



VIABILIDADE DO USO DA CASCA DA BANANA E DO CORAÇÃO DA BANANEIRA COMO BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES EM LAGO DO MUNICÍPIO DE SIDERÓPOLIS – SC

Artur Mendes Vittoria de Souza¹
Aline Resmini Melo²
Carolina Resmini Melo Marques³
Débora De Pellegrin Campos⁴
Eloiza Rossi⁵

Resumo: O uso de bioissorventes para tratamento de efluentes é relativamente novo no meio científico e o avanço nessa área de pesquisa mostra-se promissor. Sendo assim, o presente artigo visa analisar a viabilidade do uso da casca da banana e do coração da bananeira para adsorver metais como ferro e manganês de uma lagoa comprometida pela ação antrópica, a Lagoa Azul, no município de Siderópolis-SC. Os resultados mostram-se satisfatórios quanto a adsorção de ferro total, reduzindo a um terço do valor inicial, porém, a carga de manganês mostrou-se 89,65% maior, revelando o adsorvente como sendo rico nesse metal. Da mesma forma, a cor e turbidez da água tornaram-se obstáculos quando do uso único do material adsorvente. Sugere-se, para trabalhos futuros, alterar o processo de tratamento térmico, bem como o tempo de contato entre a solução e o bioissorvente, além de outros tipos de adsorventes aliados ao processo.

Palavras-chave: Bioissorventes. Casca de banana. Coração da bananeira. Adsorção. Tratamento.

1 INTRODUÇÃO

A região extremo-sul do estado de Santa Catarina é conhecida pela sua indústria carbonífera. Conforme aponta Cardoso e Rodrigues (2017), Siderópolis foi o polo nacional da extração do carvão mineral, que dentre as décadas de 40 e 90 teve a presença da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). A atividade teve papel fundamental no desenvolvimento do estado por meio da produção de energia elétrica e da própria cidade pelo fluxo migratório em vista do trabalho.

¹ Graduando em Engenharia Química, Centro Universitário UniSATC. E-mail: arturcomin123@hotmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

³ Professora do Centro Universitário UNISATC. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

⁴ Professora do Centro Universitário UNISATC. E-mail: debora.campos@satc.edu.br

⁵ Engenheira Química. E-mail: eloizarossi@hotmail.com



A Lagoa Azul, localizada em Siderópolis/SC, é uma cratera decorrente da alteração da paisagem em função da exploração de carvão na região. A última caracterização de caráter acadêmico envolvendo-a foi no ano de 2003 e, desde então, permaneceu “obsoleta”, oferecendo risco a quem queira banhar-se e até mesmo ao ecossistema circundante. A qualidade da água é o principal fator limitante a diversas medidas que tentaram ou tentam reaver o lago e torná-lo de alguma forma econômica e ambientalmente viável. Segundo Santos (2014), a lagoa possui uma grande concentração de metais pesados como ferro, níquel e manganês.

Siderópolis destaca-se pela indústria alimentícia, metalúrgica e de varejo. Segundo o SEBRAE (2019), a agropecuária abrange 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, podendo destacar a produção de hortaliças e a bananicultura.

Tendo em vista que a produção de bananas é tradicional no município, há ainda desperdício de certas partes constituintes da plantaço. Durante o processo de amadurecimento, conforme aponta Puente et al. (2020), é necessário que o coração da bananeira seja cortado. Ele é a parte normalmente vermelha/marrom que fica logo abaixo do cacho. Cortando-o permite-se que as bananas possam crescer e amadurecer. Todavia, esses corações não têm destino à indústria regional, sendo jogados no chão e enterrados para servirem como matéria orgânica, ou em outros casos, separados e servidos como alimento ao gado.

A casca da banana, por exemplo, possui atividade adsorvente já reconhecida no meio científico. Conforme demonstra Santos, Rezende e Santana (2020), a utilização dela foi eficiente na retenção de metais pesados de resíduos galvânicos, além de baixos custos para o processo e poderia até substituir o carvão ativado. Já Garbin (2018), traz que o uso da casca se tornou eficiente na remoção de 100% dos íons de manganês de amostras, indicando a possibilidade de usá-la para tratamento de águas subterrâneas contaminadas.

Entretanto, o coração da banana é pouco empregado na indústria. Sua aplicabilidade nos laboratórios para pesquisas em geral no ramo químico ou de engenharia são escassos, o que induz a necessidade de conhecê-lo melhor e discutir as possibilidades de torná-lo mais útil do ponto de vista tecnológico.

Portanto, o presente estudo visou caracterizar os rejeitos de mineração da Lagoa Azul, com relação à potencial hidrogeniônico - pH, cor, turbidez, cloro, ferro e manganês totais, bem como utilizou das cascas da banana e o coração da bananeira como adsorventes para o tratamento dos efluentes por meio de experimentos em



batelada, investigando os efeitos da concentração de adsorvente. Os gráficos foram plotados levando em consideração a comparação entre a concentração de bioissorvente aplicada e as respectivas quantidades de íons adsorvidos, cor e turbidez.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A drenagem ácida de mineração (DAM) é um problema evidente na região sul do Estado de Santa Catarina. A partir da oxidação dos rejeitos do carvão, íons sulfatos e de hidrogênio são liberados na água em contato com o material, que é rico em dissulfeto de ferro (FeS_2), conferindo baixo potencial hidrogeniônico (pH) ao meio (BIELLA et al., 2022).

Para resolver esse problema desenvolvem-se tratamentos ativos de neutralização e/ou precipitação, corrigindo o pH e retirando os metais pesados do efluente, não sendo, portanto, tão eficientes na retirada de manganês, arsênio e sulfatos. Nesse caso, a bioissorção configura como um tratamento biológico dos mais estudados visando sanar problemas semelhantes (SANTOS, 2019).

2.1 ADSORÇÃO

Conforme Martins, Rodrigues e Tavares (2023) “A adsorção pode ser definida como a interação de moléculas em um fluido na superfície de um sólido”.

Para que a adsorção ocorra da melhor forma, alguns parâmetros devem ser considerados, como as características da superfície do adsorvente e a interação com o adsorbato, a área da superfície e a carga superficial (FIYADH, et al., 2019).

Nas últimas décadas esse fenômeno vem sendo largamente empregado na mitigação de poluentes, sendo reconhecido como um processo de separação e purificação eficiente (FERNANDES, 2021), o qual não se pode deixar de mencionar o uso e estudos de vários adsorventes orgânicos – como os bioissorventes.

2.1.1 Bioissorventes

De acordo com Vagheti (2009), os adsorventes provenientes de resíduos do setor agrícola são denominados “bioissorventes”. A utilização desse material que



antes teria um descarte em rios ou aquíferos, por exemplo, pode solucionar três problemas: o próprio descarte desnecessário, remediar efluentes contaminados por substâncias tóxicas e a redução dos custos para o tratamento desses rejeitos.

Dentre os efluentes passíveis de serem tratados podem ser citados: efluentes com corantes (SILVA, 2021), remoção/recuperação de óleos em derramamentos e redução/remoção de cromo de efluentes da indústria de petróleo e gás (TODESCATO, 2019), águas residuais da indústria galvânica (SANTOS; RESENDE; SANTANA, 2020) e retirada de metais da água (MARTINS et al., 2021).

