seca sibipiruna
Controle	0,025 ^{a1}	0,0016 ^{a1}	0,0350 ^{a3}	0,0043 ^{a1}
12,5%	0,015 ^{a2}	0,0012 ^{a1}	0,0625 ^{a1}	0,0112 ^{a2}
25%	0,0033 ^{a3}	0,00060 ^{a1}	0,0725 ^{a1}	0,0138 ^{a3}
50%	0,0011 ^{a3}	0,00030 ^{a1}	0,0100 ^{a2}	0,0049 ^{a1}
100%	0,00050 ^{a3}	0,00019 ^{a1}	0,0250 ^{a2}	0,0087 ^{a2}

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey $p < 0,05$).

Tabela 2. Biomassa fresca e seca de raízes de alface e braquiária submetidas ao tratamento com extratos foliares de braquiária e sibipiruna.

Os resultados apresentados na tabela 2, referente a análise das biomassas fresca e seca de radículas de plântulas de alface, mostram redução significativa na biomassa fresca quando submetidas ao extrato de braquiária, o que indica que este extrato comprometeu o equilíbrio osmótico destas plântulas. Em relação ao tratamento com sibipiruna, foi possível verificar que as menores concentrações do extrato provocaram aumento de biomassa fresca e seca. Estes resultados podem estar relacionados com respostas adaptativas ao estresse, como por exemplo, a síntese de lignina, pois não foi observado o crescimento das raízes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de resultados apresentados nesse trabalho demonstra que os extratos de braquiária e sibipiruna apresentam aleloquímicos que interferem na germinação e crescimento inicial de plântulas de alface. Estudos que identifiquem estes compostos podem contribuir com a prospecção de bioherbicidas.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, PER. Sibipiruna: *Caesalpinia pluviosa* var. *peltophoroides*. 2008.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12 p. 175-204, 2000. **Disponível em:** <<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Gui-y-Alvez-19991.pdf>>. Acesso em: 04 set 2021.

GASTL FILHO, Josef et al. Desempenho agrônomo de alface orgânica em função da cobertura do solo. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 51-68, 2021.

HARBONE J.B.; WILLIAMS C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochem**.55:481-504, 2000. **Disponível em:** <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942200002351>>. Acesso em: 04 set 2021.

LORENZI, H. *Caesalpinia peltophoroides* Benth. In: LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. p. 148.

MACIAS F.A.; MOLINILLO J.M.G.; TORRES R.M.V.; GALINDO J.C.G. Bioactive compounds from the Genus *Halianthus*. In: Macias, F.A.; Galindo, J.C.G.; Molinillo J.M.G., Cutler H.G. (Eds). Recent advances in allelopathy. Cádiz: **International Allelopathy Society**, p. 121-148, 1999. **Disponível em:** <<https://www.scielo.br/fj/aa/a/VNxMh7hrPqTWWsXhrNBchxj/?lang=pt>>. Acesso em: 04 set 2021.

MULLER C.H. Allelopathy as a factor in ecological process. *Vegetatio* 18:348-357, 1996.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. Rodrigues. Alelopatia. 2011.

RICE E.L. Allelopathy, 2nd Edition, Orlando: Academic Press, p. 422, 1984.

RITTER, M. C.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. Efeito de extrato aquoso e metanólico de nim (*Azadiracta indica*) sobre a germinação de alface. **Multitemas**, v. 1, n. 46, p. 9-22, 2014. **Disponível em:** <<https://interacoes.ucdb.br/multitemas/article/view/168/203>>. Acesso em: 04 set 2021.

ROCKENBACH, Ana Paula et al. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 59-70, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant defenses: Surface protection and secondary defense compounds. In: **Plant Physiology**. Sinauer Associates, Inc, Publishers, p.347-376, 1998.

TUR, C.M.; BORELLA, J.; PASTORINI, L.H. Alelopatia de extratos aquosos de *Duranta repens* sobre a germinação e o crescimento inicial de *Lactuca sativa* e *Lycopersicum esculentum*. *Biotemas*, v.23, n. 2, p. 13-22, 2010.

VAZ, Juliana Martins et al. Cobertura morta de solo no cultivo orgânico de physalis (Physalis peruviana L.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 80113-80130, 2020.

WHITTAKER R.H.; FEENY P.P. Allelochemics: chemical interactions between species. **Science** 171: 757-767, 1971

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE ISOLADO PROTEICO DE TILÁPIA COM ADIÇÃO DE NANOARGILA

Data de aceite: 01/09/2022

Data de submissão: 07/07/2022

William Renzo Cortez-Vega

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados – Mato Grosso do Sul

<http://lattes.cnpq.br/0016066069380492>

Sandriane Pizato

Universidade Federal do Amazonas

Manaus – Amazonas

<http://lattes.cnpq.br/8203422993081223>

Rafaela Silva Cesca

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados – Mato Grosso do Sul

<http://lattes.cnpq.br/7894352918060738>

Maria Cecilia Pacco-Huamani

Universidade Nacional de San Agustin

Arequipa – Perú

<http://lattes.cnpq.br/8598141211472326>

Noelia Xiomara Pacheco-Torreblanca

Universidade Nacional de San Agustin

Arequipa – Perú

<http://lattes.cnpq.br/6014380745862053>

Rosalinda Arévalo Pinedo

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados – Mato Grosso do Sul

<http://lattes.cnpq.br/2138574078037375>

Marcelo Fossa da Paz

Universidade Federal da Grande Dourados

Dourados – Mato Grosso do Sul

<http://lattes.cnpq.br/9929269532617448>

Grethel Teresa Choque-Delgado

Universidade Nacional de San Agustin

Arequipa – Perú

<http://lattes.cnpq.br/8277683936859407>

RESUMO: A procura por metodologias sustentáveis para diminuição de plásticos derivados do petróleo encontra-se em crescimento. Com este trabalho objetivou-se desenvolver filmes de Isolado Proteico de Tilápia (IPT), elaborados por carne mecanicamente separada (CMS), avaliando as diferentes concentrações da argila montmorilonita K10 (MMT). E analisando os parâmetros de coloração, opacidade, propriedade mecânica, solubilidade e permeabilidade em vapor de água. Conforme as metodologias abordadas, os mesmos tratamentos realizados que apresentaram bons resultados de PVA, foram os menores valores de espessura. Os preceitos de coloração constataram que todos os filmes produzidos apresentaram espectro de cor amarela. Dados de luminosidade variando entre (78,15 a 81,24), revela que são filmes adequados para uso como embalagens. Os valores de opacidade relataram aumento com a adição da nanoargila. Todos os tratamentos exibiram resultados significativos, destacando o tratamento T4, que obtinha maior proporção de MMT para parâmetros de coloração e opacidade e T2 para PVA e propriedades mecânicas. Conclui-se que as características analisadas dependem da concentração da nanoargila.

PALAVRAS-CHAVE: Argila, Biodegradável, Película, Pescado.

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF FILMS OF TILAPIA PROTEIN ISOLATE WITH ADDITION OF NANOCLAY

ABSTRACT: The search for sustainable methodologies for the reduction of plastics derived from petroleum is on the rise. With this work, the objective was to develop films of Tilapia Protein Isolate (TPI), made by mechanically separated meat (MSM), evaluating the different concentrations of montmorillonite K10 clay (MMT). And analyzing the parameters of coloration, opacity, mechanical properties, solubility and water vapor permeability. According to the methodologies discussed, the same treatments performed that showed good results for WVP, were the lowest values for thickness. The coloration precepts found that all the films produced presented a yellow color spectrum. Brightness data ranging from (78.15 to 81.24), reveals that they are films suitable for use as packaging. The opacity values reported increased with the addition of the nano clay. All treatments exhibited significant results, highlighting treatment T4, which obtained a higher proportion of MMT for color and opacity parameters and T2 for WVP and mechanical properties. It is concluded that the analyzed characteristics depend on the nano clay concentration.

KEYWORDS: Clay, Biodegradable, Film, Fish.

1 | INTRODUÇÃO

As embalagens alimentícias, em sua maioria, são produzidas com polímeros sintéticos, em grande parte derivados do petróleo, caracterizando sua árdua degradação e acúmulo no meio ambiente (Siman Filho e Sanfelice, 2018). A busca de metodologias sustentáveis que visem diminuir o uso de polímeros plásticos sintéticos e o cuidado ao meio ambiente, vem ascendendo conforme os anos.

Entre essas alternativas, a principal é a produção de filmes biodegradáveis, em destaque, os filmes de proteínas e polissacarídeos são os biopolímeros naturais mais utilizados (Silva et al., 2020).

Entre as diversas possibilidades de matéria prima para fabricação de filmes, destaca-se a utilização de proteína de peixe, que seriam descartadas durante o processamento industrial de pescado (Pereira et al., 2019). Proteínas de pescado, como por exemplo, miofibrilares e sarcoplasmáticas, têm sido utilizadas como material formador de filme, pois esses filmes formam redes com significativas propriedades mecânicas e propriedade de barreira ao oxigênio (Rocha, 2018).

No intuito de melhorar as propriedades físicas dos filmes de pescado, devido a higroscopicidade encontrada nos aminoácidos das proteínas de peixe, estudos mostram a eficácia na adição de plastificantes e aditivos naturais para modificar as características de absorção de água e incorporação de nanoargila como material de reforço nos filmes (Chevalier et al., 2018; Silva et al., 2020; Romani et al., 2019 e Chevalier et al., 2020).

Revestimentos e filmes com nanorargila podem prolongar a vida útil e melhorar a qualidade dos alimentos, reduzindo a transferência de massa, aumentando a integridade e as propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Neves, Hashemi e Prentice, 2015 e Da

Silva et al., 2019)

Com isso, denota-se que esta pesquisa teve como propósito desenvolver e caracterizar filmes oriundos de isolado proteico de tilápia (IPT) e glicerol com variadas concentrações de nanoargila montmorinólita (MMT).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos materiais

A carcaça do pescado tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi obtida no frigorífico de pescado, localizado na cidade de Dourados-MS. O material foi armazenado em congelador a $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ no laboratório de Bioengenharia, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Produção da Carne Mecanicamente Separada (CMS)

A CMS foi produzida conforme metodologia adaptada de Nolsoe e Undeland (2009) e Cortez-Vega et al. (2014), em que foram utilizadas partículas de 3 mm de diâmetro da carcaça de tilápia, usando stripper 694 (Baader, Alemanha), operando a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ na entrada e $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ na saída, 24 h após o abate.

Obtenção do Isolado proteico de tilápia

O processo de solubilização alcalina foi realizado como descrito por Nolsoe e Undeland (2009) e Chevalier et al. (2018) com modificações. A CMS (aproximadamente 200 g) foi homogeneizada (IKA Model RW 20DZM.n) na proporção de 1:9 (p/v) com água destilada a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 60 s. A solubilização alcalina da proteína foi realizada a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ em temperatura controlada por um banho ultratermostático (Quimis, modelo 214 D2) durante 20 min sob agitação constante com um agitador de eixo hélice (IKARW 20DZM.n model), utilizando hidróxido de sódio (1 N NaOH) como agente alcalino. A mistura foi centrifugada a $9000 \times g$ a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Nova Técnica, modelo MA 1815) por 15 min para separar o produto solubilizado em três fases: lipídios, proteínas solúveis e proteínas insolúveis.

As proteínas solúveis foram submetidas a precipitação isoeletrica (pH 5,0) com adição de solução de (1 N NaOH) e foi realizada uma segunda centrifugação a $9.000 \times g$ por 20 min, onde foi obtida a precipitação do isolado proteico. E então postos em estufa com circulação de ar a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 12 h, em seguida foram triturados e armazenados em recipiente de vidro a temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Composição proximal

A composição proximal do isolado proteico de tilápia foi realizada em triplicata, conforme metodologia oficial da AOAC (2000). O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. O conteúdo de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl, o teor de proteína foi calculado multiplicando-se pelo fator 6,25,

o conteúdo de lipídio foi determinado pelo método Soxhlet e o teor de cinzas brutas pelo método gravimétrico em uma mufla a 500-600 °C.

Desenvolvimento dos filmes

Para desenvolvimento dos filmes, foi utilizado como matéria prima o isolado proteico de tilápia obtido pelo método descrito acima, glicerol como agente plastificante e nanoargila montmorinólita K10 (MMT) para complementação nos filmes.

Os filmes foram produzidos por meio da técnica de *casting* segundo metodologia de Scudeler et al. (2020) com modificações. Em que, o isolado proteico de tilápia foi disperso em água destilada e em seguida, aquecido a 30 °C sob agitação magnética constante (350 rpm) (Tecnal, modelo TE - 0851) por 10 min. Após a hidratação, o pH foi ajustada para 11 com a adição de (1 N NaOH) usando um potenciômetro de bancada (Quimis modelo 400A, São Paulo, Brasil) com agitação constante por mais 10 min. A temperatura foi elevada 80 °C e adicionada à nanoargila montmorillonite K10, sendo homogeneizada por dois minutos. Após a dissolução completa do isolado proteico e nanoargila, o plastificante glicerol, foi adicionado e solubilizado em água destilada com agitação por mais 20 minutos.

