

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL - CENTRO
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA

BIANCA MAAS
ENRICO DULTRA ALFREDO AZEVEDO
JULIA CORREIA DA SILVA
KAROLINE KONELL
LETICIA GIORDANI MAASS

**Transformando resíduos em recursos: o potencial das bitucas de cigarro como materiais
adsorventes sustentáveis**

BIANCA MASS
ENRICO DULTRA ALFREDO AZEVEDO
JULIA CORREIA DA SILVA
KAROLINE KONELL
LETICIA GIORDANI MAASS

Transformando resíduos em recursos: o potencial das bitucas de cigarro como materiais adsorventes sustentáveis

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química, modalidade Integrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro.

Orientador: Prof.º Dr. Elder Correa Leopoldino.

Coordenador de fase: Prof.ª Dr. Patricia Akemi Tuzimoto.

Jaraguá do Sul
2024

SUMÁRIO

1 TEMA.....	4
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	4
4 HIPÓTESES.....	4
5 OBJETIVO.....	4
5.1 OBJETIVO GERAL.....	4
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6 JUSTIFICATIVA.....	5
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
7.1 PRODUÇÃO DO CIGARRO.....	6
7.2 IMPACTO AMBIENTAL DA BITUCA DE CIGARRO.....	7
7.3 COMPONENTES QUÍMICOS DA BITUCA DE CIGARRO.....	8
7.4 ADSORÇÃO.....	10
7.4.1 Adsorção de corantes.....	12
7.4.2 Acetato de celulose como material adsorvente.....	12
7.5 DESACETILAÇÃO DO ACETATO DE CELULOSE.....	13
7.6. LEI DE LAMBERT-BEER.....	14
8 METODOLOGIA.....	14
8.1 COLETA E HIGIENIZAÇÃO DAS BITUCAS DE CIGARRO.....	15
8.2 DESACETILAÇÃO DO ACETATO DE CELULOSE.....	15
8.3 ANÁLISE DOS MATERIAIS.....	15
8.3.1 Análise de infravermelho.....	16
8.3.2 Condutimetria.....	16
8.4 ENSAIOS DE ADSORÇÃO.....	16
8.4.1 Determinação do tempo e da concentração do corante no equilíbrio.....	17
8.4.2 Determinação da concentração de corante adsorvido.....	17
8.5 TRATAMENTO DE DADOS.....	18
8.6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS.....	18
9 CRONOGRAMA.....	18
REFERÊNCIAS.....	20

1 TEMA

Extração do acetato de celulose a partir de bitucas de cigarros descartadas.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A reutilização de bitucas de cigarro descartadas para a extração de acetato de celulose como um potencial material adsorvente.

3 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente grande parte do descarte de bitucas de cigarro é feita de forma inadequada. Em um estudo realizado por Sanquetta e Anater (2016, *apud* Oliveira; Yokoyama, 2020) durante os anos de 2006 e 2012, os rejeitos de bitucas de cigarro ocuparam cerca de 1,1 milhão de m³, dos quais muitos têm uma destinação incorreta, causando impactos ambientais significativos, principalmente devido aos componentes tóxicos presentes nos cigarros. Com base nisso, esta pesquisa procura reutilizar e dar uma nova destinação para esse material de tão baixo interesse a partir da extração de um de seus principais constituintes, o acetato de celulose. Em resumo, existe a possibilidade do acetato de celulose ou de seus derivados, extraído a partir desse rejeito, serem utilizados para a adsorção de corantes têxteis?

4 HIPÓTESES

1. É possível desenvolver um ou mais adsorventes utilizando um material amplamente descartado, como as bitucas de cigarro.
2. A celulose pode ser considerada um adsorvente superior em comparação ao seu derivado, o acetato de celulose.
3. A produção de materiais adsorventes derivados do acetato de celulose apresentará maior eficiência perante a adsorção de corantes têxteis.

5 OBJETIVO

5.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a capacidade de adsorção do acetato de celulose e derivados extraído dos filtros de bitucas de cigarro, frente aos corantes têxteis.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Coletar, higienizar e extrair o acetato de celulose da bituca de cigarro (filtro).
- Realizar a desacetilação do acetato de celulose para obter celulose.
- Realizar o teste de adsorção do acetato de celulose e da celulose.
- Caracterizar os materiais adsorventes obtidos.
- Averiguar a funcionalidade do acetato de celulose e da celulose como um adsorvente.
- Analisar a eficiência dos adsorventes em diferentes tipos de corantes têxteis.

6 JUSTIFICATIVA

A poluição é uma questão muito presente em todos os debates ambientais e sociais. Parte desse fato pode estar relacionado ao descarte inadequado de diversos tipos de produtos, dos quais podem ser: lixo residencial, plásticos, resíduos químicos e até mesmo o cigarro. Isso está associado à sua composição tóxica e persistência no meio ambiente, afetando diretamente o ecossistema.