No Brasil, a legislação ambiental é observada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão responsável pela adoção de medidas consultivas e deliberativas sobre a preservação do meio ambiente no país. As Resoluções CONAMA nº 357/2005 nº430/2011 instituem padrões de qualidade para corpos de água e para lançamento de efluentes (ROCHA, 2018; BRASIL, 2011).

2.1.2 Cinética de Adsorção

Modelos cinéticos podem ser utilizados para obter informações sobre a taxa de remoção de metais pesados em um determinado sistema solvente/solução, considerando a dependência do tempo de contato e agitação (GUILHEN, 2018).

Um dos modelos cinéticos mais utilizados foi proposto por Lagergren (1898) e intui que a taxa de remoção do adsorbato e a diferença da concentração da saturação e o número de espaços adsorventes sejam proporcionais.

A mensura da adsorção também pode ser feita por isotermas. Maia et al. (2020) estabelece a adsorção em termos de equilíbrio em que discorre sobre o produto do inverso da densidade do adsorvente pela diferença entre a concentração final e inicial da substância (adsorbato), dada pela Eq. 1:

$$q_t = \frac{V(C_i - C_f)}{m} \quad (1)$$

Onde:

q_t : capacidade de adsorção do metal no adsorvente (mg/g);

V : volume do adsorvente (L);

C_i : concentração inicial do metal (mg L⁻¹);



C_f: concentração final do metal (mg L⁻¹);

m: massa do adsorvente (g).

2.2 BANANA

A região sul é responsável por 14,77% da produção frutífera nacional e 15,32% da produção de banana no mesmo âmbito, sendo que destes 15,32% a região sul é responsável por 69,69%, confirmando o Estado de Santa Catarina como um dos maiores produtores do Brasil (PEREIRA, 2019).

Em 2021, Santa Catarina foi o quarto estado que mais produziu a fruta, com um rendimento médio de 23195 kg/ha, gerando 708983 toneladas. Percebe-se, no entanto, que existe forte concentração da produção no litoral devido ao clima e condições propícias (IBGE 2021).

2.2.1 O uso da banana como bioissorvente

Segundo Boniolo (2008), a casca de banana atua como um adsorvente, onde, uma vez que é colocada na água, os metais ou compostos orgânicos do meio aquoso aderem-se a sua superfície. Segundo Gopakumar et al. (2018), a casca da bananeira é capaz de remover 79,72% da turbidez, 88,24% dos sólidos e 61,01% dos cloretos em água de lago. Normalmente não se tem destino próprio e acaba sendo descartada.

2.3 A ÁGUA DE MINERAÇÃO

Guedes e Oliveira (2020) afirmam que a água da mineração pode ser dividida em 3 formas distintas, que não necessariamente provém de um único local para ser usada. São as superficiais, subterrâneas e recicladas.

Em Siderópolis, a água analisada é do tipo superficial com a atividade de exploração do carvão a céu aberto extinta há mais de 3 (três) décadas e pertence a lagoa formada pela lavra cuja localização pode ser determinada pelas coordenadas E: 654.014,492 m e N: 6.836.349,222 m. As informações e a área total do corpo hídrico podem ser observadas na Fig.1.

Figura 1: Mapa da Lagoa Azul (Siderópolis-SC).



Fonte: Governo Municipal de Siderópolis (2022)

Sabendo que as últimas análises de água encontradas da lagoa na literatura foram feitas há duas décadas, Silvano (2003) mensurou e elencou os dados que podem ser observados conforme a Tab.1, que estabelece a relação dos valores encontrados experimentalmente com o padrão do CONAMA (2011):

Tabela 1: Dados das análises da água da Lagoa Azul.

Característica	Valor encontrado experimentalmente	Padrão CONAMA (2011)	Conclusão
Dureza	429 mg/L CaCO ₃	>300mg/L	Muito dura*
Condutibilidade elétrica	675 µS/cm	--	--
Oxigênio dissolvido	7,2 mg/L	5,0 mg/L	Favorável à biota, conforme parâmetros do CONAMA
Potencial Hidrogeniônico	6,8a	6,0 a 9,0	Dentro dos parâmetros do CONAMA
Sulfato	458 mg/L	250 mg/L	Muito acima dos parâmetros do CONAMA
Cromo	menor que o mínimo detectável	0,05 mg/L	Dentro dos parâmetros do CONAMA
Ferro	0,46 mg/L	0,3 mg/L	Acima dos parâmetros do CONAMA
Manganês	3,9 mg/L	0,1 mg/L	Muito acima dos parâmetros do CONAMA
Níquel	0,04 mg/L	0,025 mg/L	Acima dos parâmetros do CONAMA
Zinco	0,07 mg/L	0,18 mg/L	Dentro dos parâmetros do CONAMA

Fonte: Adaptado de Silvano (2003)

*Brasil (2013).

Segundo o Ministério da Saúde (2006), águas com dureza elevada reduzem a formação de espuma, o que implica na reação dos xampus e sabões, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente. Todavia, estudos indicam que a ingestão desse tipo de água contribui para uma menor incidência de doenças

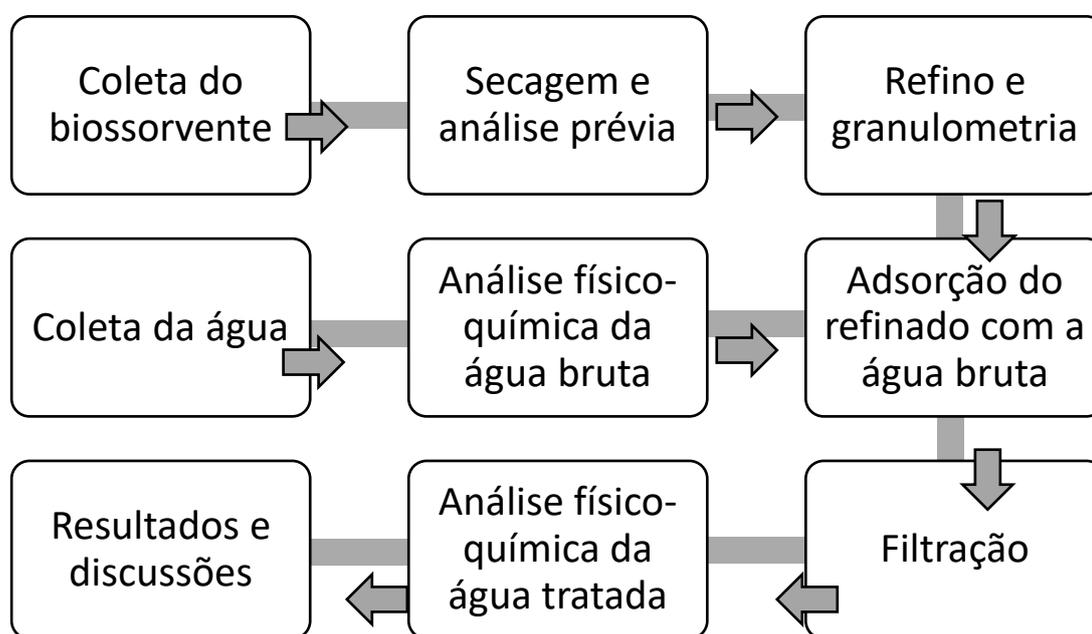
cardiovasculares. Já na natureza, corpos hídricos de baixa dureza são mais sensíveis à toxicidade de outros elementos.