Os materiais foram incorporados nas concentrações de cada tratamento como descritos na Tabela 1.

TRATAMENTOS	IPT (g)	MMT (mL)	G (g)
T1	2	0,1	0,5
T2	2	0,2	0,5
T3	2	0,3	0,5
T4	2	0,4	0,5

IPT: Isolado proteico de tilápia, MMT: Nanoargila Montmorilonita, G: Glicerol.

Tabela 1. Concentrações de isolado proteico de tilápia (IPT) nanoargila montmorinólita (MMT), e glicerol (G).

As soluções filmogênicas foram filtradas e 25 g das soluções foram depositadas nas placas de Petri com um diâmetro de 15 cm e submetida a secagem em estufa com circulação forçada de ar (Marconi, modelo MA420) a 40 ± 1 °C por 12 h. Em seguida, os filmes foram armazenados por 48 h em dessecadores mantidos a 25 ± 2 °C e umidade relativa de $55 \pm 2\%$, contendo solução saturada de cloreto de cálcio (CaCl_2).

Os filmes foram caracterizados quanto a cor, opacidade, resistência a tração, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água e espessura, todos em triplicata. Foi realizada a análise estatística apresentando a média e desvio padrão e analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o Statistica 6.1®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 mostra a composição proximal de isolado proteico de tilápia (IPT). Observou-se que a proteína é o componente mais alto, seus valores oscilam entre 88-90%. Outros estudos também mostraram resultados similares, Scudeler et al. (2020) e Chevalier et al. (2018) desenvolveram e caracterizaram películas biopoliméricas com isolado proteico de tilápia e apresentaram 85,15 e 86,11% de proteína respectivamente. Além disso, Freitas et al. (2016) estudaram as propriedades físico-químicas e funcionais de proteína recuperada de resíduos de pescados de anchoita e corvina, os valores foram 72,9 e 94,3% respectivamente.

Componentes (%)	IPT	
	% em base úmida	% em base seca
Proteínas	88,91 ± 1,07	90,62 ± 1,07
Lípídeos	3,92 ± 1,47	3,99 ± 1,47
Umidade	5,28 ± 0,86	-
Cinzas	0,52 ± 0,18	0,53 ± 0,18

Tabela 2. Composição proximal de isolado proteico de tilápia (IPT) em base seca e base úmida.

Quanto aos lipídios, o IPT apresentou 3,9% deste componente, estes valores encontram-se similares aos encontrados por Chevalier et al. (2018) quem mostrou teores de 3,75% para isolado proteico de tilápia (*Oreochromis niloticus*) aplicados como cobertura em melão minimamente processado. No entanto, o estudo de Scudeler et al. (2018) mostrou um teor de 10,85% de lipídeos e utilizou o método de solubilização alcalina para obtenção de isolado proteico. Além disso, outros autores avaliaram o conteúdo de lipídios em filmes de músculo de tilápia vermelha (*Oreochromis mossambicus*), o conteúdo foi de 0,12% em base seca. Este utilizou o método de extração alcalina, em combinação com lavagens de água destilada (Tongnuanchan et al, 2011). A diferença destes valores pode estar relacionada à espécie de peixe (*Oreochromis mossambicus* e *Oreochromis niloticus*) e ao método de obtenção do isolado proteico.

Em quanto ao conteúdo de cinzas os resultados apresentaram um valor de 0.5%, valores próximos aos encontrados por Scudeler et al. (2020) de 0,68%. Por outro lado, Chevalier et al. (2018), encontraram 2,96% de teor de cinzas.

A Tabela 3 apresentou os resultados de cor com parâmetros L*, a*, b* e opacidade dos filmes. A luminosidade dos filmes, descrita por L* variou entre (78,15±1,14 a 81,24±0,08). O tratamento T4 apresenta maior quantidade de nanoargila, além do melhor resultado. Dados sobre análises de coloração em pesquisas semelhantes, apresentaram valores distintos ao comparar o parâmetro de luminosidade obtidos de Scudeler et al. (2020), em que tratamentos com diferentes quantidades de IPT e glicerol, mas com a mesma

concentração de MMT de T1 e T3 demonstraram resultados de (87,20±1,04) para 0,1 g de MMT e (86,53±1,80) para 0,3 g de nanoargila. Esses resultados, consequentemente se mostraram diferentes devida à variada proporção de isolado e de plastificante.

O parâmetro a* implica tendência de filmes a cor esverdeada, apresentando um valor próximo a zero no tratamento T1 (0,69±0,08), demonstrando que a coloração desse tratamento dificilmente tende a cor verde. Já o parâmetro b* denota a tendência a cor amarelada, com o tratamento T3 obtendo o maior resultado (20,89±0,09). Esses dados podem ser considerados devida coloração do IPT e do MMT que tendem a cor amarelada. O tratamento T2 apresentou maior valor para cor esverdeada e segundo maior valor para cor amarelada.

Tratamentos	Parâmetros			Opacidade (%)
	L*	Chroma a*	Chroma b*	
T1	78,15±1,14 ^b	0,69±0,08 ^d	18,17±0,84 ^c	17,91±0,57 ^c
T2	78,49±0,59 ^b	2,11±0,06 ^a	20,41±0,33 ^b	18,75±1,14 ^c
T3	80,75±0,77 ^a	1,35±0,12 ^c	20,89±0,09 ^a	20,48 ±0,12 ^b
T4	81,24±0,08 ^a	1,83±0,09 ^b	19,97±0,47 ^b	24,78±0,09 ^a

Médias de 3 repetições ±desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, pelo Teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 3. Resultados de cor e opacidade dos filmes de isolado proteico de tilápia.

Como para luminosidade, o mesmo ocorreu para opacidade, em que o tratamento T4 apresentou maior valor e o tratamento T1 o menor, sendo esse tratamento com a mínima quantidade de MMT utilizada. Conforme ensaio de Chen (1995), a opacidade dos filmes é resultado da morfologia ou estrutura química associada com a massa molecular do material. Uma considerável característica, tendo em vista que a transparência de filmes é um aspecto importante para o consumidor. Uma vez que valores baixos indicam filmes transparentes e altos na opacidade indicam filmes opacos (Silva et al., 2020).

A solubilidade em água é uma propriedade considerável para filmes, os resultados de solubilidade obtidos por metodologia de Goutard et al. (1994) nos tratamentos de T1, T2 e T4 apresentados na tabela 4, não apresentaram diferença estatística. Assim como para PVA nos tratamentos T1 e T2. De acordo com Fakhouri et al. (2012) quanto maior o teor hidrofílico dos componentes do material, maior sua solubilidade em água, demonstrando então o T3 com maior teor hidrofílico.

Resultados obtidos por Chevalier et al. (2020) apresentaram valores próximos de PVA com valor de (4,05±0,10) com a mesma proporção de nanoargila (0,2 g), mas com diferente matéria prima e aditivo natural, sendo a fécula de mandioca e óleo essencial de cravo da Índia. Já o trabalho de Nogueira e Martins (2018) apresentou variação de valores de até 9,2 g.mm/m².dia.KPa oriundos de proteína de peixe com farinha de trigo.

Tratamentos	Parâmetros			
	Solubilidade (%)	PVA (g.mm/m ² .dia. KPa)	Resistência a tração (Mpa)	Espessura (mm)
T1	67,42±1,16 ^b	4,17±0,12 ^c	2,84±0,14 ^a	0,12±0,05 ^a
T2	67,92±2,51 ^b	4,04±0,27 ^c	2,79±0,23 ^a	0,11±0,08 ^a
T3	75,32±2,47 ^a	4,59±0,19 ^b	1,94±0,12 ^c	0,12±0,07 ^a
T4	69,11±3,39 ^b	4,93±0,09 ^a	2,18±0,12 ^b	0,14±0,12 ^a

Médias de 3 repetições ±desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 4. Resultados de solubilidade, permeabilidade, resistência a tração e espessura dos filmes de isolado proteico de tilápia.

Os parâmetros de resistência a tração demonstraram paridade estatística nos tratamentos T1 e T2 e apresentando disparidade ao tratamento T3, sendo o menor valor encontrado pela tabela 4. Nouri et al. (2020) relatam que a adição de glicerol e nanoargila à solução pode aumentar a resistência à tração. Porém, entre os dados obtidos o tratamento T1 que possui menor concentração de MMT, apresentou maior valor de resistência a tração. A adição da nanoargila em filmes podem ser usados para melhorar suas propriedades mecânicas (Slavutsky, Bertuzzi, e Armada, 2012; Scuedeler et al., 2020). E também as propriedades ópticas e de barreira quando incluídas em baixas concentrações (Menezes, Cortez-Vega, e Prentice, 2017).

No experimento de Scuedeler et al. (2020) a espessura de seus filmes oriundos de isolado proteico apresentaram menor valor em espessura, ao se comparar com os dados deste trabalho, retratados na tabela 4. Ao se equiparar os resultados, o tratamento T4, que relatou maior quantidade de MMT, apresentou maior espessura, mas o T2 que possui mais gramas de MMT que T1, mostrou menor medida.

4 | CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos, conclui-se que as diferentes concentrações de nanoargila adjunta de IPT e glicerol, afetam as propriedades físicas e óticas dos filmes. O tratamento T4, que possui maior proporção de MMT, além de apresentar melhor valor de luminosidade, característica almejada para filmes, também apresentou maiores valores para espessura e opacidade. Notou-se que os valores de PVA e espessura estão relacionados, pois os tratamentos que apresentaram maiores resultados e menores resultados foram os mesmos. As características de IPT e MMT podem potencialmente ser utilizado para produzir produtos de alto valor agregado e também para desenvolver filmes e revestimentos comestíveis, contribuindo a reduzir os impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

AOAC. Association of Official Analytical Chemists (2000). **Official methods of analysis**. Washington: AOAC.

Chevalier, R.C., Pizato, S., de Lara, J.A.F., Cortez-Veja, W.R. (2018). **Obtaining protein isolate of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its application as coating in fresh-cut melos**. Journal of Food Safety e12496. DOI: 10.1111/jfs.12496

Chevalier, R.C., Pizato, S., Pinedo, R.A., Cortez-Vega, W.R. (2020). **Obtenção e caracterização de filmes com adição de óleo essencial de cravo-da-índia**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v07, DOI: 10.36229/978-65-86127-19-5.CAP.11

Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., De Souza, J. T. A., & Prentice, C. (2014). **Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya**. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 22, 197–202.

Da Silva, A. O., Cortez-Vega, W. R., Prentice, C., & Fonseca, G. G. (2019). **Development and characterization of biopolymer films based on bocaiuva (*Acromonia aculeata*) flour**. International Journal of Biological Macromolecules. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.083>.

Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Bertan, L. C., Yamashita, F., Innocentini Mei, L. H., e Collares-Queiroz, F. P. (2012). **Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties**. LWT - Food Science and Technology, 49, 149–154.

Freitas, I., Cortez-Vega, W. R., & Prentice, C. (2016). **Physicochemical and Functional Properties of Protein Recovered from Fish Waste**. Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(7), 1034–1044. <https://doi.org/10.1080/10498850.2015.1008714>

Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J., & Guilbert, S. (1994). **Edible composite films of wheat gluten and lipids. Water vapor permeability and other physical properties**. International Journal of Food Science & Technology, 29, 39–50.

Menezes, B. S., Cortez-Vega, W. R., & Prentice, C. (2017). **Nanocomposites films obtained from protein isolates of mechanically deboned chicken meat added with montmorillonite**. Polímeros, 27, 75–82.

Neves, M. A., Hashemi, J., & Prentice, C. (2015). **Development of novel bioactives delivery systems by micro/nanotechnology**. Current Opinion in Food Sciencem, 1, 7–12.

Nogueira, D., & Martins, V. G. (2018). **Biodegradable bilayer films prepared from individual films of different proteins**. Journal of Applied Polymer Science, 135, 1–13.

Nouri, A. et al. (2020). **An investigation of the role of fabrication process in the physicochemical properties of κ -carrageenan-based films incorporated with Zataria multiflora extract and nanoclay** Food Packag. Shelf Life, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100435>

Pereira, G. V. S., Pereira, G. V. S., de Araujo, E. F., Xavier, E. M. P., Joele, M. R. S. P., and Lourenço, L. F. H. (2019). **Optimized process to produce biodegradable films with myofibrillar proteins from fish byproducts**. Food Packaging and Shelf Life, 21, Article 100364.

Rocha M, Prietto L, Souza MM, Furlong EB, Prentice C (2018). **Effect of organic acids on physical-mechanical and antifungal properties of anchovy protein films.** J Aquat Food Prod Technol 27:316–326

Romani VP, Olsen B, Collares MP, Oliveira JRM, Prentice-Hernández C, Martins VG (2019). **Improvement of fish protein films properties for food packaging through glow discharge plasma application.** Food Hydrocoll 87:970–976

Scudeler, C. G. da S., de Lima Costa, T., Cortez-Vega, W. R., Prentice, C., & Fonseca, G. G. (2020). **Development and characterization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein isolate-based biopolymer films incorporated with essential oils and nanoclay.** Food Packaging and Shelf Life, 25(April), 100542. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100542>

Silva, R. S., Santos, B. M. M., Fonseca, G. G., Prentice, P., and Cortez-Vega, W. R. (2020). **Analysis of Hybrid sorubim protein films incorporated with glycerol and clove essential oil for packaging applications.** Journal of Polymers and the Environment, 28, 421–432.