Conceituado como a porta de entrada para outros tipos de substâncias químicas, que apresentam como objetivo direto a sensação de prazer, o cigarro possui uma taxa de 4,5 trilhões de bitucas que são descartadas de maneira incorreta. Sabendo que sua decomposição pode levar mais de 5 anos, esses resíduos afetam, diretamente, diversos locais, devido a grande presença de substâncias tóxicas em sua composição (Ferreira, 2015; Ribeiro, 2022; Torkashvand; Farzadkia, 2019).

Um dos componentes presente na estrutura do cigarro é o acetato de celulose (AC), um composto derivado da celulose que possui diversas características e utilidades. No cigarro, o acetato de celulose é utilizado nos filtros, cujo objetivo principal é reter parte das substâncias tóxicas presentes nele, das quais podemos considerar como exemplo a nicotina e o alcatrão. O resíduo do cigarro também conhecido como bituca, é altamente poluente, visto que, parte das substâncias tóxicas ficam retidas na própria bituca, então, ao reciclar esses resíduos químicos haverá diretamente uma influência sobre o meio ambiente, reduzindo drasticamente o processo de contaminação (Jung; Tocchetto; Gonçalves, 2014; Fenzo; Giordano; Sansone, 2020).

Com base nas questões citadas acima, o presente trabalho busca encontrar uma alternativa de reciclar as bitucas de cigarros, utilizando o acetato de celulose como base para a produção de um material adsorvente. Este processo permite extrair e reutilizar os compostos

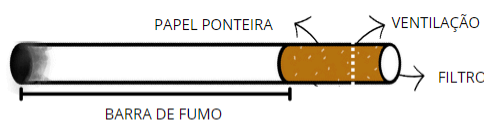
presentes nas bitucas, contribuindo assim para a redução do impacto ambiental causado por esse resíduo. Deseja-se utilizar esse mesmo material para adsorção de corantes têxteis, que também são poluentes, assim favorecendo outra questão de cunho ambiental. Vale aqui também ressaltar que o trabalho tem como o principal foco a reciclagem das bitucas de cigarro, já que estas são, em sua maioria, descartadas incorretamente pois não possuem uma destinação correta.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O consumo de cigarros afeta diretamente a vida e a saúde de todos, sendo que cerca de 6 milhões de pessoas morrem todo ano devido às doenças que ele pode causar (Araújo; Costa, 2019 *apud* Oliveira; Yokoyama, 2020). Além disso, o alto consumo de cigarro acaba gerando um excesso de resíduos, que seriam, propriamente, as bitucas de cigarro. Neste contexto, entender e estudar todas as possibilidades de reciclagem desse resíduo se torna extremamente necessário, transformando algo descartável e poluente em um novo produto, limpo e útil.

O cigarro é um produto composto por três principais materiais: tabaco, papel e um filtro, normalmente formado por fibras de acetato de celulose. O tabaco, junto de outras substâncias, é enrolado no papel, cuja função é proteger o fumo e influenciar na capacidade de queima dessa substância, mas que também pode intervir no sabor sentido pelo fumante. Já o filtro de acetato de celulose reduz a absorção de substâncias tóxicas no organismo, além de permitir que a nicotina seja ingerida pela mucosa bucal. O filtro é encontrado na parte no qual o indivíduo coloca a boca para puxar a fumaça, como apontado na **Figura 1** (Machado; Tresoldi, 2014; WORLDNOASHTRAY, 2019).

Figura 1 - Representação de um cigarro.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

7.1 PRODUÇÃO DO CIGARRO

A manufatura do cigarro envolve uma série de atividades, e conta especialmente com a área de produção, comercialização e exportação. O tabaco, componente encontrado no cigarro, também é produzido pelo setor agrícola brasileiro. O Brasil é considerado o segundo maior produtor de tabaco do mundo, porém apenas 12% desta produção é utilizada na

fabricação de cigarros. O cigarro tem grande influência na economia do país, em específico no Sul, concentrando 51% da manufatura nacional. Por volta de 1918 foi instaurado a British American Tobacco (BAT) na região, atual acionária e controladora da Souza Cruz¹, que ao decorrer da Segunda Guerra Mundial, se tornou a maior produtora de cigarro do mundo, impulsionando a produção do tabaco (Boeira; Guivant, 2003; Sofiatti; Alves, 2019).

O fumo, um dos principais compostos do cigarro, passa por determinadas etapas para constituir tal produto, iniciando na colheita, por seguinte o tratamento das folhas de fumo em usinas, tendo 80% destinado à exportação e os demais para a fabricação do cigarro. Como apontado pela Receita Federal, em 2021 cerca de 901.181.828 maços de cigarros foram produzidos, dados esses fornecidos pelo Sistema de Controle e Rastreamento da Produção de Cigarros (GOV, 2021; Sofiatti; Alves; 2019).