Ainda, conforme o departamento, íons como ferro e manganês podem provocar manchas em roupas e vasos sanitários, bem como prejudicar indústrias. Não obstante, os micropoluentes como cromo, cobre e níquel, além de tóxicos, participam do fenômeno da biomagnificação.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste capítulo estão apresentados os métodos e as quantidades necessárias para a execução do procedimento. A metodologia usada foi baseada nos estudos de Garbin (2018) e Boniolo (2008). O fluxograma do processo pode ser verificado conforme a Fig. 2.

Figura 2: Etapas do procedimento experimental.



Fonte: Do autor (2023)



3.1 COLETA DO BIOSSORVENTE

As bananas e os corações advieram de doação da comunidade do Montanhão, Siderópolis. Foram acondicionados em sacas de juta e separados antes da entrada em laboratório.

3.2 SECAGEM E ANÁLISE PRÉVIA

As cascas de banana e o coração da bananeira foram cortadas em tamanhos semelhantes de 1 cm x 1 cm. Foram determinadas a densidade do material e a gramatura (Eq. 2 e Eq. 3). Após a obtenção dos dados, as cascas foram colocadas na estufa por 48 h a 100 °C para a secagem. Os testes foram realizados em duplicata no Laboratório de Química II do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário UNISATC.

$$\rho = \frac{m}{C * L * E} \quad (2)$$

$$G = \rho * E \quad (3)$$

Onde:

ρ = densidade (kg/m³);

m = massa da amostra pesada (Kg);

C = comprimento da amostra (m);

L = largura da amostra (m);

E = espessura da amostra (m).

G = gramatura do material (kg/m²).

3.3 O REFINO

As cascas foram refinadas no Laboratório de Química II do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário UNISATC usando almofariz e pistilo, de modo que tivessem o tamanho reduzido e logo após peneiradas em peneira



granulométrica de 8 *mesh*. O objetivo foi obter aproximadamente 50 g de casca de coração de banana e 50 g de casca de banana.

3.4 A COLETA DA ÁGUA

A água foi coletada com auxílio de barbante lançando uma garrafa politereftalato de etileno (PET) de 5 L, limpa e seca, da parte mais externa do lago para o centro. Em seguida foi refrigerada em geladeira até 2 °C por no máximo 48 h, de modo que se iniciaram as primeiras análises. Seu transporte foi em bolsa térmica.

3.5 A ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA BRUTA

A análise físico-química primária foi realizada no Laboratório de Química II do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário UNISATC analisando o pH, a turbidez e o teor de cloro por um pHmetro da marca Quimis e um espectrofotômetro Pharo 100 da marca Merck, ambos em duplicata. Uma fração da amostra de cerca de 120 mL foi encaminhada para o Laboratório de Águas e Efluentes – Laqua do Centro Tecnológico SATC para determinação da concentração de Ferro total e Manganês total usando a metodologia SMWW, 23ª Edição, Método 3120 B / PO-248.

3.6 ADSORÇÃO DO REFINADO COM A ÁGUA BRUTA

A água bruta foi misturada com os biossorventes no Laboratório de Química II do Curso de Engenharia Química do Centro Universitário UNISATC em dois béqueres de 500 mL, contendo 400 mL de água cada. Cada qual recebeu 4 g (concentração de 10 g/L) de cascas tratadas, de banana no primeiro, e de coração da bananeira no segundo, ficando ambos em repouso por 1 h. Outros dois béqueres receberam 10 g (concentração de 25 g/L) de cada material separadamente, também em repouso por 1 h. Totalizaram-se 4 amostras tratadas.

Após o repouso de uma hora, cada mistura foi filtrada usando filtro de papel de faixa lenta.



3.7 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA TRATADA

A segunda análise físico-química iniciou-se ainda no Laboratório de Química II do Centro Universitário UNISATC, avaliando novamente o pH, teor de cloro e turbidez.

Assim como na água bruta, as amostras tratadas com 4 g e 10 g foram encaminhadas para o Laboratório de Águas e Efluentes – Laqua, do Centro Tecnológico da SATC para análises de Ferro total e Manganês total.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são demonstradas as tabelas e figuras obtidas pelo procedimento, dadas as importâncias de cada etapa.

4.1 DA ÁGUA BRUTA

A Tab. 2 mostra os resultados da água bruta.

Tabela 2: Características da água bruta comparadas à Resolução CONAMA (2011).

Dados obtidos		Padrão CONAMA (2011)	Relação
pH	9,38	6,0 a 9,0	Fora do padrão
Turbidez	27,4 UNT	40 UNT	Conforme padrão
Cloro	Não detectado	0,01 mg/L	Conforme padrão
Cor	5,6 Hazen	75 Hazen	Conforme padrão
Ferro total	0,326 mg/L	0,3 mg/L	Fora do padrão
Manganês total	0,728 mg/L	0,1 mg/L	Fora do padrão
Sulfatos	269,82 mg/L	250 mg/L	Fora do padrão

Fonte: Do Autor (2023)

Atendo-se aos íons, a quantidade de sulfatos, ferro e manganês encontram-se acima dos padrões do CONAMA (2011).

Se considerada potabilidade, segundo BRASIL (2013), a turbidez deveria ser menor que 1,0 FAU e a cor menor que 15 Hazen, o que naturalmente tais parâmetros não são encontrados na lagoa.



Com relação ao pH, por se tratar de uma antiga lavra de carvão, mostrou-se básico, contrariando o que a literatura prevê. Todavia, a lagoa encontra-se muito próxima a mata atlântica ombrófila densa e uma comunidade com moradias irregulares. Uma das hipóteses que buscam explicar o fenômeno da basicidade é o efluente da máquina de lavar, uma vez que sabão em pó possui pH elevado (pH = 11) e não se garante que a água de saída dos aparelhos seja tratada antes de ser despejada. Outra hipótese se dá pelo o processo de lixiviação do solo, uma vez que por se tratar de uma região com chuvas frequentes, a “lavagem do solo” faz com que haja aumento na concentração de carbonato (CO_3^{2-}) (Miranda e Avelar, 2018).

4.2 DENSIDADE E GRAMATURA DO MATERIAL

A Tab. 3 possui os valores laboratoriais encontrados de densidade e gramatura da banana e do coração da mesma.

Tabela 3: Características físicas das cascas *in natura*.

	Banana	Coração da banana
Densidade	1722,35 kg/m ³	899,24 kg/m ³
Gramatura	5,17 kg/m ²	0,90 kg/m ²

Fonte: Do Autor (2023)

Percebeu-se que os valores de densidade para a casca de *banana in natura* foram maiores que o padrão de água (1000 kg/m³). Isso foi constatado tardiamente, mesmo após o processo, que a tendência das cascas de banana refinadas era precipitar nos béqueres. O contrário foi observado ao coração de banana, que da mesma forma permaneceu com densidade menor, e por sua vez, teve tendência de sobrenadar.