Siman Filho, A. J. and Sanfelice, R. C. (2018). **Estudo bibliográfico sobre polímeros ambientalmente sustentáveis.** Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, 3(2), 131-148, <https://doi.org/10.18554/rbcti.v3i2.3347>

Slavutsky, A. M., Bertuzzi, M. A., & Armada, M. (2012). **Water barrier properties of starch-clay nanocomposite films.** Brazilian Journal of Food Technology, 15, 208–218.

Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., & Songtipya, P. (2011). **Characteristics of film based on protein isolate from red tilapia muscle with negligible yellow discoloration.** International Journal of Biological Macromolecules, 48(5), 758–767. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.02.017>

APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA ATRAVÉS DE FERRAMENTAS LEAN EM UM MOINHO PARA FABRICAÇÃO DE FARINHA DE MILHO

Data de aceite: 01/09/2022

Data de submissão: 19/08/2022

Stefan Antonio Bueno

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ
Chapecó – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/6116896918748200>

Marcelo Fabiano Costella

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ
Chapecó – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1971208685974210>

Josiane Maria Muneron de Mello

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ
Chapecó – Santa Catarina
lattes.cnpq.br/4452075001099749

Sideney Becker Onofre

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ
Chapecó – Santa Catarina
lattes.cnpq.br/1698224156979393

Francieli Dalcanton

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ
Chapecó – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7708949855601731>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi identificar resíduos provenientes do processo industrial de um moinho de farinha de milho e desenvolver

uma proposta para minimização destes resíduos com a metodologia P+L e ferramentas lean. No método de pesquisa aplicou-se as seis etapas do P+L e suas respectivas ferramentas e para cada etapa foi utilizada também uma ferramenta lean em um moinho de farinha de milho em Santa Catarina. Como resultado, 53% do total de milho processado era resíduo utilizado para alimentação animal, daí foi proposta a implementação de uma nova linha de produção para aproveitamento dos resíduos e transformação em um novo produto. Após análise da viabilidade econômica chegou-se à conclusão que o estudo é rentável para a empresa, transformando 19% dos resíduos gerados em um aumento de 28,29% no faturamento mensal, bem como de 28,62% no resultado líquido operacional, com retorno do investimento em 12,85 meses.

PALAVRAS-CHAVE: Produção enxuta, P+L, alimentos.

APPLICATION OF CLEANER PRODUCTION THROUGH LEAN TOOLS IN A MILL FOR MANUFACTURE OF CORN FLOUR

ABSTRACT: The objective was to identify residues from the industrial process of a cornmeal mill and to develop a proposal to minimize these residues with the P + L methodology and lean tools. In the research method, the six steps of P + L and their respective tools were applied, and for each step, a lean tool was also used in a corn flour mill in Santa Catarina. As a result, 53% of the total corn processed was waste used for animal feed, so it was proposed to implement a new production line for waste utilization and

transformation into a new product. After analyzing the economic viability, it was concluded that the study is profitable for the company, transforming 19% of the generated waste into a 28.29% increase in monthly revenues, as well as a 28.62% increase in net operating income return on investment over 12.85 months.

KEYWORDS: Lean manufacturing, cleaner production, foods.

1 | INTRODUÇÃO

Após a percepção por parte do ramo industrial sobre o impacto no meio ambiente decorrente da emissão dos resíduos gerados pela produção em massa dos bens de consumo, as estratégias empresariais alteram o foco das questões econômicas para a introdução da variável ambiental como essencial, incorporando-a nos processos produtivos, tornando-o menos agressivo (Silva, Moraes e Machado, 2015).

Neste sentido, a Produção Mais Limpa (P+L) é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada nos processos produtivos, voltado a solucionar os problemas ambientais, gerando vantagens econômicas e sociais para a empresa (Silva, Fritsch, e Silva, 2019). Ela faz uma avaliação de toda a cadeia produtiva, desde a obtenção de matéria-prima até o produto finalizado, para evidenciar as melhorias no processo evitando desperdícios, minimizando a geração de resíduos e aumentando a competitividade da empresa perante o mercado econômico (Silva, Moraes e Machado, 2015).

Alinhado à metodologia P+L, o *lean thinking* ou pensamento *lean* oferece uma metodologia que busca otimizar os resultados das organizações, como, melhoria da produtividade e eliminação de desperdícios, por meio de processos eficientes que geram recursos essenciais valorizados pelo cliente (Comm e Mathaisel, 2005; Resta et al., 2016).

Concomitante a isto, a demanda crescente dos clientes por produtos e serviços ambientalmente corretos cresce, forçando as empresas a considerar questões ambientais em suas estratégias (Campos e Vazquez-Brust, 2016). Neste sentido, e motivados por um processo *lean* e *green* vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de agregar valor ao processo produtivo e à sustentabilidade.

Os conceitos de P+L integrados com a metodologia *lean* e apoiados por um software de simulação de eventos discretos foram aplicados em uma oficina de uma indústria brasileira com o objetivo de avaliar a eficiência da metodologia *lean* para obtenção de resultados para uma produção mais limpa. Como resultados obtiveram uma melhoria considerável com redução de material, energia e estoque em processo impactando em ganhos financeiros para a empresa, deste modo, demonstrando a sinergia entre os dois métodos (Baumer-Cardoso et al., 2020). Também foram aplicados conceitos *lean* e *green* em um estudo de caso que teve por objetivo aumentar a produtividade de transbordo em um porto marítimo com auxílio de simulação e os resultados revelaram uma sinergia entre o *lean* e *green* aumentando a produtividade geral das operações (Chandrakumar et al., 2016).

O presente estudo teve como objetivo identificar resíduos provenientes do processo industrial de um moinho de farinha de milho e desenvolver uma proposta para minimização e/ou eliminação destes resíduos com a metodologia P+L e ferramentas *lean*.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar os resíduos existentes no processo produtivo de um moinho de farinha de milho em Santa Catarina. A empresa possui 7 funcionários em seu quadro de trabalho divididos entre o moinho e uma fábrica de ração, as quais processam 74 toneladas de milho por mês que resulta na produção média de 37 toneladas por mês de farinha de milho ao mercado consumidor. Diante ao exposto, foi realizado o diagnóstico da atividade produtiva com objetivo de propor uma solução para o reaproveitamento e/ou redução do resíduo gerado. Para tal, os conceitos de produção mais limpa foram utilizados para guiar o andamento do trabalho, porém, para realização de todas as etapas do processo de implementação de P+L foram utilizadas ferramentas e conceitos *lean*. Portanto, baseado no P+L e no *lean manufacturing* a pesquisa foi dividida em seis etapas que são apresentadas na Figura 1. As etapas, a descrição delas, ferramentas do P+L e *lean* que serão utilizadas para o desenvolvimento do estudo são detalhadas.



Figura 1. Diagrama esquemático da metodologia aplicada no estudo

A primeira etapa do estudo envolve a definição da equipe de trabalho do processo de implementação, com base no engajamento dos colaboradores motivados para a implementação do programa de produção mais limpa. Desta forma, baseado na formação do ecotime, etapa inicial utilizada pelo P+L, foi proposta a definição do gerente de fluxo de

valor como método substitutivo, este relacionado ao *lean manufacturing*.

A segunda etapa se desenvolveu com base na análise da atividade produtiva. Para esta atividade o método P+L indica o SIPOC para o resumo das entradas e saídas do processo. Para tal o mapa de fluxo de valor da situação atual foi desenvolvido, considerando a metodologia *lean*. A apresentação de um mapa de fluxo de valor (MFV) consiste na utilização de figuras e ícones para demonstrar os diferentes estágios do processo produtivo, ou seja, é um método visual de gestão do fluxo de valor [6]. Com base nas informações do MFV atual foram definidos os tipos e volumes de resíduos gerados ao longo do processo, possibilitando estudar uma proposta de reaproveitamento que busque agregar valor ao processo produtivo da empresa estudada.

Após o entendimento da situação atual, a equipe de trabalho iniciou o processo de levantamento das oportunidades e desenvolvimento da situação futura da empresa. Para tal, a metodologia do P+L indica o levantamento das oportunidades de redução e/ou eliminação de resíduos. Com base na metodologia *lean* o conceito de Kaizen foi aplicado para esta etapa. O Kaizen é uma filosofia japonesa que desenvolve melhorias como resultado de um esforço contínuo e participação de todos na organização, desde o topo da gestão até os funcionários de nível inferior (Maarof e Mahmud, 2016). Para esta etapa o Kaizen foi dividido em ações de curto e longo prazo. As ações de curto prazo foram implantadas no decorrer do estudo, portanto serão apresentadas somente a proposta de ações de longo prazo.

Com base no levantamento das oportunidades do estudo em questão foi desenvolvido uma proposta de reaproveitamento de resíduos dividindo a análise em viabilidade técnica e viabilidade econômica, procedimento adotado pelo método de P+L. Para estas duas análises a metodologia *lean* busca desenvolver um MFV futuro para satisfazer a análise de viabilidade técnica e uma análise de *payback* simples que apresenta o tempo (dias, meses e ano) de retorno do investimento (Lefley, 1996), o qual satisfaz a análise de viabilidade econômica. Diante disto, as duas análises foram aplicadas na quarta etapa do trabalho com o objetivo de demonstrar a viabilidade da proposta. Todos os dados de capacidade e operação dos novos equipamentos foram obtidos por meio das cotações realizadas pelo grupo Idugel Industrial e Maquinas Marapé Ind. e Comércio Ltda.

A quinta e sexta etapa de aplicação da metodologia P+L propõem um plano de implementação por meio da ferramenta de 5W2H e continuidade através da implementação de KPI's voltados ao P+L no local do estudo. Com base nisto a metodologia *lean* indica o método A3 que tem o objetivo de detalhar o contexto, a situação atual, a análise da causa raiz, a situação proposta, o plano de implementação e continuidade de forma visual (Sobek e Smalley, 2008). Sob este conceito o relatório A3 foi desenvolvido buscando demonstrar todo o histórico de análise da situação atual, o desenvolvimento da proposta, o plano de implementação e continuidade da execução em um único documento que servirá de base para tomadas de decisões da empresa em busca do objetivo de implementar uma cultura

lean e green.

Para verificação dos resultados da proposta de implementação foram propostos e apresentados no relatório A3 indicadores produtivos e financeiros. Os indicadores produtivos foram definidos como: volume processado de milho (Kg/h); capacidade do recurso produtivo (Kg/h); disponibilidade do recurso (%); resíduo gerado no processo (Kg/h); e resíduo aproveitado no processo (Kg/h). Para os indicadores financeiros foram definidos: resultado operacional líquido (R\$); e o retorno do investimento (meses).

Após definição dos elementos metodológicos a apresentação e discussão dos resultados foram realizadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção explora os resultados obtidos para cada etapa do método proposto.

3.1 Etapa I: Formação da Equipe de Trabalho

O método P+L propõe a formação do ecotime, que é responsável pela redução de desperdícios gerando valor ao processo produtivo. Com base na metodologia *lean* o fluxo de valor é definido como o processo produtivo da empresa, local onde a matéria-prima é transformada para entrega ao cliente final, ou seja, local onde se agrega valor ao produto e local de desenvolvimento da pesquisa em questão. O gerente de fluxo de valor é o responsável pelo processo produtivo, neste caso, foi definido o gerente de produção da empresa onde foi realizado o estudo para engajar os colaboradores para aplicação do método P+L através da metodologia *lean* no processo produtivo.

Após a definição do gerente de fluxo de valor, deu-se início ao mapeamento do fluxo de valor para elucidar a situação atual da empresa e buscar oportunidades de redução e/ou eliminação de resíduos do processo produtivo.

3.2 Etapa II: Diagnóstico da Atividade Produtiva/Situação Atual

A análise da situação atual do presente estudo foi baseada no volume de produção médio da empresa, registrado no último ano de operação, relacionada ao período de maio/2018 a maio/2019. Neste período a empresa apresentou um volume médio produzido de 37.698 kg de farinha de milho por mês.

Para o volume médio produzido identificado é necessário o recebimento de 75.396 kg de milho. Através do volume total de milho necessário para o processamento do produto final, foi classificado o volume de resíduo gerado por tonelada de produto. Esta classificação está apresentada na Figura 2. A classificação dos resíduos por tonelada foi baseada no milho já processado depois da pré-limpeza.



Figura 2: Classificação do resíduo total gerado no moinho após pré-limpeza considerando o volume total de milho processado

Na Figura 2 é possível verificar que a quirera grossa, atualmente destinada para fabricação de ração, representa 19% do resíduo total, isto equivale a 14.325 kg médios mensais. De posse desta informação, para desenvolvimento e aplicação da pesquisa, foi realizado o levantamento das etapas do processo produtivo do moinho de farinha de milho. Para o resumo das entradas e saídas do processo com base na metodologia P+L é utilizada a ferramenta SIPOC e a metodologia *lean* indica o mapeamento de fluxo de valor do processo produtivo, abrangendo todas as etapas necessárias para a entrega do produto final da empresa. O MFV atual é apresentado na Figura 3.