7.2 IMPACTO AMBIENTAL DA BITUCA DE CIGARRO

Como citado anteriormente, o Brasil é um dos maiores produtores de tabaco, um exemplo seria a empresa Souza Cruz, que em 2012 comercializou cerca de 59 mil toneladas de fumo pelos 5 continentes (Souza Cruz, 2012 *apud* Bello; Libano, 2012). Vale ressaltar uma relevante preocupação diante dessa evolução constante, pois é altamente prejudicial à saúde pública. Além disso, seu descarte incorreto possui consequências significativas ao meio ambiente, devido às substâncias extremamente tóxicas presentes em sua composição, tornando-se nocivo desde sua produção (Bello; Libano, 2012).

Em 2019, alunos de oceanografia do Instituto de Ciências do Mar (*apud* Souza, 2021), da Universidade Federal do Ceará, realizaram um levantamento prévio na praia do Crush, no Ceará. O levantamento revelou que 55% dos resíduos encontrados no local eram bitucas de cigarro.

A reciclagem desse mesmo material tem cunho significativo, principalmente no que diz respeito ao meio em que é descartado. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (2010), afirma com a Lei de número 12.305 que um resíduo sólido se define como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

¹ Souza Cruz, indústria nacional produtora de cigarros.

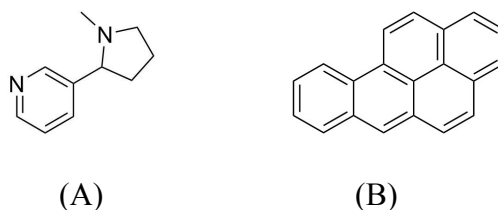
A degradação do filtro que compõe a bituca é um processo lento, permanecendo no solo por 5 a 7 anos, sem sofrer qualquer tipo de alteração, devido a sua composição rica em acetato de celulose, uma substância com propriedade de difícil degradação. Esses resíduos, ao se acumularem no solo, favorecem para a contaminação do local, poluem rios e causam entupimento de tubulações e bueiros, conseqüentemente aumentando o risco de enchentes e prejudicando o ecossistema da localidade (Marchi; Machado; Trevisan, 2014).

7.3 COMPONENTES QUÍMICOS DA BITUCA DE CIGARRO

A composição da fumaça do cigarro possui cerca de 7000 substâncias, das quais 69, no mínimo, podem prover o risco de câncer de pulmão. A fumaça seria uma mistura de diversos compostos, dos quais alguns podem ser tóxicos, e que pode ser dividida em duas partes: a primeira, que seria a particulada, contém nicotina e alcatrão, e a segunda, é composta por monóxido de carbono além de outras substâncias (American Cancer Society, 2022 *apud* INCA, 2023; American Lung Association, 2022 *apud* INCA, 2023).

A nicotina é um alcalóide considerada a principal causadora da dependência do cigarro, já que consegue agir na circulação arterial e ir rapidamente para o cérebro. Já o monóxido de carbono (CO) pode causar a privatização de oxigênio no sangue para alguns órgãos, pois possui uma afinidade com a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos. Além destes, outro componente presente em grande escala e com propriedades cancerígenas é o alcatrão, que é a junção de 40 tipos de substâncias que são comprovadamente cancerígenas (Benowitz, 2010; Fenzo; Giordano; Sansone, 2020; INCA, 2023). As estruturas moleculares de todos os compostos citados estão representadas na **Figura 2**.

Figura 2 - molécula da nicotina (A) e do alcatrão (B).

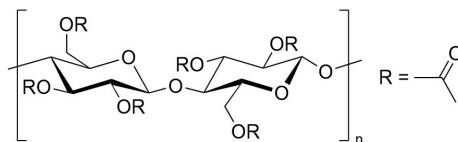


Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O filtro de cigarro, que é o responsável por influenciar na quantidade de fumaça inalada pelo fumante, apresenta acetato de celulose em sua composição, que é um composto proveniente da celulose. O acetato de celulose é utilizado para a produção de filtros de cigarro devido a sua fácil fabricação, alta eficiência, lenta degradação e não alteração no sabor da

fumaça (Alves, 2016; Das; Ali; Hazarika, 2014; Fenzo; Giordano; Sansone, 2020). A estrutura do composto está representada na **Figura 3**.

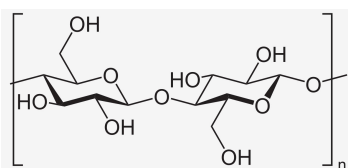
Figura 3 - estrutura do acetato de celulose.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Sobre a celulose, o composto é responsável pelo início da indústria de polímeros, sendo um carboidrato de extrema importância para diversos tipos de indústrias, fato explicado pela presença da celulose em diversos materiais, como o papel, vegetais, escova de dentes, bolas de bilhar, dentaduras, pentes, bonecas e entre outros produtos. Sua estrutura química (**Figura 4**) é constituída por moléculas de glicose ligadas por átomos de oxigênio e contendo grupos hidroxilas (Alves, 2016; Nunes; Lopes, 2014; Sanquetta *et al.*, 2020).