4.3 TRATAMENTO COM CASCAS DE BANANA

A Tab. 4 mostra o tratamento feito com cascas de banana em baixa (10 g/L) e alta concentração (25 g/L), pelos quais evidencia e compara os resultados obtidos laboratorialmente e devidamente compilados.

Tabela 4: Características da água tratada com cascas de bananas em concentração de 10 g/L e 25 g/L.

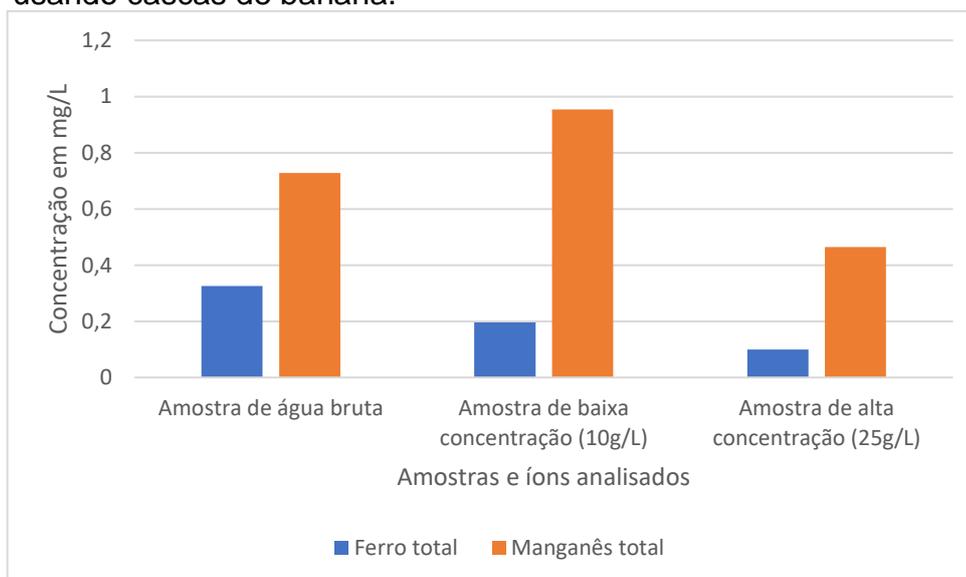
Características da água tratada com cascas de bananas em concentração de 10 g/L			
Cor	> 100 Hazen	Ferro total	0,196 mg/L
Cloro	Não detectado	Manganês total	0,954 mg/L
Turbidez	30 FAU		

Características da água tratada com cascas de banana em concentração de 25 g/L			
Cor	> 100 Hazen	Ferro total	<0,1 mg/L
Cloro	Não detectado	Manganês total	0,465 mg/L
Turbidez	> 100 FAU		

Fonte: Do Autor (2023)

A Fig. 3 compara os valores obtidos entre as tabelas anteriores.

Figura 3: Comparação entre os resultados obtidos com o tratamento usando cascas de banana.



Fonte: Do autor (2023)

Avaliando os parâmetros principais de ferro e manganês totais, percebeu-se um comportamento inversamente proporcional, quanto maior a concentração de cascas utilizadas, menor era a concentração de ferro total.

Porém, enquanto o ferro total decrescia, o manganês total aumentava de forma diretamente proporcional. Essa explicação pode ser dada por Leobet (2016), que mensura a quantidade de manganês na casca e cinza da casca de banana em $55,56 \pm 2,98$ e $410,84 \pm 12,19$ mg kg⁻¹ respectivamente. Atreladas às concentrações,

tornou-se plausível que a quantidade de magnésio tenha aumentado. Outro detalhe, é que o manganês é um micronutriente necessário para o desenvolvimento da fruta. Segundo a Yara Brasil S.A (2023), a deficiência do manganês pode causar uma doença vegetal chamada clorose.

Outra possível justificativa é a afinidade do íon ferro pelo sítio ativo e competitividade com o manganês, fazendo que haja o efeito contrário para o segundo, já que, segundo Cossich (2000), o desempenho da biossorção pode se dar por alguns fatores, entre eles, a competitividade pelo mesmo sítio de ligação, de materiais orgânicos em solução, ou até mesmo de produtos metabólitos da célula em solução (viva, morta ou beneficiada).

Além da observação dos íons, foi verificado um problema: a cor e a turbidez da água tiveram valores extremamente incompatíveis com o requerido para a potabilidade, demonstrando que nesse quesito o tratamento não obteve a finalidade desejada. A aparência da água tratada pode ser verificada pela Fig. 4.

Figura 4: Cor e turbidez da água bruta após o tratamento com cascas de banana em ambas as concentrações.



Fonte: Do autor (2023)

O padrão de cor obtivo demonstra a existência de extrato ainda presente na casca, mesmo submetido por 48h à 100°C. Padrões de aumento na cor e turbidez também foram encontrados em outros artigos, embora as metodologias fossem diferentes, como no exemplo de Filho et al. (2019), em que o uso da casca da banana aumentou para 15 uH (unidade Hazen) a cor aparente da água, enquanto de Franqueto (2020) houve valores acima de 100 uH.



Para corrigir o efeito, pode-se apostar em novas tecnologias como os biocoagulantes, como a quitosana ou taninos (tipo *tanfloc*), uma vez que são abundantes e são matéria relativamente barata e comum na região, mantendo o ideal de tratamento por via biológica (Júnior e Abreu, 2018). Outrossim, poder-se-ia apelar para o tratamento térmico mais eficiente, tornando definitivamente as cascas em cinzas ou até mesmo biochar, porém, isso requereria maior gasto energético.

4.3.1 Dos resultados da literatura envolvendo a casca da banana

Santana, Santos, Resende (2020) utilizaram as cascas de banana para realizar a adsorção de metais pesados da indústria galvânica, mesmo em altas concentrações, chegando à conclusão sobre a possibilidade de substituição do uso do carvão ativado para realizar esse tipo de tratamento, reduzindo os problemas ambientais decorrentes da extração carbonífera.

Almeida e Santos (2020) utilizaram as cascas de banana para a adsorção de gasolina, apresentando um bom potencial pelo Modelo de Sips. A redução de efluentes atingiu de 77,28% a 100% com frações volumétricas de gasolina entre 0,05 e 0,3. Além disso, resultados de pseudo-segunda ordem atingiram 1,91g de gasolina/g de adsorvente.

A partir da farinha de casca de banana, Silva et al (2020) concluiu que o material é um bioadsorvente promissor para a remediação de cobre (Cu) em meio aquoso, com máxima saturação de 15,1mg de Cu (II)/g de farinha, o que é considerado um alto rendimento. Projeto semelhante também foi desenvolvido por SANTOS (2019) para tratar resíduos gerados após o desastre de Mariana. A fruta em questão mostrou desempenho rápido e eficiente na adsorção de íons chumbo (Pb) (II) e Cu (II), sendo que nos primeiros trinta minutos de processo cerca de 60% do material já tinha sido adsorvido, e ao final, resquícios de não adsorvidos foram próximo a zero.