Com o diagnóstico da atividade produtiva realizada, se faz importante o detalhamento do processo produtivo da empresa, que se inicia com o recebimento do milho que é a matéria-prima principal para a produção da farinha.

O milho é recebido e estocado em um silo com capacidade para 74.000 kg. Para o milho ser armazenado no silo de recebimento da empresa, ele deve estar com uma umidade de até 16% para não gerar resíduos desnecessários no processo produtivo. Para isto, é realizada uma conferência da umidade do milho em um parceiro da empresa, se a umidade não for a ideal, o produto é rejeitado e devolvido ao fornecedor. A aquisição de um medidor de umidade para o milho é uma oportunidade de garantia do produto recebido.

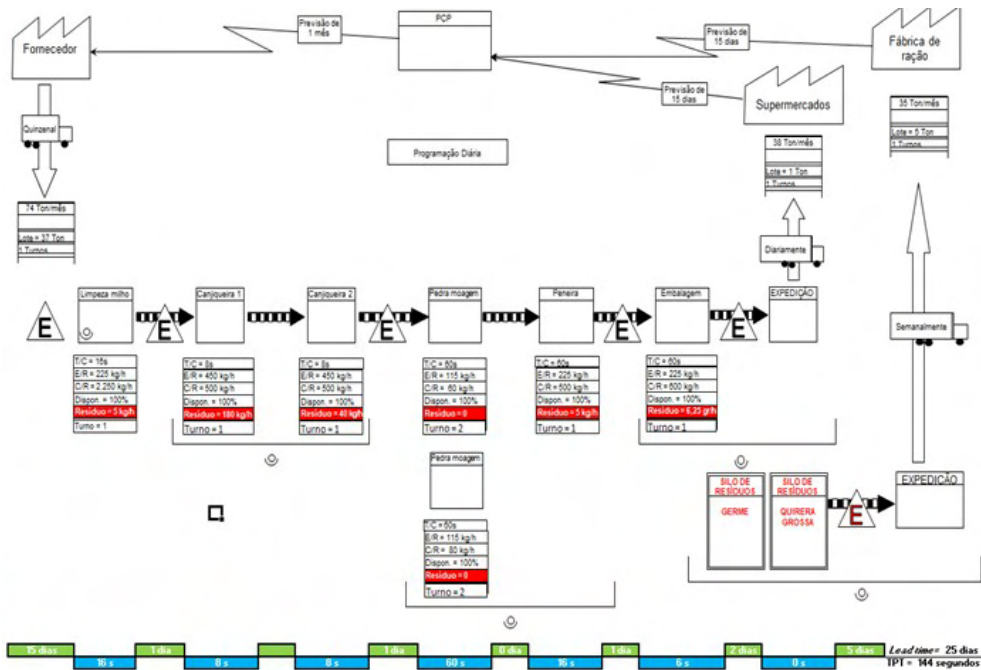


Figura 3: Mapa de fluxo de valor das etapas de processo do moinho

A segunda etapa do processo produtivo tem como objetivo a separação de impurezas do milho após a colheita. Nesta etapa o milho é transportado, através de uma rosca caracol, para a máquina que efetua a limpeza dos grãos. A limpeza é realizada por meio de um processo de peneiramento com sistema de sucção forçada dos resíduos. Após o processo de limpeza, o milho é estocado para posterior degerminação e os resíduos são destinados para alimentação de gado de corte. O volume de resíduos gerados neste processo é de 5 kg por hora e é composto de pedaços de bagaço, cascas, palha e o milho quebrado.

A terceira e quarta etapa do processo produtivo consistem na degerminação do milho, ou seja, o milho passa pela canjiqueira 1 para retirada do germe do milho e pela canjiqueira 2 que retira a casca do milho e partes residuais de germe de milho que restaram do primeiro processamento. Nestas etapas o milho passa por um processo de trituração em um moinho de facas chamado de canjiqueira. Este processo tem o objetivo de retirar o germe do milho, no entanto, devido à alta rotação das facas a máquina o milho quebra em pedaços pequenos gerando o resíduo chamado de “quirerão”, constituído de milho quebrado em pedaços menores que 2,8 mm. A geração de resíduos neste processo é a maior de todo o processo produtivo, totalizando 220 kg por hora para o silo de resíduos, o que equivale a 20% do milho processado. Após estas etapas, a canjica que é o produto final das canjiqueiras fica estocada para posterior moagem.

A moagem da canjica é a parte principal da obtenção do produto final, que é a farinha de milho. É na pedra de moagem 1 e 2 onde é processada a canjica obtida no processo anterior. A canjica desce por gravidade no meio das pedras, onde em um processo de moagem é obtida a farinha de milho. Após obtenção da farinha de milho, ela é enviada através de um duto forçado de ar para uma peneira que irá realizar o processo de separação do que restou de casca no milho. Este processo de moagem não gera nenhum tipo de resíduo sólido, porém gera emissões de poeira devido ao atrito das pedras com o milho.

A próxima etapa do processo consiste no peneiramento da farinha de milho. Nesta etapa a farinha é peneirada com o objetivo de retirar cascas de milho que ainda restaram no grão após processo de degerminação. O volume de resíduos gerado neste processo é de 0,02 g/kg de farinha de milho processada. Após esta etapa a farinha de milho fica estocada até o processo de embalagem.

Por fim, a farinha é embalada por um equipamento automático e fica em estoque até a venda ser efetivada. Este processo gera em torno de 6,25 g de resíduos plásticos por hora. Este resíduo é gerado devido ao processo de setup do equipamento e oscilação da temperatura do dispositivo utilizado para fechamento dos pacotes.

A empresa estudada possui uma produção média diária de 1.800 kg de farinha de milho e para o volume produzido é gerado até 2.000 kg de resíduos diários na empresa. A umidade do milho e a qualidade do milho recebido são responsáveis pelo volume de resíduos gerado pela empresa. Desta forma, a empresa deve manter um controle do milho recebido buscando sempre a condição ideal que é ter um grão duro e com, no máximo, 16% de umidade.

Com base nos dados levantados, para cada mês de produção tem-se 40.000 kg de resíduo que representa 53% do total de milho processado. Parte deste resíduo é destinado para venda ao consumidor final que utiliza para alimentação animal. A outra parte é destinada para uma indústria de ração para suínos.

Tendo em vista o grande volume de resíduo gerado no processo produtivo, verificou-se a oportunidade de aproveitar parte deste resíduo no processo de obtenção do produto final da empresa ou na obtenção de um novo produto, ampliando o portfólio de produtos da empresa. Sabe-se que uma parte dos resíduos gerados no processo de degerminação do milho é o próprio milho quebrado que hoje é destinado para o silo de resíduos e reprocessado para alimentação animal. Diante disto, o projeto em questão buscou implantar a produção mais limpa dentro da empresa avaliando o volume deste resíduo e procurando meios para reutilizar no processo produtivo.

Vale ressaltar que a empresa não gera rejeitos em seu processo, mas sim resíduos que disponibiliza a terceiros. Sob esta ótica, além de colaborar para a redução dos resíduos gerados no processo produtivo, esta iniciativa de produção mais limpa suportada pelo *lean manufacturing* oportuniza uma agregação de valor no resíduo gerado devido à criação de

uma nova linha de produtos, gerando um impacto positivo no faturamento da empresa.

Outra oportunidade para a produção mais limpa da empresa seria o reaproveitamento da poeira gerada nos processos, utilizando um sistema de aspiração de pó formado por exaustores e ciclones. Atualmente as emissões de pó são dispostas ao meio ambiente. Como sugestão para projetos futuros de produção mais limpa, sugere-se classificar os tipos de pó gerados no processo produtivo e verificar a utilização na alimentação humana e animal.

3.3 Etapa III: Propostas de Intervenção e Oportunidades

Ao avaliar o processo produtivo da empresa, verificaram-se algumas oportunidades para melhoria deste processo, que segundo os conceitos de P+L, devem ser definidas ações de curto e longo prazo visando uma atividade sustentável. Já a metodologia *lean* considera como atividades de kaizen, ou seja, atividades que precisam do engajamento de todos da equipe com o objetivo de melhorar continuamente para atender o objetivo do estudo. Com base nisto as ações Kaizens de longo prazo foram detalhadas.

O primeiro Kaizen necessário está no recebimento do milho, o qual deve chegar à empresa com uma umidade máxima de 16% para minimizar a geração de resíduos durante o processo produtivo. Desta forma, aferir a umidade do milho na chegada do produto é necessário.

O segundo encontra-se na etapa de degerminação do milho, o qual é processado em dois equipamentos antigos, denominados de canjiqueira. Estes equipamentos geram bastante resíduo devido a sua forma de construção. Então, adquirir um equipamento novo disponível no mercado eliminaria o resíduo do tipo quirera grossa, fazendo com que toda a canjica do equipamento fosse destinada para a produção de farinha de milho e/ou produção de um novo produto.

A terceira oportunidade Kaizen levantada foi a criação de uma nova linha de produto, como o objetivo de aumentar a presença da marca no mercado consumidor. Para esta oportunidade, a aquisição de um equipamento para a produção da canjiquinha, produto derivado da canjica, com boa aceitação no mercado e bom valor agregado.

A quarta oportunidade kaizen levantada foi a classificação das emissões de pó do moinho. Esta classificação oportunizaria a empresa o aproveitamento da poeira boa para alimentação animal. Para isto, seria necessária a aquisição de um sistema de coleta e separação de pó.

Diante do exposto, as oportunidades Kaizen ou ações de longo prazo levantadas e detalhadas neste tópico foram possíveis devido as atividades de curto prazo desenvolvidas e apresentadas na Tabela 1. Todas estas ações de curto prazo resultaram no desenvolvimento da proposta de uma produção mais limpa, levando em consideração a redução de resíduos e agregação de valor no processo produtivo analisado.

Nome da Ação	Descrição da ação	Indicador	U/M
Verificar teor de umidade do milho	Intensificar o controle de umidade junto ao parceiro comercial da empresa	Umidade	%
Caracterizar o resíduo quirera grossa	Caracterizar o resíduo para utilização na obtenção de farinha de milho e canjiquinha	Tamanho de partícula	mm
Selecionar equipamento para degerminar o milho	Verificar junto aos fornecedores equipamento de degerminação para redução dos resíduos	Resíduo	Kg/h
Selecionar equipamento para produção de canjiquinha	Verificar junto aos fornecedores equipamento para produção de canjiquinha	Valores monetários	R\$
Análise de viabilidade econômica	Verificar o <i>payback</i> para aquisição dos equipamentos para atendimento do novo MFV	Valores monetários	R\$

Tabela 1: Oportunidades levantadas em curto prazo

U/M = Unidade de Medida.

3.4 Etapa IV: Proposta de Reaproveitamento de Resíduo

A proposta de aproveitamento de resíduo deste estudo baseia-se na análise de viabilidade técnica e econômica. A metodologia P+L não prevê no seu passo a passo, ferramentas específicas que podem ser utilizadas para esta etapa. Do contrário, a metodologia *lean* busca aplicar para análise de viabilidade técnica o desenvolvimento de um MFV futuro, onde é possível visualizar todo o fluxo de valor do processo. Para a análise de viabilidade econômica dos resultados propostos para o estudo foi desenvolvido uma análise de *payback* simples, buscando verificar em quanto tempo o investimento se pagará.

A análise de viabilidade técnica partiu da caracterização do resíduo encontrado no processo produtivo. Os resultados desta análise originaram-se a partir de duas amostras. A amostra 1 foi retirada do processamento da primeira canjiqueira existente no processo e a amostra foi retirada do processo posterior, a canjiqueira número 2. Após ensaios os resultados destas análises demonstraram que o resíduo estudado é do tipo unimodal, ou seja, possui apenas uma moda que está relacionada aos tamanhos de partículas de 2,8; 2 e 1,4 mm. A soma de resíduos representadas pelos 3 tamanhos resulta em 97% do resíduo gerado no processo produtivo das canjiqueiras.

A proposta para redução dos resíduos gerados no processo produtivo consiste na aquisição de um equipamento de degerminação do milho que será utilizado para substituir as duas canjiqueiras existentes no processo produtiva atual, evitando a geração do resíduo tipo quirera grossa. Este equipamento consegue separar o milho quebrado (canjica) do germe do milho, fazendo com que todo milho processado seja aproveitado para o processo de transformação da farinha de milho e/ou o desenvolvimento de um novo produto. Diante do aproveitamento total do milho, onde se deixa de destinar para o silo de resíduos 15.079 kg de quirera grossa por mês, pensou-se no desenvolvimento de um novo produto, a canjiquinha. Para a produção de canjiquinha, se faz necessário à aquisição de

um equipamento conhecido como moinho de pedra experimental MB-250 que é utilizado por indústrias alimentícias do ramo.