Figura 4 - Fórmula estrutural da celulose.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A celulose apresenta diversas características que contribuem no processo de adsorção, como alta resistência, baixa densidade e também a presença de diversos grupos funcionais que auxiliam no processo de modificações químicas. Em um estudo realizado por Medeiros *et al.* (2018), apresentado na III CONAPESC (2018), apresentou-se que a celulose, ao ser utilizada para adsorver uma solução do elemento químico chumbo (Pd²⁺), diminui cerca de 10 vezes a concentração inicial presente. Já o acetato de celulose possui uma capacidade adsortiva menor do que em comparação com a celulose, sendo representado a eficiência de apenas 69% de adsorção de corantes têxteis (Martins, 2022).

7.4 ADSORÇÃO

A adsorção² é um processo físico-químico amplamente empregado em tratamentos de forma geral, podendo ser utilizado na remoção de resíduos tóxicos, na eliminação de corantes presentes em efluentes têxteis, no tratamento da água e entre outros. Esse processo ocorre com dois agentes, o adsorvente, que é a fase sólida, e o adsorbato, que seria a espécie que se deseja remover do sistema a partir do método de adsorção. Na adsorção, existem duas maneiras de adsorver um componente, a quimissorção e a fisissorção, sendo a principal diferença a natureza dos componentes envolvidos. Por exemplo, a quimissorção é levada em consideração a força das ligações químicas, no qual a criação de novas ligações químicas durante o processo permite a criação de sítios capazes de adsorver quimicamente o adsorbato, porém, pode alterar a natureza dos reagentes. Já a fisissorção pode ser explicada a partir da força de Van der Waals, onde as moléculas do adsorvente e do adsorbato interagem entre si de maneira fraca e sem a formação de ligações químicas (Nascimento *et al.*, 2020).

Há diversos fatores que podem influenciar no estabelecimento das forças de atração entre o adsorvente e o adsorbato, e, conseqüentemente, em como o processo de adsorção se dará. Propriedades como a polaridade, o tamanho da partícula, a solubilidade e a acidez ou basicidade do adsorbato; juntamente com a área superficial específica, a porosidade e as características específicas dos poros (como o seu volume e a sua distribuição pela superfície do adsorvente), os grupos funcionais, a densidade e a hidrofobicidade do material adsorvente, atuam na interação e na afinidade destes compostos entre si, e com o meio no qual estão inseridos, podendo este ser líquido ou gasoso. Entretanto, não são só as propriedades do adsorbato e do adsorvente que podem alterar o decorrer do processo de adsorção, já que este também depende das condições em que ele ocorre. Deste modo, propriedades como o pH, as concentrações das substâncias e a temperatura do sistema devem ser levadas em consideração ao se realizar estudos sobre o fenômeno da adsorção (Nascimento *et al.*, 2020).

Segundo Nascimento *et al.* (2020) e Febrianto *et al.* (2009), o conjunto desses fatores pode alterar a capacidade de adsorção do adsorvente, bem como a velocidade de adsorção; sendo estes determinados, respectivamente, a partir de estudos sobre o equilíbrio de adsorção, os quais se baseiam na relação entre a concentração do adsorbato no equilíbrio (o qual ocorre quando todos os sítios ativos do adsorvente são ocupados, fazendo com que não haja mais capacidade adsorptiva) e a porção que foi adsorvida; e sobre a cinética de adsorção, a qual tem

²É interessante destacar que a adsorção se difere do processo de absorção, pois ele não absorve para si a massa do composto que se deseja retirar do sistema.

como objetivo averiguar a relação entre a quantidade de adsorbato que foi adsorvido e o tempo do transcorrer desse processo. É importante destacar que ambos estão diretamente relacionados, já que quando o sistema atinge o equilíbrio os valores da velocidade de adsorção e dessorção se tornam equivalentes.

Deste modo, é possível utilizar a construção de isotermas³ a fim de elucidar as questões acerca do fenômeno da adsorção. Dentre os diversos modelos criados, os mais comumente aplicados são os de Langmuir e de Freundlich, pois a partir deles é possível calcular a capacidade máxima do material adsorvente e analisar os dados de modo que se torne possível a previsão de seu comportamento; sendo importante destacar que ambos os modelos pressupõem algumas afirmativas em relação à como a adsorção ocorre (Nascimento *et al.*, 2020). Para Langmuir (1916), o processo ocorre em monocamada, a qual tem um número específico de sítios ativos que têm a mesma energia e só adsorvem uma quantidade limitada de moléculas do adsorbato, sem estas interagirem entre si, e com uma velocidade que depende exclusivamente da interação entre o adsorbato e o sítio. A partir disso, o autor formulou a Equação 1.

$$q = \frac{q_{max} \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (1)$$

Em que: q é a quantidade de adsorbato que foi adsorvido, q_{max} é a capacidade máxima de adsorção, K_L é a constante de interação entre o adsorbato e o adsorvente, e C_e é a concentração do adsorbato no equilíbrio. Essa Equação 1 também pode ser escrita em outras formas lineares, conforme a necessidade (Nascimento *et al.*, 2020).