Além de promover a retirada de íons pesados do meio aquoso, percebe-se a melhora na turbidez da água, mesmo que se precisem de mais análises. (FRANQUETO, 2020).

4.4 DO TRATAMENTO DE CASCAS DO CORAÇÃO DA BANANEIRA

A Tab. 5 demonstra o tratamento feito com cascas de coração de bananeira em baixa concentração (10 g/L).

Tabela 5: Características da água tratada com cascas de coração de bananeira em concentração de 10 g/L e 25 g/L.

Características da água tratada com cascas de coração de banana em concentração de 10 g/L

Cor	> 100 Hazen	Ferro total	0,205 mg/L
Cloro	Não detectado	Manganês total	0,725 mg/L
Turbidez	> 100 FAU		

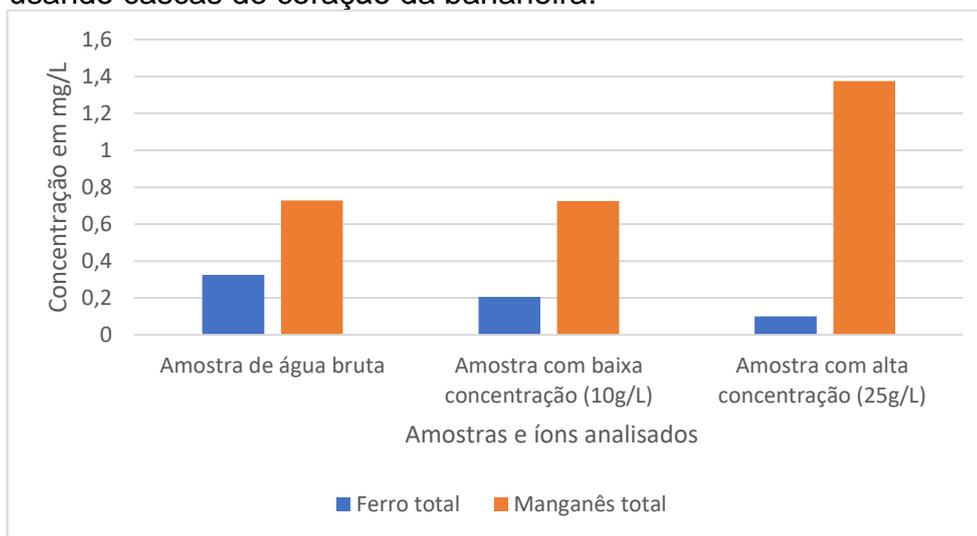
Características da água tratada com cascas de coração de bananas em concentração de 25 g/L.

Cor	>100 Hazen	Ferro total	<0,1 mg/L
Cloro	Não detectado	Manganês total	1,375 mg/L
Turbidez	>100 FAU		

Fonte: Do Autor (2023)

A Fig. 5 elucida a comparação entre os resultados obtidos.

Figura 5: Comparação entre os resultados obtidos com o tratamento usando cascas do coração da bananeira.



Fonte: Do Autor (2023)

Percebe-se que para a casca de coração de bananeira o padrão do tratamento se repetiu, com eficiência muito semelhante ao da casca da banana.

Todavia o problema da cor e turbidez tornaram-se evidentes de forma mais acentuada que a anterior, conforme pode ser observado pela Fig. 6.

Figura 6: Cor e turbidez da água bruta após o tratamento com cascas de coração de bananeira em ambas as concentrações.



Fonte: Do Autor (2023)

Uma das hipóteses que visa explicar o fenômeno é o líquido encontrado durante a manipulação do coração, de aspecto pegajoso, reagindo com as luvas, e até mesmo passível de manchar tecidos. Segundo Silva et. al. (2004) à medida que a banana amadurece há a liberação de carotenoides, substâncias responsáveis pela coloração amarelada/alaranjada. Desse modo, deduz-se que o amadurecimento do coração e o tratamento térmico leve foram responsáveis por conservar e concentrar a substância no órgão da planta, e que uma vez cortado e colocado em contato com a água, foi capaz de pigmentá-la de forma evidente.

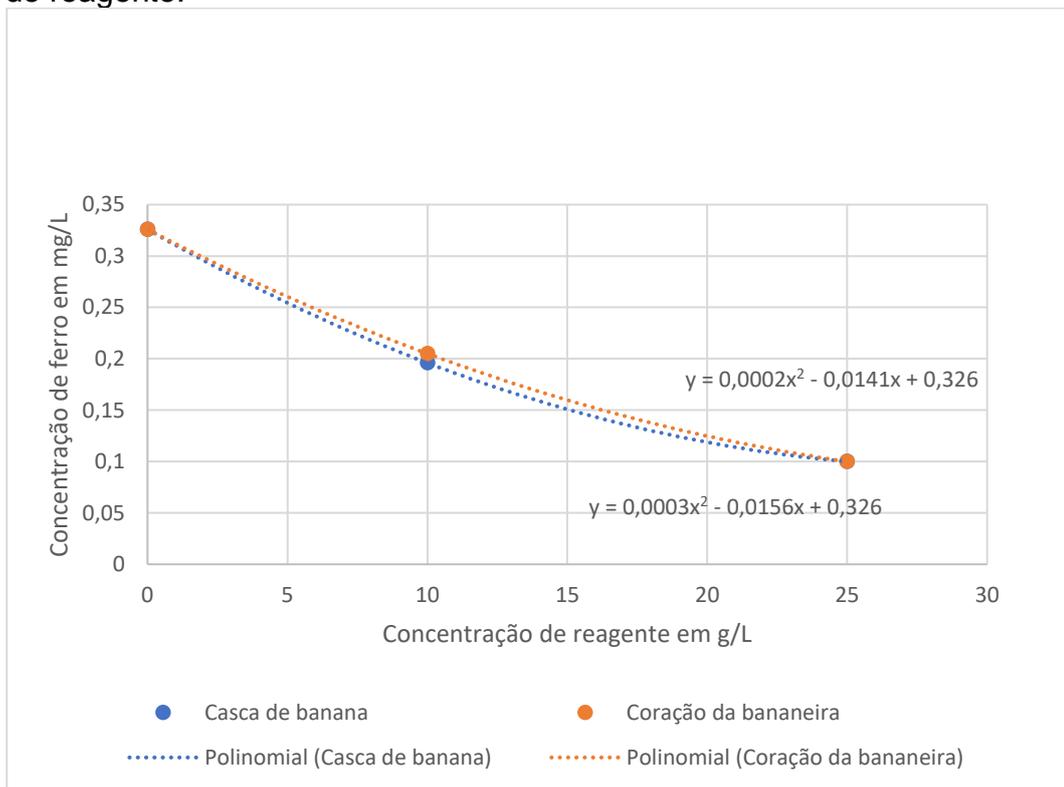
A correção para o problema poderia seguir as mesmas orientações que o tratamento anterior. Entretanto, são poucos os registros científicos que apontam para o uso da casca do coração da bananeira para este fim, o que requereria mais estudos sobre o material.