Diante da proposta apresentada a empresa teria a substituição de dois equipamentos e a redução de um posto de trabalho, como resultado a criação de uma nova linha de produção e aumento no faturamento atual da empresa, ainda uma redução considerável de resíduos gerados no processo produtivo.

Esta proposta pode ser validada pelo ensaio de distribuição de partículas que demonstrou existir no resíduo gerado atualmente 97% de milho quebrado que pode ser aproveitada no processo produtivo, sem a necessidade de destinação a alimentação animal.

3.5 Análise da Viabilidade Técnica da Proposta

Após definição da proposta pela empresa, buscou-se desenvolver um novo mapa de fluxo de valor, contemplando a proposta de produção mais limpa. Está proposta contará com a substituição de 2 equipamentos do parque fabril da empresa.

A Figura 4 demonstra o MFV que dá origem aos resultados finais da análise de P+L na empresa estudada, através de uma ferramenta *lean*, onde é possível observar o novo equipamento para degerminação do milho. Este novo equipamento oportunizará o aproveitamento total do resíduo destinando a canjica, produto final da degerminadora, para a farinha de milho e canjiquinha.

O novo fluxo inicia-se quando a canjica é enviada para o silo. O silo onde o produto é estocado possui uma capacidade de 500 kg. Após estocagem, o produto é destinado para o novo equipamento denominado de tarara circular com sistema de aspiração. Este processo tem o objetivo de retirar todos os resíduos restantes do processo de degerminação do milho em um tempo de ciclo (T/C) de 18 s para o processamento de 1 quilo de produto com uma capacidade disponível de 500 kg/h e uma expectativa razoável (E/R) de 100 kg/h. Os resíduos retirados deste processo são destinados para alimentação animal. Seguindo o fluxo do novo processo, o produto já limpo passa pelo equipamento denominado de moinho experimental MB-250, onde será obtido a canjiquinha, produto final desta nova linha de produção. Este equipamento processa 1 kg/h considerando um T/C de 8 segundos, um E/R de 100 kg/h e com capacidade de 500 kg/h.

Para operação desta nova linha produtiva será realocado o operador que operava as duas canjiqueiras, não necessitando de redução do quadro de funcionários da empresa. Após a visualização da proposta por meio do MFV proposto, realizou-se o comparativo entre o processo atual e o proposto, com o objetivo de obter dados para verificar a viabilidade econômica da proposta para a empresa.

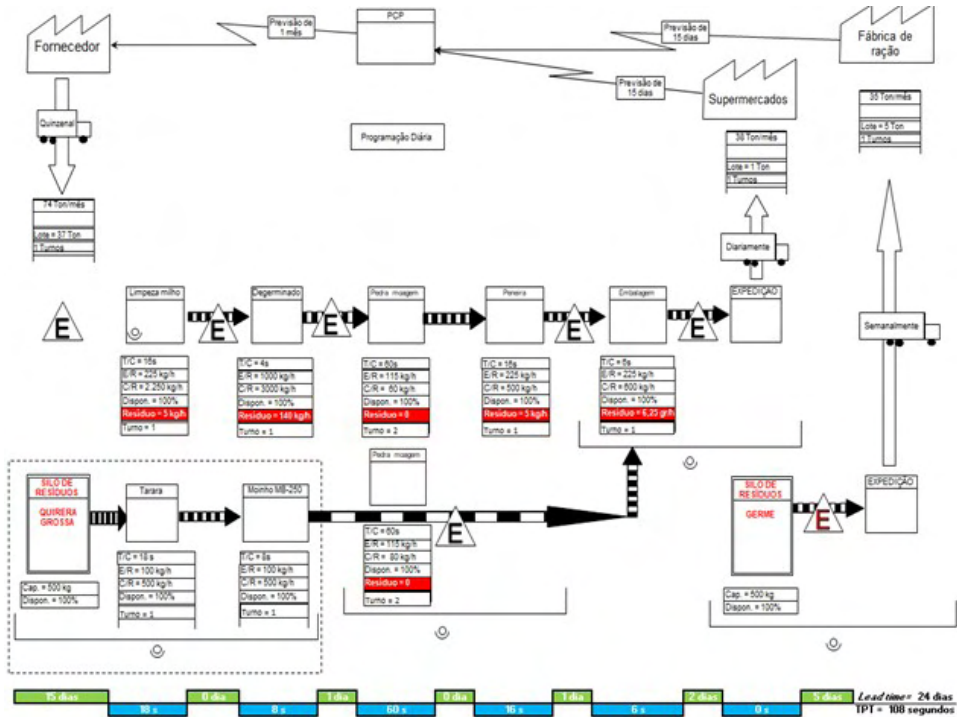


Figura 4: Mapa de fluxo de valor proposto

3.6 Análise de Viabilidade Econômica com Base nos Resultados Esperados

Para a realização da análise de viabilidade econômica, é necessário realizar uma simulação do ganho esperado que a proposta do estudo proporcionará a empresa. Com base nisto um comparativo envolvendo o faturamento atual e o proposto para os 14.325 kg de quierão gerados todo mês na empresa foram analisados. Com base nisto, o faturamento atual considerando 14.325 kg mensais de resíduo multiplicado pelo valor faturado de R\$ 0,80 centavos/kg para fabricação de ração animal resultou em R\$ 11.460,00 de faturamento, já o faturamento projetado com o novo produto considerando 14.325 kg mensais multiplicado pelo valor de mercado da canjiquinha que é de R\$ 3,20/k resultou em R\$ 45.841,00. Esse valor projetado com o novo produto representa um ganho de R\$ 34.381,00 mensais que serão adicionados ao faturamento da empresa. Com base no faturamento mensal proposto realizou-se a análise de viabilidade econômica.

De posse da simulação do ganho esperado com a proposta deste estudo, a análise de viabilidade econômica foi desenvolvida. Para fins de cálculos, foram descontadas todas as despesas com funcionários, energia, embalagens e impostos, manutenção e matéria-prima. Todas estas despesas representam 69,96% do total faturado, ou seja, para cada

quilo de produto faturado a empresa obtém um lucro de 30,04%. Por fim, a empresa irá obter um lucro adicional mensal de R\$ 10.431,00.

A análise de viabilidade econômica foi dividida em: (i) Investimento necessário; (ii) Análise do *payback* simples. O investimento total para aquisição dos equipamentos foi orçado no valor de R\$ 134.068,00. Este orçamento compreende a aquisição e montagem de um degerminador, uma tarara circular com sistema de aspiração e uma moega para estoque e abastecimento da embaladora.

Para análise do *payback* simples utilizou-se o valor total do investimento e como receita o lucro mensal esperado com a implantação da nova proposta. Desta forma foi calculado um tempo de recuperação do investimento de 12,85 meses, conforme apresenta a equação: *Payback* simples=Investimento/Receita.

3.7 Etapa V: Plano de Implementação

Para que a implementação ocorra é necessário o desenvolvimento de um 5W2H conforme método de P+L. O estudo em questão incorporou o 5W2H em um relatório A3, baseado na metodologia *lean*. Através deste relatório a empresa poderá acompanhar de forma visual todo o plano de implementação do projeto proposto (Figura 5).

Para o desenvolvimento do plano de implementação foram identificadas barreiras que pudessem interferir na aplicação da proposta. Uma das barreiras para implementação é a altura do pé direito da empresa que pode prejudicar o alcance do objetivo proposto neste estudo e demais melhorias que podem ser implementadas na empresa estudada. Outra barreira são os funcionários que deverão entender e aceitar o novo processo que será implantado na empresa. A umidade e dureza do milho recebido também é uma barreira encontrada no estudo, pois se o controle não for eficiente e contínuo, os resultados propostos serão diferentes, fazendo com que resíduos desnecessários sejam gerados no processo produtivo. Por haver uma solução técnica viável para este problema, a empresa se compromete com a análise e ajustes de altura do pé-direito da empresa para implantação da proposta, com o treinamento e motivação dos colaboradores para aceitação do novo processo e com o controle da umidade e dureza do milho no momento do recebimento.

plano de continuidade na metodologia P+L. Para consolidar a melhoria proposta, as etapas fundamentais para o bom funcionamento do projeto serão: o monitoramento do percentual de umidade do milho, evitando a entrada de matéria-prima fora do padrão estabelecido; estudo de desenvolvimento de fornecedores com produto padrão, evitando produtos diferentes e avaliação contínua dos resíduos gerados com a finalidade de desenvolver novas propostas de aproveitamento. Estes indicadores propostos para o plano de continuidade deste estudo estão apresentados através do relatório A3 (Figura 5), o qual contempla todos os passos necessários para realização da proposta com base na metodologia *lean*, respeitando também os passos do P+L.

4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este estudo buscou sistematizar a aplicação de ferramentas *lean* em conjunto às fases conceituais da metodologia de produção mais limpa, em função das duas metodologias compartilharem dos mesmos objetivos fazendo com que a estrutura de avaliação de ambos os métodos possa ser tratado como um sistema integrado para avaliação dos impactos enxutos e sustentáveis em um processo produtivo (Farias et al., 2008). Sob esta ótica os resultados foram apresentados e avaliados através de ferramentas *lean* comumente utilizadas, como Mapa de fluxo de valor (MFV) (Miller, Pawloski e Standridge, 2010); Autonomia (Prasad, Khanduja e Sharma, 2016); o Kaizen (Garza-Reyes et al., 2018); gerenciamento de resíduos sólidos (Ferroq, Lamouri e Carbone, 2016); e controle visual (Thanki e Thakkar, 2016) buscando atingir um resultado economicamente viável para a empresa.

O gerenciamento dos resíduos sólidos no processo produtivo é um objetivo da utilização integrada do *lean* e *green* (Qureshi et al., 2015; Ferroq, Lamouri e Carbone, 2016; Cherrafi et al., 2018). Para o estudo em questão o MFV atual foi analisado e constatado a possibilidade de aproveitamento de 19% de resíduos sólidos gerados que eram destinados para alimentação animal, em um novo produto a ser comercializado pela empresa. Este aproveitamento gera uma redução de matéria prima superior aos 13% encontrados por Baumer-Cardoso et al. (2020) (Baumer-Cardoso et al., 2020). A redução de matéria prima resultaria na economia mensal de R\$ 9.550,00 de matéria prima. No entanto, o presente estudo objetivou o aumento de portfólio de produtos da empresa gerando um possível aumento de clientes a sua carteira.

Para tal, foi desenvolvido um MFV de estado futuro baseando-se nos conceitos de kaizen e autonomia. A proposta apresentada foi considerada viável após análise econômica do *payback* simples que demonstrou um retorno no investimento de 12,85 meses considerando um ganho mensal líquido operacional da empresa de R\$ 10.431,00, resultando em uma aplicação viável economicamente, convergindo com estudos encontrados na literatura (Chaiklahan et al., 2018).

Com base nos resultados obtidos no presente estudo é possível afirmar que a utilização integrada do *lean* e *green*, gera valor para a empresa, fazendo desta integração vital para o desenvolvimento das organizações.

5 | CONCLUSÃO

Tratando-se de um método de produção mais limpa, é necessário que a avaliação dos indicadores de umidade (%) e quantidade de resíduos (kg) sejam monitorados continuamente, sempre buscando a otimização do processo e redução dos resíduos gerados.

A contribuição principal da implantação da proposta de produção mais limpa para este estudo está ligada à transformação de um resíduo utilizado para fabricação de ração animal em um produto destinado a alimentação humana de qualidade, trazendo benefícios de caráter social.

Com relação ao teste de distribuição de tamanho de partículas, observou-se que 97% do resíduo analisado correspondem aos tamanhos de 1,4, 2, e 2,8 mm podendo ser aproveitado e ganhando um destino nobre que é a alimentação humana. Com o aproveitamento total do milho na transformação de farinha de milho e redução, estima-se uma redução de 19% no volume de resíduos gerados no processo produtivo.

Com base nos resultados apresentados, existe a projeção de aumento de faturamento mensal da empresa em 28,29%, fazendo com que o investimento proposto neste estudo tenha retorno em 12,85 meses.

Como continuidade para esta pesquisa, sugere-se que o estudo de produção mais limpa na empresa seja recorrente, pois com base no MFV desenvolvido ainda existem muitas oportunidades de redução e/ou eliminação de desperdícios, e até mesmo de melhoria nos ganhos atuais da empresa.

REFERÊNCIAS

Baumer-Cardoso MI, Campos LMS, Portela Santos PP, Frazzon EM. Simulation-based analysis of catalyzers and trade-offs in Lean & Green manufacturing. **Journal of Cleaner Production**. 2020 Jan;242:118411.

Campos LMS, Vazquez-Brust DA. Lean and green synergies in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**. 2016 Aug;21(5):627–41.

Chaiklahan R, Chirasuwan N, Loha V, Tia S, Bunnag B. Stepwise extraction of high-value chemicals from *Arthrospira* (*Spirulina*) and an economic feasibility study. **Biotechnology Reports**. 2018 Dec;20:e00280.