Em contraponto, de acordo com Febrianto *et al.* (2009), o modelo empírico de Freundlich pressupõe que a adsorção acontece em multicamadas e que há variação de energia entre os sítios ativos; afirmando também que a área superficial do adsorvente tem pouca influência sobre a velocidade do processo. Desta maneira, a equação de Freundlich pode tomar a forma apresentada na Equação 2.

$$q = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (2)$$

Em que: q é a quantidade de adsorção no equilíbrio; K_F é a constante relacionada à capacidade de adsorção; C_e é a concentração do adsorbato no equilíbrio; e n é a constante relacionada ao grau de intensidade de adsorção. Ademais, a Equação 2 também pode ser linearizada a partir do uso do logaritmo e suas propriedades em cada uma das variáveis (Nascimento *et al.*, 2020).

³As isotermas são um tipo de análise que relaciona a concentração de adsorbato na solução em equilíbrio e a concentração adsorvida pelo adsorvente presente (Nascimento *et al.*, 2020).

7.4.1 Adsorção de corantes

A produção de corantes têxteis atua diretamente na economia, visto que são utilizados em diversas atividades industriais. Os corantes têm grande influência sob os impactos ambientais, pois possuem uma difícil degradação, fator que é a principal causa do esgoto de indústrias têxteis ser o mais poluente perante todos os outros setores industriais (Ganodermaieri; Cennamo; Sannia, 2005 *apud* Peixoto; Marinho; Rodrigues, 2013; Revankar; Lele, 2007 *apud* Peixoto; Marinho; Rodrigues, 2013).

O processo de adsorção de corantes se dá por algumas etapas: inicialmente o corante desloca-se através de uma solução e se fixa no composto que atua como adsorvente, por conseguinte desloca-se para dentro dos poros deste mesmo adsorvente; para concluir, o corante é adsorvido e instalado no interior dos poros. Pode-se dizer que o uso de materiais com estruturas porosas como adsorventes é regular, devido a suas extensas áreas superficiais contidas em uma pequena quantidade de massa, além de que os poros corroboram para que as partículas penetrem em seu interior, assim sendo adsorvidas (Castro, 2018).

O carvão ativado é um dos adsorventes mais utilizados na indústria, principalmente por causa de sua alta capacidade adsorvente, proveniente de uma grande área superficial. Entretanto, o carvão ativado possui uma difícil regeneração que requer um alto investimento de tempo e de recursos financeiros, dificultando a reutilização desse adsorvente. Por isso, ocasiona uma crescente busca por materiais de fácil obtenção e baixo custo, além da possibilidade de reaproveitamento, com um impacto positivo na preservação ambiental. Um exemplo seria a reutilização da bituca de cigarro, a fim de conceder uma finalidade a esse resíduo e utilizá-lo como um material adsorvente (Guilarduci *et al.*, 2006).

7.4.2 Acetato de celulose como material adsorvente

O acetato de celulose apresenta diversos grupos hidroxilas em sua estrutura, fator que contribui para uma de suas principais características: ser hidrofílico. Além disso, suas membranas possuem uma ótima estabilidade química e mecânica, e também podem apresentar altas propriedades de transporte de outras substâncias (Vatanpour *et al.*, 2022). Entretanto, tais membranas apresentam uma pequena capacidade adsorvente. Martins (2022), em seu trabalho de conclusão de curso (TCC), apresentou os resultados de seu experimento utilizando acetato de celulose puro para adsorver os corantes vermelho de ponceau 4-R e

amarelo tartrazina presentes em soluções aquosas. Ao final do experimento, após 10 horas de agitação, os percentuais de adsorção foram de 69%.⁴

Outro ponto relevante também sobre a capacidade adsorptiva do composto seria a mudança significativa ocorrida em um estudo realizado por Freitas, Senna e Botaro em 2017. Neste estudo, dois tipos de acetato de celulose com graus de acetilação diferentes, sendo a diferença entre eles de apenas 0,19, apresentaram resultados consideravelmente distintos em relação ao comportamento mecânico das membranas, no qual, a amostra com menor grau de acetilação apresentou um maior módulo de armazenamento, mesmo com uma variação de temperatura no decorrer do processo.