4.5 DA TAXA DE REDUÇÃO DE FERRO.

A Fig. 7 mostra o comparativo entre a redução de ferro de ambos os tratamentos, uma vez que este foi o único parâmetro reduzido no pós-tratamento das amostras. O gráfico busca avaliar a relação existente entre a concentração final de

ferro total com a concentração de reagente utilizado, uma vez que por critérios de padronização, a amostra mais concentrada equivalia a 2,5 vezes a concentração da amostra menos concentrada.

Figura 7: Taxa de redução na concentração de ferro total por concentração de reagente.



Fonte: Do Autor (2023)

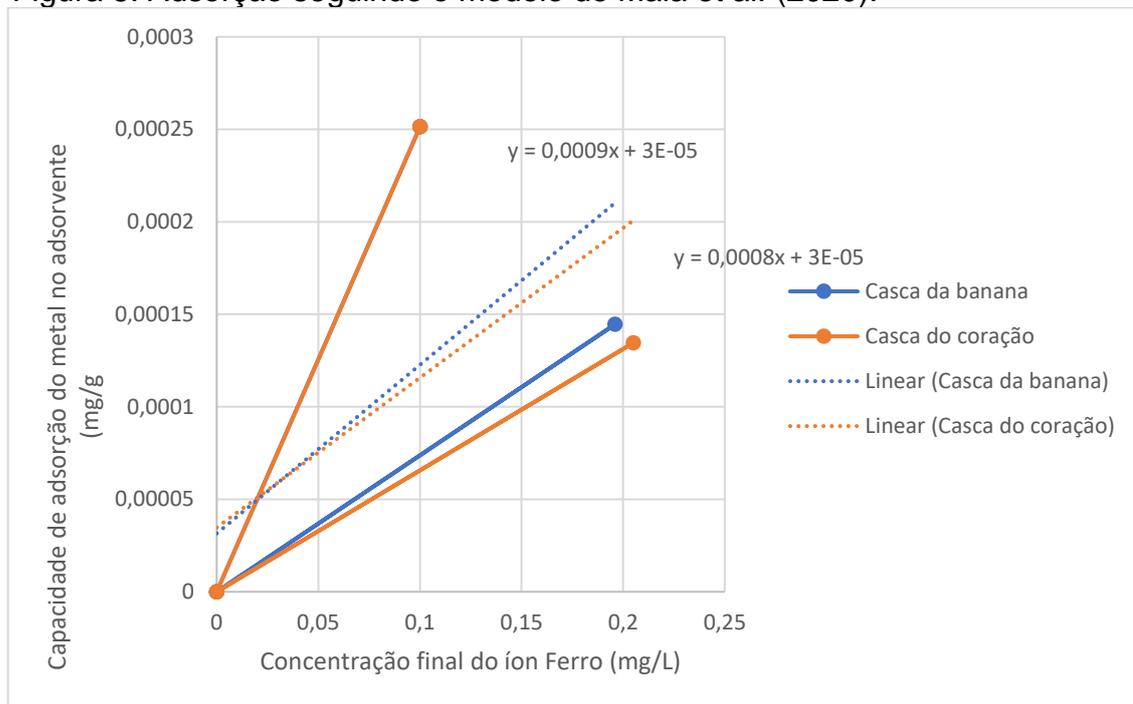
Com a redução em taxas praticamente semelhantes, observa-se que por se tratar da mesma planta, em partes diferentes dela, o padrão de redução do ferro mediante o tratamento observado é quase o mesmo, não havendo mudanças significativas em escala laboratorial.

4.6 ADSORÇÃO SEGUNDO MODELO DE MAIA ET AL. (2020)

Usando a Eq. (1) foi possível plotar o gráfico contido na Fig. 8, que estabelece a mensura da adsorção de equilíbrio a partir do modelo proposto por Maia et al. (2020), que leva em consideração a concentração final de íon (mg/L) como variável principal da capacidade de adsorção do metal no material (em mg/g).

A figura evidencia que quanto menor a concentração final do ferro, maior era a capacidade de adsorção do metal no adsorvente. Essa relação foi obtida pela concentração de 25 g/L de adsorvente de ambas as amostras. Já para as concentrações de 10 g/L, avaliando-se a linha de tendência entre elas, denota-se que a capacidade adsorptiva de ambos os biossorventes foram semelhantes para o íon em questão, com uma diferença de $0,005729574^0$ entre si, importando pouco na dinâmica de escolha do material sob essa análise.

Figura 8: Adsorção seguindo o modelo de Maia et al. (2020).



Fonte: Do Autor (2023)

Para Mondal et al. (2013), para que a molécula contaminante seja retirada da solução, ela deve passar por quatro etapas: (a) migração de moléculas contaminantes da solução para a superfície do adsorvente por difusão; (b) difusão de moléculas contaminantes através da camada limite até a superfície adsorvente; (c) o transporte do contaminante superficial aos poros da partícula; e (d) a adsorção do contaminante em um sítio ativo na superfície do material por reação química (podendo ser de forma iônica, quelação ou até mesmo complexação).

Analogamente ao exposto, a equação utilizada para relacionar as medidas, portanto, conseguiu mensurar apenas os passos a e d, que representam as etapas inicial e final do procedimento experimental adotado.



5 CONCLUSÃO

O presente artigo elucidou o uso da casca da banana e do coração da bananeira como bioissorventes de íons ferro e manganês da Lagoa Azul, localizada no município de Siderópolis-SC, Brasil.

A água do corpo hídrico apresentava valores de pH, turbidez, ferro total, manganês total e sulfatos fora do padrão estabelecido pelo CONAMA (2011).

Ambos os tratamentos se mostraram eficientes única e exclusivamente para a adsorção de íons ferro, com eficiência na taxa de remoção de mais de 69,3%.

Para o íon manganês o efeito foi o contrário: as taxas de concentração do íon foram maiores, demonstrando que o material possui na sua composição o próprio metal, alcançando um aumento na concentração de cerca de 89,65%, mostrando-se um resultado altamente insatisfatório.

Um dos principais problemas encontrados durante os experimentos foram as alterações bruscas na cor e turbidez, sendo mais fracas para as cascas de banana. Da mesma forma, a escassez de dados sobre a inflorescência usada como adsorvente ou aplicada a inovações tecnológicas no campo da engenharia química ou áreas correlatas tornaram-se obstáculo, ao mesmo passo que o fato alude a uma área promissora na pesquisa científica, denotando que há muito ainda a ser descoberto sobre materiais em questão.

Seguindo o raciocínio ecológico, poderiam ser testados concomitantemente biocoagulantes – fornecendo de forma barata um tratamento alternativo, ou até mesmo promover por via de um tratamento térmico mais eficiente as cinzas do material, como mostra a literatura. Sugerir-se-iam para trabalhos futuros alternar de igual forma as concentrações ou a temperatura e tempo de tratamento dos bioissorventes, tendo-se em vista que são abundantes na região e não possuem muita finalidade industrial ou econômica, senão mesmo natural. Ater-se ao fator econômico, sobretudo no que diz respeito a economia da energia foi um dos pontos principais no que tangeram as boas práticas de procura e desenvolvimento tecnológico no presente artigo.