Chandrakumar C, Gowryathan J, Kulatunga AK, Sanjeevan N. Incorporate LEAN and Green Concepts to Enhance the Productivity of Transshipment Terminal Operations. **Procedia CIRP**. 2016;40:301–6.

Cherrafi A, Garza-Reyes JA, Kumar V, Mishra N, Ghobadian A, Elfezazi S. Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. **International Journal of Production Economics**. 2018 Dec;206:79–92.

Comm CL, Mathaisel DFX. A case study in applying lean sustainability concepts to universities. **International Journal of Sustainability in Higher Education**. 2005;6(2):134–46.

Farias LMS, Santos LC, Gohr CF, Oliveira LC de, Amorim MH da S. Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**. 2019 May;218:746–62.

Fercoq A, Lamouri S, Carbone V. Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. **Journal of Cleaner Production**. 2016 Nov;137:567–78.

Garza-Reyes JA, Yu M, Kumar V, Upadhyay A. Total quality environmental management: adoption status in the Chinese manufacturing sector. **The TQM Journal**. 2018 Jan 8;30(1):2–19.

Lefley F. The payback method of investment appraisal: A review and synthesis. **International Journal of Production Economics**. 1996 Jul;44(3):207–24

Maarof MG, Mahmud F. A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. **Procedia Economics and Finance**. 2016;35:522–31.

Miller G, Pawloski J, Standridge CR. A case study of lean, sustainable manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**. 2010;3(1):11–32.

Prasad S, Khanduja D, Sharma SK. An empirical study on applicability of lean and green practices in the foundry industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**. 2016 Apr 4;27(3):408–26.

Qureshi MI, Md. Rasli A, Jusoh A, Kowang TO. SUSTAINABILITY: A NEW MANUFACTURING PARADIGM. **Jurnal Teknologi**. 2015 Dec 11;77(22).

Resta B, Dotti S, Gaiardelli P, Boffelli A. Lean Manufacturing and Sustainability: An Integrated View. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**. 2016;659–66.

Silva A., Moraes J., Machado E. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2015;20(1):29–37.

Silva, L., Fritsch, RLC, & da Silva, VM Metodologia de produção mais limpa (P+ L): abordagem conceitual e casos. **Ciência & Tecnologia**. 2019;2(2):49–56.

Sobek II. DK, Smalley A. Understanding A3 Thinking. **Productivity Press**; 2008.

Thanki SJ, Thakkar JJ. Value–value load diagram: a graphical tool for lean–green performance assessment. **Production Planning & Control**. 2016 Aug 14;27(15):1280–97.

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DOS ADSORVENTES NATURAIS (*MORINGA OLEIFERA* E ARGILA) NA REMOÇÃO DOS ÍONS METÁLICOS Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} E Pb^{2+} EM MATRIZES AQUOSAS

Data de aceite: 01/09/2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Química, Uberlândia – Minas Gerais - Brasil

<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>

<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

RESUMO: O crescimento da atividade industrial associado ao aumento da população leva a uma maior quantidade de efluentes lançados nos corpos d'água. O processo de adsorção é considerado um bom método para remoção de poluentes das águas, por ser econômico tanto em termos materiais quanto em termos energéticos. Assim, tem sido intensificada a pesquisa por materiais adsorventes alternativos de baixo custo e que podem ser reutilizáveis, tendo seu valor agregado ao processo de adsorção. O presente trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade do uso da *Moringa oleifera* e da argila, como adsorventes naturais visando remover os metais: cobre (Cu^{2+}), cromo (Cr^{2+}), chumbo (Pb^{2+}) e cádmio (Cd^{2+}) pelo processo de adsorção. Os metais foram escolhidos devido a sua alta toxicidade e por estarem com frequência presentes em efluentes industriais. Foram realizados experimentos de adsorção em batelada utilizando o volume de 25,0 mL de cada metal em solução aquosa na concentração de 5 mg.L⁻¹, em diferentes massas (10, 30 e 50

mg) e tempos que variavam aleatoriamente. Os resultados mostram um caráter bastante promissor, pois a porcentagem de remoção de todos os metais acima citados foram maiores do que 50% utilizando tanto a massa de 10 mg quando a massa de 50 mg em seus respectivos tempos de 10, 15 e 20 minutos. Um estudo com combinações em dupla destes quatro metais como, por exemplo, Cu+Cd, Cu+Pb, Cu+Cr e assim respectivamente foi realizados com as melhores condições que foram obtidas nos ensaios feitos individualmente (melhor massa e tempo) porém se mostrou menos eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: *Moringa oleifera*, argila, adsorção.

EVALUATION OF THE ADSORPTION CAPACITY OF NATURAL ADSORBENTS (*MORINGA OLEIFERA* AND CLAY) IN THE REMOVAL OF Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} AND Pb^{2+} METALLIC IONS IN AQUEOUS MATRICES

ABSTRACT: The growth of the industrial activity associated to the increase of the population leads to a bigger quantity of effluent ones launched in the water bodies. The process of adsorption is considered a good method for removal of pollutants of the waters, since is economical so much in material terms all that in energetic terms. So, the inquiry has been intensified by materials adsorbent alternative of low cost and what can be you were re-using, having his value collected to the process of adsorption. The present work had how I aim to study the viability of the use of the *Moringa oleifera* and of the clay, like naturals adsorbents aiming to move the metal: copper (Cu^{2+}), chrome (Cr^{2+}), lead (Pb^{2+}) and cadmium

(Cd²⁺) removal. The metal was chosen due to his high toxicity and because of being frequently connected to effluent of industrial activities. Experiments were carried out of adsorption in whole bunch using the volum of 25,0 mL of each metal in aqueous solution in the concentration of 5 mg. L⁻¹, in different masses (10, 30 and 50 mg) and times that were varying aleatory. The results show a quite promising character, since the percentage of removal from all the metal above quoted they were bigger than 50 % when the mass of 50 mg is using so much the mass of 10 mg when in his respective times of 10, 15 and 20 minutes. With combinations in pair from this four metal, for example, Cu+Cd, Cu+Pb, Cu+Cr and so respectively it was carried out by the best conditions that there were obtained in the done tests isoladaments (better mass and time) however it appeared less efficient.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*, Clay and adsorption

1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de fundamental importância para manutenção da vida e, portanto deve estar presente no meio ambiente em quantidade e qualidade apropriadas. Formada pelos átomos de hidrogênio e oxigênio em sua proporção 2:1, a água tem por uso principal os abastecimentos doméstico e industrial, a irrigação, preservação da fauna e da flora, recreação e lazer, criação de espécies aquáticas, geração de energia, navegação, diluição e transporte de despejos. Ela é um dos produtos mais preciosos, embora esteja sendo tomada como privilégio, por não ser acessível a toda população. Em termos ambientais, pode-se dizer que estas últimas duas décadas foram marcadas, no Brasil, por uma crescente conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados por uma verdadeira miríade de atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer naquelas industriais. Assim, existe uma grande preocupação com a água, não só por causa da sua escassez, em algumas regiões, mas devido aos processos constantes de poluição (MEURER; SILVA, 2019; MOREIRA et al., 2019).

Diante de uma política ambiental cada vez mais severa, tem havido um foco no uso de tecnologias apropriadas e de baixo custo para o tratamento de efluentes em países em desenvolvimento. Um dos maiores custos associados com o tratamento de efluentes é a importância de substâncias químicas para o tratamento de água e outros materiais. Uma solução para este problema é a produção local das substâncias químicas de tratamento, ou materiais não convencionais localmente disponíveis. Muitos adsorventes não convencionais de baixo custo têm sido experimentados por muitos pesquisadores, tais como casca de banana, bagaço de cana-de- açúcar, serragem de madeira, casca de semente de *Moringa oleifera*, fibra de coco e casca de laranja A adsorção tem se destacado como um processo de separação principal por ser um processo com alta seletividade em nível molecular. O processo de adsorção pode ser dividido em duas principais categorias a adsorção física e adsorção química. A adsorção física é causada por forças de interação molecular que envolve dipolos permanentes e dipolos induzidos. Já a adsorção química que é a técnica abordada no presente trabalho, envolve a acumulação de substâncias em uma superfície

ou interface de grande área específica, bem como a afinidade física entre o adsorbato e a superfície do material adsorvente (PENNA; MARTINS; SILVEIRA, 2022; SANTANA; SANTOS; RESENDE, 2020), ou seja, é um fenômeno de interface onde as moléculas de uma fase fluida, gasosa ou líquida, tendem a aderir a uma superfície sólida.

Alguns metais pesados são substâncias altamente tóxicas e não são compatíveis com a maioria dos tratamentos biológicos de efluentes existentes. Dessa forma, efluentes contendo esses metais não devem ser descartados na rede pública, para tratamento em conjunto com o esgoto doméstico.

No presente trabalho, foi dada maior ênfase ao estudo da remoção dos íons Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} e Pb^{2+} em solução aquosa. Estes metais foram escolhidos por apresentarem grande toxicidade e por serem freqüentemente encontrados nos corpos receptores degradados por fontes antropogênicas.

O cádmio (Cd^{2+}) é um elemento não-essencial e altamente tóxico para plantas e animais. É mais móvel no ambiente aquático que a maioria dos outros metais pesados e pode ser removido da água por precipitação, adsorção da superfície mineral e complexado com a matéria orgânica. O cádmio na água aparece por descargas industriais e alguns desperdícios. Ele é extensamente usado em chapeamento de metais. Quimicamente, é muito similar ao zinco, e esses dois metais, freqüentemente, sofrem processos geoquímicos juntos. Seus efeitos nos seres humanos são bastante sérios por o mesmo não ser essencial para os animais. É extremamente tóxico e acumula-se nos rins e no fígado. Entre outras causas, ele provoca o aumento da pressão sanguínea, lesão no rim (SILVA NETO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

O chumbo (Pb^{2+}) é encontrado na natureza principalmente como galena (PbS). De modo geral, o chumbo presente na água é mais absorvido pelo organismo do que o chumbo presente em alimentos. Sua toxicidade é proporcional à quantidade presente nos tecidos macios, e não à quantidade que se encontra nos ossos ou sangue. O chumbo permanece no corpo humano durante vários anos, podendo assim, acumular-se no organismo (LIMA et al., 2020; MOTA et al., 2020).

O cobre (Cu^{2+}) é usado extensivamente em ligas, encanamento, fios, pinturas, cerâmicas, pigmentos, pesticidas e na indústria química. Ele é um elemento potencialmente tóxico devido ser um dos metais mais utilizados, principalmente nas indústrias elétricas, de galvanoplastia, de fertilizantes, em atividades de mineração, fundição e refino de metais, além de estar presente na composição de pigmentos fungicidas e pesticidas. A toxicidade deste metal está relacionada com a capacidade que o elemento possui de catalisar a formação de radicais livres. Em grandes concentrações, pode proporcionar efeitos tóxicos ao tecido vegetal e causar a deficiência de outros nutrientes essenciais através de interações antagonicas (AVIZ et al., 2020; FARIAS et al., 2020).

O cromo (Cr^{2+}) é um elemento traço essencial (mas também tóxico) para o ser humano. Pode ser encontrado naturalmente no solo, na poeira e gases dos vulcões. Ele é

utilizado amplamente em diversos setores da indústria, podendo-se destacar a formação de ligas de ferro- cromo, que apresentam resistência a altas temperaturas, corrosão e a corrente elétrica. Os efluentes contendo cromato possuem alto poder de contaminação, quando não são convenientemente tratados e simplesmente abandonados em corpos d'água, aterros sanitários ou mesmo lixeiras clandestinas. No presente estudo, trabalhar-se-á com dois adsorventes naturais que apresentam alta capacidade adsortiva, sendo eles: a *Moringa oleifera* e um material argiloso, utilizado para a fabricação de tijolos, no qual abaixo relacionamos algumas características destes dois adsorventes (SANTOS; COELHO; COELHO, 2021; SOUZA et al., 2020).

Os múltiplos usos da *Moringa oleifera* têm promovido significativamente sua aplicação. Ela é planta pertencente à família das *Moringaceae*, nativa da Índia e amplamente cultivada nos trópicos de todo o mundo, e favorecida para o crescimento nas vizinhanças das casas devido à sua beleza estética, como cerca e para proteção (SANTOS; COELHO; COELHO, 2021). Uma maneira para melhorar a aceitação da moringa como agente coagulante em todo o mundo, é mostrar claramente suas vantagens como coagulante convencional e aplicar tecnologia moderna para fornecer tratamento às águas poluídas a baixo custo.

Assim, como a moringa apresenta grande aptidão em adsorver metais pesados presentes em águas, estes ao interagirem com as moléculas da moringa, são retidos por sítios ativos de adsorção. Essas substâncias são ricas em grupos funcionais com cargas negativas tais como hidroxilas alcoólicas e fenólicas e ácidos carboxílicos que são justamente os sítios de adsorção dos metais em solução.