7.5 DESACETILAÇÃO DO ACETATO DE CELULOSE

No contexto de sustentabilidade, a celulose é considerada o polímero mais abundante na natureza, além de ser biodegradável e não tóxico. A desacetilação se baseia em processos químicos, na qual algumas funções orgânicas são substituídas, tal método pode ser feito a partir da interação do material com soluções. No processo de desacetilação do acetato de celulose há alteração no grupo orgânico acetil ($-\text{COCH}_3$), substituído por hidroxilas ($-\text{OH}$) (Borato; Freitas; Senna, 2017).

A substituição do grupo acetil por um grupo hidroxila acarreta em uma maior cristalinidade, visto que os grupos acetil diminuem a cristalinidade do composto. O aumento da cristalinidade ocorre devido ao menor volume das hidroxilas, o que promove uma aproximação das cadeias poliméricas, e, conseqüentemente, ocasiona um aumento na formação de ligações de hidrogênio, intensificando as interações entre as cadeias poliméricas. O aumento das interações intermoleculares por meio de ligações de hidrogênio reflete em um material mais adsorvente, devido à força das ligações de hidrogênio, que é superior às outras forças intermoleculares subsequentes (Freitas; Senna; Borato 2017). Por fim, o estudo da desacetilação pode ser realizado a partir da condutimetria, que seria um processo que depende da quantidade de íons presente na solução junto das respectivas concentrações das substâncias analisadas (Garcia, 2020).

⁴ É possível também alterar quimicamente a molécula de acetato e fazer com que a taxa de adsorção aumente (Ertas; Uyar, 2017).

7.6. LEI DE LAMBERT-BEER

O processo de adsorção pode ser acompanhado por vários métodos, como a cromatografia (Medeiros, 2008) e a espectrometria de massas (Silva *et al.*, 20—). Entretanto, o mais comum seria pelo espectrofotometria na região UV-VIS, processo que se classificaria na emissão de uma luz na região visível e no estudo das frequências de luz absorvidas ou que atravessaram a solução contendo a substância no decorrer do processo. Tal método pode fornecer os estudos de cada grupo funcional presente na amostra, e analisar como esses grupos influenciam em suas propriedades. E para tal questão é utilizada como princípio a Lei de Lambert-Beer (França *et al.*, 2020; Leite; Prado, 2012).

Esta lei se baseia em princípios criados por August Beer e por Johann Lambert, em que Lambert demonstra a relação entre intensidade de luz emitida por um meio e a espessura do material absorvente, e Beer cita que existe uma relação entre a intensidade de luz e a concentração da substância absorvente. A partir da união de tais pensamentos e estudos, a fórmula matemática resultante, representada na Equação 3, considera a concentração de uma espécie que esteja em solução (c), a distância percorrida pela radiação com base nessa solução (l) e o coeficiente de absorção molar, caracterizado como ϵ (Lima, 2013; Mendes, 20—).

$$A = \epsilon \cdot l \cdot c \quad (3)$$

Conforme a necessidade de trabalho, será realizada a análise a partir da espectrofotometria do ultravioleta visível. E para tal fator, a lei de Lambert-Beer será fundamental, pois auxiliará na quantificação e qualificação do material adsorvente proposto pelos discentes.

8 METODOLOGIA

A metodologia deste projeto inclui a coleta, higienização e tratamento das bitucas de cigarro, seguidos pela desacetilação de parte do acetato de celulose e análise do material reciclado, e, posteriormente, a comparação das propriedades da celulose recuperada com a celulose pura. Além disso, todos os materiais presentes em cada passo da metodologia serão analisados com um espectrofotômetro na região do infravermelho (IV), bem como o estudo por espectrofotometria na região do UV-Vis para análise da capacidade adsortiva dos materiais frente a soluções contendo corantes. Esses corantes serão escolhidos a partir da disponibilidade e eficiência de reação, visto que, dependendo do tipo de estrutura que este possuir, poderá reagir de uma forma diferente com o adsorvente.

8.1 COLETA E HIGIENIZAÇÃO DAS BITUCAS DE CIGARRO

O passo inicial, a coleta das bitucas de cigarro, será realizado a partir da criação de um coletor específico para bitucas de cigarro. Tal coletor será elaborado e produzido pelos próprios autores do projeto, e será colocado na frente do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, como forma de trazer visibilidade ao projeto e, além disso, incentivar a reciclagem do material.

Por conseguinte, será feito uma higienização junto com a coleta do acetato de celulose com base na metodologia de Fenzo, Giordano e Sansone (2020). Primeiramente, é necessário limpar as bitucas de cigarro com água aquecida a 50 °C por cerca de 1 h. Após isso, o papel que envolve o filtro da bituca será retirado. Como já citado, os filtros de bituca são compostos exclusivamente por acetato de celulose, com isso, estes filtros serão lavados com água gelada três vezes, e após, será utilizado etanol absoluto a uma temperatura de 60 °C por duas vezes para higienização e obtenção completa do acetato de celulose. Por fim, o acetato de celulose higienizado será seco em uma estufa ou dessecador.