Em geral, o procedimento obteve índices satisfatórios para a remoção do íon ferro da água, mas não para o íon manganês e demais parâmetros observados, sendo necessários mais estudos sobre o tema.



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Natália Pazin; SANTOS, Kássia Graciele dos. Ensino do Laboratório de Engenharia Química baseado em projeto: adsorção de gasolina empregando casca de banana. **Research, Society and Development**. v.9, n. 3, e184932716, 2020. Disponível em <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/2716/2722>>. Acesso em 16 nov. 2023.

BIELLA, Amanda Casmierchcki; CAMPOS, Débora De Pellegrin; FARACO, Morgana Nuernberg Sartor; BROLESI, Tatiani Malgarise; AQUINO, Thiago Fernandes de. Ensaio estáticos e cinéticos para a minimização dos efeitos da drenagem ácida de mina na mineração de carvão com cinzas de fundo de termoelétrica. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v 14. n 13. 2022. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/20555/209209216929>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BONIOLO, Milena Rodrigues. **Biossorção de urânio nas cascas de banana**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-19082009-155206/publico/MilenaRodriguesBoniole.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. Brasília, DF: FUNASA, 2013. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Vigilância e Controle de Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2006. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 2011. Disponível em: <https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf>. Acesso em 12 mai. 2023.

CARDOSO, Michele Gonçalves; RODRIGUES, Elaine. Indústria Carbonífera em Siderópolis: reflexões e disputas em torno dos patrimônios da Companhia Siderúrgica Nacional. **FACES DA HISTÓRIA**. Assis-SP, v.4, nº,1. Disponível em <https://seer.assis.unesp.br/index.php/facesdahistoria/article/view/404/378>>. Acesso em: 20 de mar. 2023.



COSSICH, Eneida Sala. **Biossorção de cromo(iii) pela biomassa da água marinha Sargassum sp.** 154 f. Tese de doutorado em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2000. Disponível em <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Cossich_EneidaSala_D.pdf>. Acesso em 02 nov. 2023.

FERNANDES, Sabrina Gabrielle da Silva. **Materiais adsorventes e suas aplicações: uma revisão bibliográfica.** 52 f. Monografia para Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2021. Disponível em <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/8036/1/SabrinaGSF_MONO.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

FILHO, Edmilson Dantas da Silva; SILVA, Aldeni Barbosa da; GONZAGA, Francisco de Assis da Silveira; SENA, Wiliane Maria de Menezes; ARAÚJO, Natália Souto De; CARACOL, Maria Da Conceição Silva De Melo; DUARTE, Marco Tullio Lima. Utilização de casca de banana como tratamento físico-químico da água de um poço tubular localizado na zona urbana do município de lagoa seca-pb. **South American Journal.** V. 6, n. 1, p.327-340, 2019. Universidade Federal do Acre. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2268/1559>. Acesso em 15 out. 2023.

FRANQUETO, Rafaela. O uso de farinha de cascas de banana e de cascas de pinhão para a remoção da cor e turbidez de água de abastecimento por meio de adsorção. **Revista de Engenharia e Tecnologia.** V.12, No. 1, p. 173-177, Abr/2020. ISSN 2176-7270. Disponível em <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/14403/209209213140> . Acesso em 18 out. 2023.

FIYADH, Seef Saadi; ALSAADI, Mohammed Abdulhakim; JAAFAR, Wan Zurina; ALOMAR, Mohamed Khalid; FAYAED, Sabah Saadi; MOHD, Nuruol Syuhadaa; HIN, Lai Sai; EL-SHAFIE, Ahmed. Review on heavy metal adsorption processes by carbon nanotubes. **Journal of Cleaner Production.** v. 230, p. 783-793. 2019. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652619316804?token=C26BDD0E108968D209166AE20CC08EFA9BE9AA1FE093E3C0657ECAB50D6DE42F51BF582C6429688F4658529D7B3C9F19&originRegion=us-east-1&originCreation=20230427161450>. Acesso em: 27 abr. 2023.

GARBIN, Beatriz. **Adsorção de manganês de águas subterrâneas em cascas e biochar de banana.** 2018. 42 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7048/1/adsorcaomanganesaguassubterraneas.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2023.

GOPAKUMAR, Abhijith; NARAYANA, Rakesh; NAGATH, Sidharth Ajay; NISHANTHAN, P.; RAZIM, Mohammed S.; SMITHA, Chandran S. Waste Water Treatment Using Economically Viable Natural Adsorbent Materials. **ScienceDirect.** Elsevier Ltd. 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1-s2.0-S221478531831201X-main.pdf> Acesso em: 11 mai. 2023.



GUEDES, Higor; OLIVEIRA, Samuel. Água e Mineração. **MineraJr**. 2020. Disponível em: <https://minerajr.ufop.br/blog.agua_e_mineracao.html>. Acesso em: 11 mai. 2023.

GUILHEN, Sabine Neusatz. **Síntese e caracterização de biocarvão obtido a partir do resíduo de coco de macaúba para remoção de urânio de soluções aquosas**. 2018. 324 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-13092018-144036/publico/2018GuilhenSintese.pdf>. Acesso em 17 abr. 2023.

IBGE. **Produção de banana**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/sc>. Acesso em 18 abr. 2023.

JUNIOR, Raimundo Nonato Lima; ABREU, Flávia Oliveira Monteiro da Silva. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. **Revista Virtual de Química**. 2018. Disponível em: <<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v10n3a20.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2023.

LAGERGREN, Sten. About the theory of so-called adsorption of soluble substances. **Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar**. Band, v. 24, n.4, p.1-39, 1898.

LEOBET, Jaqueline. **Casca de banana (Musa cavendishii) como fonte de energia e caracterização do resíduo mineral fixo**. 101 f. Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós Graduação em Ciências dos Alimentos da Universidade Federal do Estado de Santa Catarina. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/169213/342126.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 15 out. 2023.

MAIA, Luiz Fernando Oliveira; SANTOSA, Mayra Soares; ANDRADE, Thainá Gusmão; HOTTA, Rodrigo de Carvalho; FÁRIA, Márcia Cristina de; OLIVEIRA, Luiz Carlos Alves; PEREIRA, Márcio César; RODRIGUES, Jairo Lisboa. Removal of mercury(II) from contaminated water by gold-functionalised Fe₃O₄ magnetic nanoparticles. **Taylor & Francis Group**. Environmental Technology 2020, v. 41, n. 8, 959–970. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09593330.2018.1515989?needAccess=true&role=button>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

MARTINS, Bruna Eduarda Bueno; MOURA, Camila Welzel; OLIVEIRA, Lucilene Lösch de; MELO, Natiele Michels; KNEBELKAMP, Pricila; RHODEN, Samile Martel; MOURA, Sara Basso de. **Remoção de metais da água utilizando cascas de bananas frescas**. 12 f. Brazilian Journal of Development. 2021. Disponível em <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/27957/22124>> Acesso em: 17 de abr. 2023.