As argilas têm sido usadas pela humanidade desde a antiguidade para a fabricação de objetos cerâmicos, como tijolos e telhas e, mais recentemente, em diversas aplicações tecnológicas. As argilas são usadas como adsorventes em processos de clareamento na indústria têxtil e de alimentos, em processos de remediação de solos e em aterros sanitários. O interesse em seu uso vem ganhando força devido à busca por materiais que não agridem o meio ambiente quando descartados, à abundância das reservas mundiais e ao seu baixo preço. A possibilidade de modificação química das argilas permite o desenvolvimento do seu uso para diversos tipos de aplicações tecnológicas, agregando valor a esse abundante recurso natural.

A combinação de duas substâncias químicas diferentes também foi estudada com a mistura de dois metais simultaneamente (Cu+Pb, Cr+Cd, etc) para verificar qual a influência de cada metal sobre o seu oposito. Este fenômeno é denominado de sinergia e pode ser observado nos efeitos do lançamento de diferentes poluentes num mesmo corpo d'água.

KLEINÜBING (2006), avaliou o efeito sinérgico entre os metais chumbo, cádmio e cobre e em seguida foi feito um Planejamento centróide Simplex. Através deste método, mostrou que a composição de chumbo é variável mais significativa, maior quantidade total de remoção ocorre em maiores concentrações de chumbo. A variável composição de cádmio e cobre também apresentam um efeito significativo e positivo, assim como a

mistura dos três metais, a mistura dois a dois de Cd+Cu e Cd+Pb exercem um efeito significativo e negativo na capacidade de remoção.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Reagentes e soluções

- *Moringa Oleífera* - sementes trituradas, secas ao ar (até peso constante) e passadas em peneira 32 mesh/0,5 mm (em árvores cultivadas no Bairro Taiamam na cidade de Uberlândia-MG, no período de fevereiro a maio de 2007);
- Argila - seca ao ar (até peso constante), triturada e passada em peneira 32 mesh (peneira com malhas de 0,5 mm). Origem: Cerâmica Paranaíba localizada no município de Patos de Minas/MG;
- Soluções padrão dos metais (Cd, Pb, Cr e Cu) padrão de 1000 mg.dm⁻³ Tec-Lab/Hexis. Científica Ltda preservadas em HNO₃. Soluções diluídas a concentrações desejadas a partir da solução estoque de 1000 mg.dm⁻³.

2.2 Instrumentos e vidrarias

- Balança analítica; modelo AS200S, marca: Ohaus Corporation
- Espectrofotômetro de Absorção Atômica Varian SpectrAA 220;
- Agitador (agitação por tombamento);
- Pipeta graduada 2,0; 5,0; 10,0; 25,0; 50,0 mL - marca: Pyrex;
- Balões volumétricos de 100,0; 250; 500,0 e 1000,0 mL, marca: Pyrex;
- Béquer de 50,0 e 100,0 mL;
- Bureta 0,025 dm³;
- Tubos de ensaios devidamente vedados;
- Funil;
- Papel de Filtro de uso comercial – marca: Melita 102;
- Fita crepe;
- Cronômetro.

2.3 Ensaios com a moringa e a argila

Os ensaios de adsorção foram realizados em triplicata individualmente e na forma de misturas de metais (duplas) conforme descrito abaixo e posteriormente feito os cálculos.

1 - Efetuou-se a medida analítica da concentração da solução (pH = 6,5) do metal em estudo por espectrofotometria de absorção atômica com auxílio de uma curva de

calibração; Pesou-se a quantidade de adsorvente desejada: Moringa ou argila (trituradas, secas, peneiradas a 32 mesh) e colocou em um béquer. Com o auxílio de um funil, transferiu-se o adsorvente para um tubo de ensaio com rosca. Em seguida, adicionou-se 25,0 mL de solução na concentração desejada de 5 mg.L⁻¹ do metal (Pb²⁺, Cu²⁺, Cr²⁺ ou Cd²⁺) no tubo de ensaio contendo o adsorvente natural e fechou o tubo de ensaio. Prendeu-se o tubo na garra do agitador mecânico e agitou por tombamento a 30 rpm pelo tempo desejado em temperatura ambiente. Retirou-se o tubo da garra, decantou o adsorvente, filtrou e coletou-se uma alíquota. Determinou-se a concentração do da alíquota coletada por espectrofotometria de absorção atômica com auxílio de uma curva de calibração. Efetuaram-se os cálculos da quantidade adsorvida considerando o volume da amostra ensaiada e a quantidade em massa do adsorvente. O Cálculo da % de remoção é feito considerando a diferença entre a quantidade do metal inicial deduzida da final dividida do valor inicial e multiplicada por 100. O gráfico % de remoção versus tempo de contato da à estimativa do tempo necessário para se obter a remoção daquele metal; Na tabela abaixo estão relacionados à massa e o tempo de contato dos ensaios que foram realizados individualmente.

Massa (mg)	Tempo (min)
10	10
50	10
10	20
30	20
30	15

Tabela 1: Valores de massa e tempo experimentais obtidos nos ensaios.

Fonte: O autor (2022).

Em função da leitura e cálculo dos ensaios individuais de cada metal foi feito um planejamento das misturas (duplas) com as melhores massas e tempo em que ocorria a adsorção.

Combinações	Massa (mg)	Tempo (min.)
Cu + Cr	10	20
	50	20
Cu + Pb	30	20
	50	10
Cu + Cd	10	20
	50	10
Pb + Cr	30	20
	50	10
Pb + Cd	30	20
	50	10
Cd + Cr	10	20
	50	10

Tabela 2: Valores de massa e tempo experimentais nos ensaios feitos com as combinações (duplas).

Fonte: O autor (2022).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após as leituras feitas no espectrofotômetro, construiu-se uma curva de calibração para cada metal no intervalo de 1 a 5 mg.dm⁻³. A partir da equação de reta, pode-se calcular a concentração da solução após a agitação. A seguir relacionamos os cálculos que nos permitiram chegar à porcentagem de remoção do metal, e logo abaixo os gráficos com os respectivos resultados.

A concentração da solução utilizada para os ensaios é de 5 mg L⁻¹, ou seja, em cada 1000 mL temos 5 mg do metal. Assim podemos calcular a quantidade do metal presente em 25 mL, conforme expresso pela equação 1.

$$5,0 \text{ mg} \frac{\text{_____}}{1000 \text{ mL}}$$

$$X \frac{\text{_____}}{25 \text{ mL}}$$

$$X = (\text{massa inicial do metal presente em solução, denominada Q}) \quad (1)$$

Após a agitação e posteriormente a filtração, encontra-se o valor da absorbância que será atribuída à equação de reta ($y=ax + b$) e encontrado o valor de X que será o valor da massa em 1000 mL de solução (equação 2).

$$X (\text{conc. obtida na equação da reta}) \frac{\text{_____}}{1000 \text{ MI}}$$

$$K \frac{\text{_____}}{25 \text{ mL}}$$

$$K = (\text{massa final após processo de adsorção}) \quad (2)$$

3.1 Ensaios de adsorção para o íon (Cu²⁺)

O estudo da influência da massa e do tempo na adsorção de íons Cu²⁺ foi realizado com três diferentes massas: 10, 30 e 50 mg nas condições que foram citadas na parte

experimental. Os gráficos a seguir mostram os resultados que foram obtidos em ambos os adsorventes.

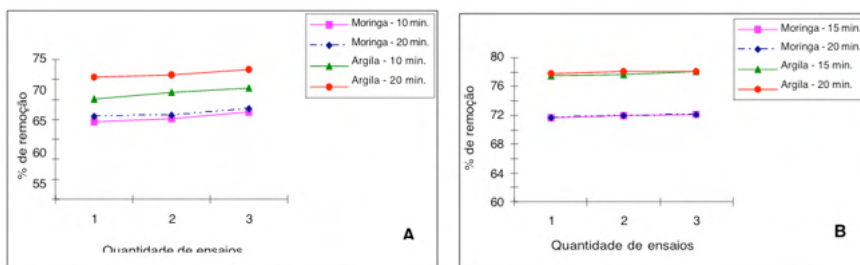


Figura 1: Porcentagem de remoção do cobre em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

A Figura 1a aponta uma melhor porcentagem de remoção para os ensaios que utilizaram à argila como adsorvente. O melhor tempo de agitação foi o de 20 minutos.

A moringa também apresentou uma boa porcentagem de remoção, porém menor que a argila. A diferença entre os tempos de 10 e 20 minutos não foi muito grande. Dessa forma torna-se mais viável fazer a agitação com um tempo menor, pois terá o mesmo efeito e menor custo. Já a Figura 1b que possui uma maior massa de adsorvente foi a que apresentou a melhor capacidade de remoção dentre todos os metais em análise. O cobre não apresenta muitos problemas em sua eficácia na adsorção e quando temos uma maior quantidade de adsorvente maior será a superfície de contato que o metal estará e conseqüentemente uma melhor adsorção. A diferença entre os tempos utilizados não demonstrou nenhuma melhora na remoção de ambos os adsorventes.

3.2 Ensaios de adsorção para o íon (Pb^{2+})

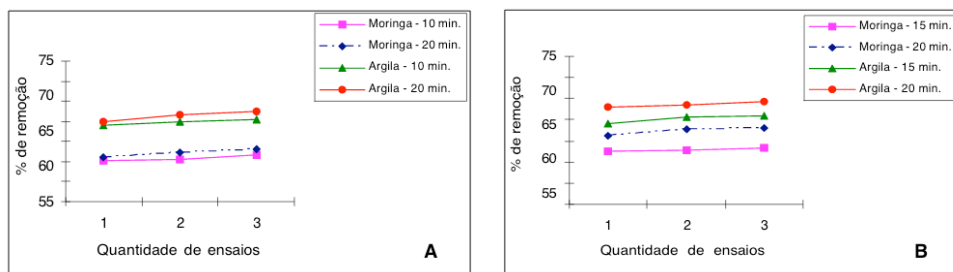


Figura 2: Porcentagem de remoção do chumbo em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg e em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

A adsorção com o íon Pb^{2+} apresentou menor capacidade de adsorção que o metal anterior. A argila, Figura 2a apresentou maior porcentagem de remoção com relação à moringa no tempo maior. A moringa removeu cerca de 50,8% (média dos 3 ensaios) no tempo de 10 min e 52,1% em 20 min. A variação foi de $\pm 1,3\%$ na remoção. Portanto não é satisfatório que varie o tempo. Nos ensaios realizados, como mostra a Figura 2b, a melhor porcentagem de remoção foi observada nos tempos maiores em ambos os adsorventes. A remoção não mostrou muita discrepância tanto para a moringa como para a argila. Assim o gráfico mostra que a diferença entre um adsorvente e outro foi quase a mesma.

3.3 Ensaios de adsorção para o íon (Cd^{2+})

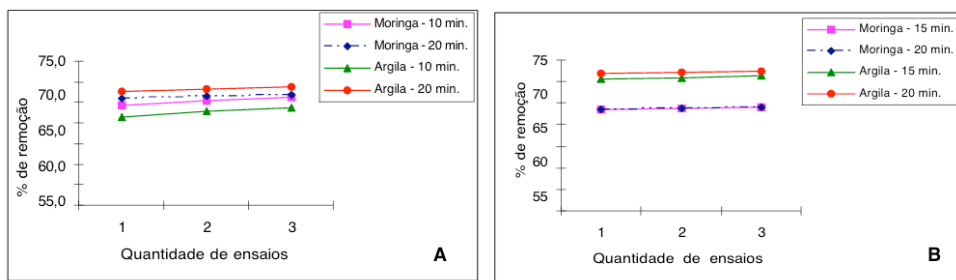


Figura 3: Porcentagem de remoção do cádmio em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos.

Fonte: O autor (2022).

O gráfico da Figura 3a aponta que tanto a moringa quanto a argila no tempo de 20 minutos apresentaram uma boa remoção. Já a argila no tempo de 10 minutos foi a que apresentou a menor capacidade de remoção. Para o gráfico da Figura 3b, a remoção da moringa nos diferentes tempos foi praticamente a mesma. Assim é melhor realizar o ensaio no menor tempo. Já a argila apresentou uma melhor adsorção com o tempo maior, porém a diferença de remoção entre as duas não é muito significativa.

3.4 Ensaios de adsorção para o íon (Cr^{2+})

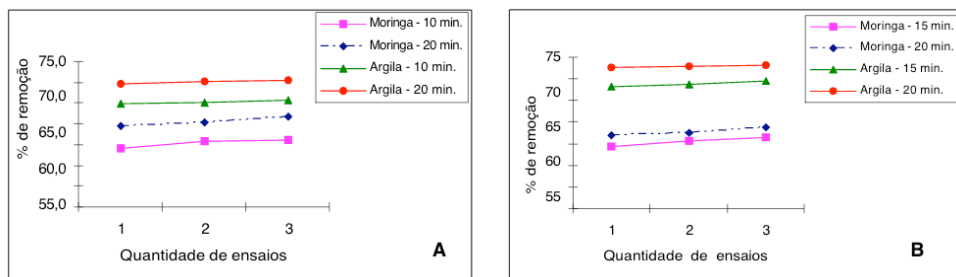


Figura 4: Porcentagem de remoção do cromo em função de três ensaios com a moringa e argila (a) 10 mg e (b) 30 mg em diferentes tempos

Fonte: O autor (2022).