Vale ressaltar que todos os processos realizados acima também serão feitos com filtros de cigarros não utilizados, com o intuito de verificar mudanças em suas estruturas e seu desempenho como material adsorvente. Assim, excluindo a possibilidade de alteração de resultados a partir do tipo de metodologia empregada, visto que ambos os materiais passaram pelos mesmos processos.

8.2 DESACETILAÇÃO DO ACETATO DE CELULOSE

É importante destacar que parte do acetato de celulose recuperado será utilizado no processo de obtenção da celulose, no qual se baseia na adaptação da metodologia proposta por Souza (2022). Será utilizado um béquer com volume de 1 L, completo com água e uma mistura de hidróxido de sódio (NaOH) a uma concentração de 1% (m/v). Desta forma a celulose será purificada e liberada do resíduo sólido utilizado na pesquisa. Este processo de cozimento ocorrerá em aproximadamente um período de 3 h, em temperatura de ebulição, por fim a celulose será obtida na fase sólida (Souza, 2022).

8.3 ANÁLISE DOS MATERIAIS

Prontamente, após a obtenção dos materiais, serão realizadas análises espectrofotométricas na região do infravermelho com todos os materiais utilizados e obtidos ao longo de cada etapa da metodologia, com o intuito de caracterizá-los. Além disso, serão

verificados seus respectivos graus de pureza por condutimetria e também será observado como cada material se porta frente a adsorção de corantes.

8.3.1 Análise de infravermelho

A análise infravermelha será feita a partir da espectroscopia na região do infravermelho (4000-400 cm^{-1}) em um espectrofotômetro de infravermelho com transformada de Fourier e reflectância total atenuada (FTIR - ATR), modelo Perkin Elmer Spectrum Two. Serão realizadas análises de todos os compostos, antes e após de cada processo metodológico, a fim compreender as possíveis mudanças que cada tipo de material pode sofrer após passarem por etapas da metodologia, como por exemplo a mudança do grupo funcional entre o AC e a celulose. Entretanto, para que não ocorra a contaminação biológica e química do equipamento utilizado, a análise dos filtros de cigarro será realizada com filtros de cigarro limpos e não utilizados.

8.3.2 Condutimetria

Inicialmente, será pesado cerca de 0,200 g de acetato de celulose, que será solubilizado junto de 20 mL de ácido clorídrico padronizado (0,1 mol L^{-1}). Após a solubilização, água destilada será adicionada a solução até que se atinja a marca do eletrodo. Em seguida, a solução de acetato de celulose será mantida em constante agitação e será adicionado sucessivamente cerca de 0,5 mL de hidróxido de sódio (0,1 mol L^{-1}), também previamente padronizado, até que o volume final estabelecido seja de 25 mL. Ao final do experimento, o cálculo do grau de desacetilação poderá ser calculado a partir da Equação 4.

$$\% \text{ do grau de desacetilação} = \frac{M \cdot (V_2 - V_1) \cdot MM}{m} \quad (4)$$

8.4 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

Para obtenção de dados que determinem a capacidade de adsorção dos materiais que serão utilizados na pesquisa, serão realizados ensaios de adsorção com os corantes disponíveis no laboratório do IFSC Jaraguá do Sul - Centro. Os ensaios serão preparados de modo que se atenda aos parâmetros necessários para a viabilização dos estudos da cinética e do equilíbrio de adsorção. Ademais, é importante destacar que as variáveis analisadas serão o tempo, a concentração e a temperatura, enquanto o pH (6-7) será mantido constante, seguindo como exemplo o artigo de Orlandi *et al.* (2015).

8.4.1 Determinação do tempo e da concentração do corante no equilíbrio

Para realização de tal etapa, será feita a cinética de adsorção do acetato de celulose e celulose. Com esse intuito, cerca de 10 mg do material será adicionada em um tubo de ensaio, juntamente com 10 mL do corante escolhido em concentrações distintas, sendo elas: 50, 100, 150, 250 e 500 mg L⁻¹, mantidas 90 min cada, visto que, a partir dessa variação, será possível estabelecer a concentração no equilíbrio do sistema. Esses tubos serão mantidos a temperatura constante utilizando banho-maria com agitação. Passado o tempo, alíquotas das misturas serão retiradas e encaminhadas para a centrífuga e o sobrenadante (solução contendo o corante) será analisado por UV-Vis de acordo com o comprimento de onda máximo de cada corante.

Para determinar o tempo de equilíbrio, repetir-se-á o procedimento, adicionando cerca de 10 mg de cada material adsorvente em tubos de ensaios separados, junto de 10 mL do corante escolhido, apresentando a concentração estipulada posteriormente após os resultados obtidos nesta parte metodológica, mantendo todos os sistemas sob temperatura e agitação constantes. Com o auxílio de um cronômetro, os adsorventes atuarão nos seguintes intervalos de tempo: 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150 e 180 minutos. Em cada faixa de tempo, serão retiradas alíquotas da mistura, que serão encaminhadas à centrífuga e posteriormente analisadas no UV-Vis, conforme já descrito.