MARTINS, Gustavo Reis; RODRIGUES, Elton Jorge da Rocha; TAVARES, Maria Inês Bruno. **Revisão da literatura sobre os eventos de degradação e adsorção em microplásticos primários e secundários**. 23 f. Conjecturas. 2023. Disponível em <<http://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1923/1398>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MIRANDA, Felipe Soter de Mariz e; AVELAR, André de Souza. Dinâmica de Carbono Orgânico Dissolvido em Ecossistemas Florestais: Uma Revisão Sobre a Lixiviação pela Chuva. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Miranda-5/publication/333714999_Dinamica_de_Carbono_Organico_Dissolvido_em_Ecossistemas_Florestais_Uma_Revisao_Sobre_a_Lixivacao_pela_Chuva/links/5d2d04bea6fdcc2462e2fdac/Dinamica-de-Carbono-Organico-Dissolvido-em-Ecossistemas-Florestais-Uma-Revisao-Sobre-a-Lixivacao-pela-Chuva.pdf>. Acesso em 14 nov. 2023.

MONDAL, Dilip Kumar; NANDI, Barun Kumar; PURKAIT, M.K. Removal of mercury (II) from aqueous solution using bamboo leaf powder: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343713001279?casa_token=-TD31N1Wt-YAAAAA:xr47ke30ywnCzz2QDAm176T-ugPgPM9VkyQfSMPJtluugllZewelVJXleK2kTn-OKKsZWRGhmyQ>. Acesso em: 13 nov. 2023.

PEREIRA, Lucas Lima. **Evolução e perspectivas para o desenvolvimento da fruticultura em municípios do sul de Santa Catarina**. 115 f. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Socioeconômico. Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/7001/1/Lucas%20Lima%20Pereira.pdf>>. Acesso em 17 abr. 2023.

PUENTE, Reinaldo José Alvarez; FERNANDES, José Guedes Neto; RIBEIRO, Francine Dias; NETTO, Rosalee A. Coelho; ALFAIA, Sonia Sena. Cartilha para produtores rurais. Manejo do Bananal com ênfase na produção de mudas a partir do fracionamento do rizoma. **Editores INPA**. 1. ed. Manaus, 2020. ISBN: 978-65-5633-008-2. Disponível em: <<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/36479/1/Cartilha%20Manejo%20do%20Bananal.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

ROCHA, Ana Flávia Brandão. **Avaliação de materiais alternativos como adsorventes na remoção de ureia em efluentes industriais**. 2018. 58 f. Monografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22439/1/Avalia%c3%a7%c3%a3oMateriaisAlternativos.pdf>> Acesso em 16 abr. 2023.

SANTOS, Bianca Rodrigues dos; RESENDE, Brenda de Oliveira; SANTANA, Jeferson Santos. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **Inovae – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. São Paulo. v. 8. 2020. ISSN: 2357-7797. Disponível em: <<https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/2169/159>> Acesso em: 17 abr. 2023.



SANTOS, Janaína Antunes dos. **Uma investigação escolar acerca das concepções ambientais sobre a lagoa azul – Siderópolis/SC**. 103 f. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade do Sul de Santa Catarina. 2014. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/3583/1/109627_Janaina.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SANTOS, Mayra Soares. **Uso de biomassa de casca de banana e casca de arroz na remoção de cobre (II) e chumbo (II) de amostras de água da região do desastre ambiental de Mariana**. 61 f. Dissertação de Mestrado em Química. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2019. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2040/1/mayra_soares_santos.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SEBRAE/SC. Cadernos de desenvolvimento Siderópolis. **SEBRAE/SC**. 2019. Disponível em <<https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Sideropolis%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2023.

SIDERÓPOLIS. Governo Municipal. Autorização para uso da água da Lagoa Azul para fins acadêmicos pelo Sr. Artur M. V. de Souza. **Gabinete do Prefeito**. 2022.

SILVA, Cíntia de Souza; LIMA, Luciana Costa; SANTOS, Haydée Siqueira; CAMILI, Elisângela Clarete; VIEIRA, Cássia Regina Yuriko Ide; MARTIN, Cristhiane da Silva; VIEITES, Rogério Lopes. Amadurecimento da banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**. v. 30, n. 1. p.103-111. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/JFN779w44HqRH7dNH4776Qs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SILVA, Emerson Leandro; PIPI, Angelo Ricardo Favaro; MAGDALENA, Aroldo Geraldo; SILVA, Marina Piacentini. Aplicação dos modelos de Langmuir e Freundlich no estudo da casca de banana como bioadsorvente de cobre (II) em meio aquoso. **Revista Matéria**. v. 25, n. 02. ISSN 1517-7076. 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/MP7WGSHTLyydJzGBpTNR77Rp/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 17 out. 2023.

SILVA, Maria Elenice Pereira da. **Produção e utilização de bioadsorventes utilizando endocarpo do *spondias mombin* L. (CAJÁ) para o tratamento de efluentes: Estudo da viabilidade de proteção**. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Campina Grande. 2021. Disponível em <[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MARIA%20ELENICE%20PEREIRA%20DA%20SILVA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/MARIA%20ELENICE%20PEREIRA%20DA%20SILVA%20(1).pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SILVANO, Jacira. **Avaliação de metais na água, no sedimento e nos peixes da Lagoa Azul, formada por lavra de mineração a céu aberto, Siderópolis-SC**. 75 f. Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2003. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2115/000364335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 23 de março de 2023.



TODESCATO, Diego. **Utilização de biossorventes na remoção/recuperação de óleos em derramamentos e redução/remoção de cromo de efluentes da indústria de petróleo e gás.** 129 f. Tese de Doutorado em Engenharia Química. UFSC. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/211422/PENQ0852-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 abr. 2023.

VAGHETTI, Júlio César Pacheco. **Utilização de biossorventes para remediação de efluentes aquosos contaminados com íons metálicos.** Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17482/000709030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 de abr. 2023.

YARA BRASIL S.A. Deficiência de manganês na banana. **Yara Brasil S.A.** Disponível em <<https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/banana/deficiencias-banana/deficiencia-de-manganes-banana/>>. Acesso em 30 out. 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de poder lapidar os Talentos que Ele concedeu ao longo desses cinco anos. Agradeço também a minha orientadora, a mestranda Prof.^a Débora de Pellegrin Campos, por toda a competência que me orientou o presente Trabalho de Conclusão de Curso, da mesma forma que estendo a gratidão à saudosa Prof.^a Ma. Rosa Maria Rosa Crepaldi, quem depositou enorme confiança no meu potencial para cursar engenharia e também me preparou ao exercício da educação. Agradeço também ao meu *nonno*, Sr. Valmir Manoel Mendes, exímio mecânico aposentado da Companhia Siderúrgica Nacional, que sempre me foi exemplo de inteligência, humildade e temperança, criando a partir de matérias-primas brutas os maquinários e melhorando os processos industriais. Ele não teve formação acadêmica, mas teve a experiência da vida e a facilidade de contornar problemas, que na minha visão, seriam de grande relevância se todos pudessem ouvi-lo. Obrigado!