O cromo foi um metal que apresentou muitos problemas durante o desenvolvimento do trabalho, porém quando o ensaio foi realizado cuidadosamente este apresentou um bom resultado. A argila foi a que apresentou maior capacidade de remoção.

3.5 Ensaios com todos os metais utilizando massa de 50 mg

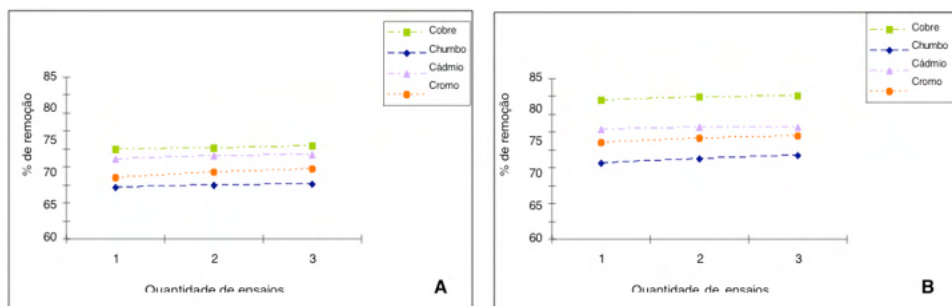


Figura 5: Porcentagem de remoção de todos os metais em função de três ensaios com a moringa e (b) argila utilizando massa de 50 mg e tempo de 10 minutos

Fonte: O autor (2022).

Como foi observado no início da discussão utilizou-se diferentes massas de adsorventes: 10, 30 e 50 mg. Devido a quantidade de adsorvente ser maior (Figuras 5(a) e 5(b)), esperava-se uma melhor resposta aos ensaios de adsorção, pois quanto maior a massa de adsorvente mais sítios ativos tem-se no processo o que pode auxiliar na remoção.

Na Figura 5a, onde utilizou-se a moringa como adsorvente, a porcentagem de remoção ficou entre 54,9% (média dos três ensaios do chumbo) e 65,3% (média dos três ensaios do cobre). Como se pode observar o metal que mais foi removido foi o cobre. O cádmio e o cromo ficaram no meio dos dois extremos (máximo e mínimo).

Já na Figura 5(b), a argila apresentou-se muito eficiente no processo, demonstrando uma maior capacidade de remoção para todos os metais. Novamente o cobre foi o metal que mais foi removido cerca de 79,6% (média dos três ensaios). A diferença entre o cádmio e o cobre foi bem maior que os demais, apontando uma diferença de aproximadamente $\pm 8,5\%$.

3.6 Ensaios realizados com as misturas (duplas)

Abaixo estão as tabelas relacionando a porcentagem de remoção das misturas.

COMBINAÇÕES	MASSA (mg)	TEMPO (min.)	Cu (%)	Cr (%)	Pb (%)	Cd (%)
Cu + Cr	10	20	48,5	35,7	---	---
	50	10	44,8	31,8	---	---
Cu + Pb	30	20	56,7	---	63,1	---
	50	10	58,6	---	66,3	---
Cu + Cd	10	20	46,5	---	---	55,2
	50	10	44,1	---	---	53,1
Pb + Cr	30	20	---	21,0	45,2	---
	50	10	---	22,4	55,7	---
Pb + Cd	30	20	---	---	53,1	59,1
	50	10	---	---	49,1	54,0
Cd + Cr	10	20	---	41,3	---	60,4
	50	10	---	43,8	---	57,2

Tabela 3: Quadro com as porcentagens de remoção das misturas (duplas) utilizando a moringa.

Fonte: O autor (2022).

Os ensaios feitos com as duplas para observar para observar o efeito sinérgico, não apresentou um bom efeito nas combinações com relação aos ensaios feitos individualmente. A dupla com melhor resultado de remoção foi o Cu + Pb utilizando a massa de 50 mg e tempo de 10 minutos. A mistura que teve menor desempenho foi a de Pb + Cr utilizando a massa de 30 mg e tempo de 20 minutos. O cromo neste ensaio quase não foi removido. Das seis combinações realizadas com a moringa o único metal que apresentou a menor capacidade de remoção foi o cromo. Desse modo, realizar combinações com este metal não é muito viável.

COMBINAÇÕES	MASSA (mg)	TEMPO (min.)	Cu (%)	Cr (%)	Pb (%)	Cd (%)
Cu + Cr	10	20	47,2	58,2	---	---
	50	10	44,1	56,4	---	---
Cu + Pb	30	20	55,4	---	62,5	---
	50	10	58,5	---	65,8	---
Cu + Cd	10	20	60,2	---	---	66,1
	50	10	61,4	---	---	68,7
Pb + Cr	30	20	---	62,1	17,3	---
	50	10	---	64,5	34,6	---
Pb + Cd	30	20	---	---	60,1	64,2
	50	10	---	---	63,4	67,1
Cd + Cr	10	20	---	56,8	---	60,9
	50	10	---	54,5	---	59,5

Tabela 4: Quadro com as porcentagens de remoção das misturas (duplas) utilizando a argila.

Fonte: O autor (2022).

Utilizando a argila como adsorvente o que apresentou melhor remoção foi a dupla de Cu + Cd e também a de Pb + Cd ambos utilizando a massa de 50 mg e o tempo de

10 minutos. O metal que apresentou melhor remoção foi o Cd nos ensaios que foram realizados com o mesmo.

4 | CONCLUSÕES

O uso de adsorventes naturais é uma alternativa viável no tratamento de efluentes, devido a fácil adsorção de íons metálicos e também por se tratar de um material de baixo custo. Os resultados abaixo demonstram as conclusões sobre cada metal. Para o cobre, a melhor massa foi de 30 mg no tempo de 20 minutos, tendo a argila como adsorvente esta apresentou uma remoção de quase 76,0%. A diferença de agitação em ambos os adsorventes não foi muito satisfatória. A melhor massa para a remoção do chumbo também foi a de 30 mg no tempo de 20 minutos utilizando a argila. Utilizando massa de 10 mg o cádmio apresentou boas porcentagens de remoção utilizando tanto a *Moringa* como a argila. Ambas ficaram acima de 60%. Porém a massa de 30 mg em ambos os tempos removeu mais do metal. O cromo foi removido com aproximadamente 74% também com a massa de 30 mg no tempo de 20 minutos. Quando utilizada a massa de 10 mg houve o patamar nas diferenças de remoção de ambos os adsorventes. Para os ensaios que utilizaram a maior massa: 50 mg no tempo de 10 minutos, o metal que mais foi removido foi o cobre. Utilizando a moringa obteve-se uma remoção 65,3% do metal acima citado, e com a argila a remoção foi de aproximadamente 79,6%. Nos ensaios feitos com duplas o resultado foi inferior aos individuais. Quando feito os cálculos para cada metal a porcentagem foi bem menor. Para os ensaios utilizando a moringa o metal que menos foi removido foi o cromo e os que apresentaram melhor remoção foram o Pb e o Cd. Já para a argila o metal que melhor foi removido foi o cádmio e o que teve menor capacidade de remoção foi o cobre.

REFERÊNCIAS

AVIZ, E. O. et al. Casca de arroz modificada com hidróxido de sódio para adsorção de cobre/ Rice husk modified with sodium hydroxide for copper adsorption. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.3, p.10461–10475, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-067>

FARIAS, C. K. D. L. et al. Adsorção de cobre presente em solução aquosa por adsorvente de casca de laranja seco e modificado com HCl/Copper adsorption present in aqueous solution by dry orange shell adsorbent and modified with HCl. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n. 12, p. 102344–102355. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-653>

LIMA, V. E. et al. Avaliação do uso de materiais residuais como adsorventes para remoção de Pb²⁺ em efluentes de laboratórios/ Assessment of the use of residual materials as adsorbents for removal of Pb²⁺ in effluent laboratories. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.12, p. 97249–97262, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n12-280>

MEURER, M. C.; SILVA, F. V. Uso de erva-mate como biossorvente de contaminantes no tratamento da água. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 10, n. 1 , p. 35-60, 2019. <https://doi.org/10.25112/rt&t.v10i1.1486>

MOREIRA, J. V. I. et al. Avaliação da Adsorção de Íons Níquel(II) e Cádmiu(II) em Quitosana, Quitosana Reticulada e Carboximetilquitosana Reticulada. **Revista Virtual de Química**, v.11, n.1, p. 237-254, 2019. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190017>

MOTA, J. D. et al. Investigação da eficiência de argila chocolate b natural e modificada na adsorção de íons chumbo avaliando os efeitos de pH e concentração. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 3, p. 823-840, 2020. <https://doi.org/10.34115/basrv4n3-006>

PENNA, I. C.; MARTINS, T. S.; SILVEIRA, J. V. W. Fibras Eletrofiadas Aplicadas na Remoção de Metais Pesados em Águas Residuárias da Mineração: uma Revisão Sistemática. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n.3, p. 415 – 426, 2022. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220088>

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R.; RESENDE, B. O. Utilização da casca de banana como biossorbente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation** , v.8, p. 143-157, 2020.

SANTOS, B. E. C.; COELHO, N. M. M.; COELHO, L. M. Avaliação do perfil cinético e do equilíbrio de adsorção de Cr(III) pelas sementes de Moringa oleifera aplicadas em sistemas aquosos. **Revista Processos Químicos**, v.15, n. 29, 2021. <https://doi.org/10.19142/rpq.v15i29.565>

SILVA NETO, H. A. et al. Adsorção em coluna de leito fixo aplicada para a pré-concentração de cádmio em amostras de água. **Scientia Plena**, v. 14, n.6, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.06420>

SILVA, M. S. G. et al. Adsorção de Cd (II) por lama vermelha natural e com diferentes ativações. **Geochimica Brasiliensis**, v.33, n. 1,p.76-88, 2019. <https://doi.org/10.21715/GB2358-2812.2019331076>

SOUZA, D. R. Et al. Evaluation of Chromo (VI) Adsorption Potential through the seed of Moringa oleifera. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e40610212591,2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12591>

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011) e em Ciências Biológicas pela Faculdade Única (2021). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de bioadsorvente para remoção dos íons As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e $\text{TiO}_2/\text{Solar}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente realiza seu segundo Estágio Pós- doutoral (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Licenciando em Física na Faculdade Única (Setembro de 2021 à Novembro de 2022), cursando pós-graduação *lato sensu* em Análise Instrumental Avançada na Faculdade Unilevyva. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$, $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) processos de alfabetização e letramento científico na área de Ciência da Natureza, em especial biologia e química.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorbato 37

Adsorção 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47

Adsorventes 35, 36, 38, 42, 44, 46

Agentes alelopáticos 3

Água 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 35, 36, 37, 38, 46, 47

Aleloquímicos 1, 2, 3, 5, 6, 7

Alface 1, 2, 4, 5, 6, 7

Ambiente aquático 37

Argila 9, 35, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Argila montmorilonita 9

B

Biomassa 1, 3, 4, 6

Biopolímeros 10

Braquiaria 1, 3

C

Cadeia produtiva 19

Cádmio (Cd^{2+}) 35, 37, 38, 43, 44, 46, 47

Chumbo (Pb^{2+}) 35, 37, 38, 42, 44, 46, 47

Cobertura vegetal 1, 2, 3

Cobre (Cu^{2+}) 35, 37, 38, 42, 44, 46

Corpos d'água 35, 38

Cromo (Cr^{2+}) 35, 37, 38, 43, 44, 45, 46

D

Degerminação 24, 25, 26, 27, 28

E

Ecotime 20, 22

Elemento traço 37

Espectrofotometria de absorção atômica 39, 40

Extratos foliares 1, 4, 5, 6

F

Farinha de milho 18, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 33

Filmes biodegradáveis 10

G

Germinação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

H

Higroscopicidade 10

Horticultura 1

I

Impactos ambientais 15

Isolado Proteico de Tilápia (IPT) 9, 11, 12, 13, 14, 15

K

Kaizen 21, 26, 32, 34

L

Lean e green 19, 22, 32, 33

Lean manufacturing 19, 20, 21, 25, 34

Lixiviação 3

M

Mapa de Fluxo de Valor (MFV) 21, 24, 28, 29, 32

Matéria-prima 19, 22, 23, 29, 32

Metais pesados 37, 38, 47

Milho 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33

Moringa oleifera 35, 36, 38, 39, 47

N

Nanoargila 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Nanoargila Montmorinólita (MMT) 11, 12

P

Palhadas 1, 2, 3

Payback 21, 27, 30, 32, 34

Peixe 10, 13, 14

Plântulas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Problemas ambientais 19

Produção enxuta 18

Produção Mais Limpa (P+L) 18, 19, 20, 25, 26, 28, 31, 32, 33, 34

R

Reaproveitamento 20, 21, 26, 27

Recurso natural 36, 38

Resíduos 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 48

Reutilizar 25

S

Sementes 1, 2, 3, 4, 5, 39, 47

Sibipiruna 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Sustentabilidade 1, 19

T

Toxicidade 35, 37

Tratamento de efluentes 36, 46

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica

2



 **Atena**
Editora
Ano 2022