8.4.2 Determinação da concentração de corante adsorvido

Para esta etapa, será elaborada uma curva de calibração a partir dos princípios da espectroscopia e, a partir da lei de Lambert-Beer (Equação 3), será possível quantificar concentrações desconhecidas utilizando unicamente o valor obtido de absorbância lido no UV-Vis. Além disso, os dados obtidos no UV-Vis permitem determinar a concentração adsorvida pelo adsorvente, partindo da diferença de concentração inicial e final do corante a partir do contato com o adsorvente, como representado na Equação 5.

$$\text{Concentração adsorvida} = \text{Concentração inicial} - \text{Concentração final} \quad (5)$$

Cada análise será repetida em outras três temperaturas diferentes da temperatura ambiente, podendo ser: 30 °C, 35 °C e 50 °C, para assim averiguar como o aumento da temperatura pode influenciar na adsorção dos materiais adsorventes.

8.5 TRATAMENTO DE DADOS

Em seguida, serão realizados os cálculos da cinética e do equilíbrio de adsorção, e, posteriormente, os dados obtidos serão adaptados para os modelos de isoterma de Langmuir e Freundlich utilizando o OriginPro 8. Além disso, os dados também serão analisados a partir de regressões lineares e não lineares com o intuito de averiguar qual modelo se adequa melhor aos resultados.

8.6 TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Os solventes orgânicos, como por exemplo o etanol, podem ser recuperados a partir do evaporador rotativo. Já os compostos ácidos serão neutralizados e descartados. O acetato de celulose e a celulose, contendo ou não corante, podem ser reutilizados para futuras aplicações, e caso sejam descartados, seguiram as restrições do laboratório do IFSC Campus Jaraguá do Sul - Centro. Os resíduos líquidos de corante serão descartados em um recipiente específico para efluentes têxteis presente também no laboratório do IFSC Campus Jaraguá do Sul - Centro.

9 CRONOGRAMA

	2024 ago	2024 set	2024 out	2024 nov	2024 dez	2025 jan	2025 fev	2025 mar	2025 abr	2025 mai	2025 jun
Coleta das bitucas de cigarro	X	X									
Higienização e extração do acetato de celulose		X	X								
Desacetilação do acetato de celulose		X	X	X							
Teste da funcionalidade de ambos materiais				X	X	X					
Análise da adsorção dos materiais obtidos				X	X	X					
Escrita do relatório parcial	X	X	X	X	X						
Entrega do relatório parcial					X						
Estudo dos Infravermelhos						X	X	X			

REFERÊNCIAS

- ALVES, Venise Bouvier. **A INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DO FILTRO DE CIGARROS NOS TEORES DA FUMAÇA**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/151397/001010755.pdf;sequence=1>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- BELLO, Adriana Vieira. **Bitucas de cigarro, riscos ambientais, descarte correto e reciclagem**. 2012. 32 f. TCC (Licenciatura) - Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da Educação e Saúde - Faces, Brasília, 2012. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6451/1/20900109.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2024.
- BENOWITZ, Neal L. Nicotine Addiction. **New England Journal Of Medicine**, [S.L.], v. 362, n. 24, p. 2295-2303, 17 jun. 2010. Massachusetts Medical Society. <http://dx.doi.org/10.1056/nejmra0809890>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1056/nejmra0809890>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- BOEIRA, Sérgio Luís; GUIVANT, Julia Silvia. INDÚSTRIA DE TABACO, TABAGISMO E MEIO AMBIENTE: AS REDES ANTE OS RISCOS. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 45-78, abr. 2003. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/24559/1/v20n1_45.pdf. Acesso em: 24 mar. 2024.
- BRASIL. Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 30 ago. 2024.
- CASTRO, Matheus Campos de. **ESTUDO DE ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM RESÍDUOS DE MARACUJÁ**. 2018. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5521/1/AP_COLIQ_2018_2_05.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.
- DAS, Archana M.; ALI, Abdul A.; HAZARIKA, Manash P. Synthesis and characterization of cellulose acetate from rice husk: eco-friendly condition. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 112, p. 342-349, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.006>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.006>. Acesso em: 27 mar. 2024.
- ERTAS, Yelda; UYAR, Tamer. Fabrication of cellulose acetate/polybenzoxazine cross-linked electrospun nanofibrous membrane for water treatment. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 177, p. 378-387, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.127>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.127>. Acesso em: 07 maio 2024.
- FEBRIANTO, Jonathan *et al.* **Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy**

metals using biosorbent: A summary of recent studies. *Journal Of Hazardous Materials*, [s.l.], v. 162, n. 2-3, p.616-645, mar. 2009. Elsevier BV. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438940800928X?casa_token=z3a9vfN3lwEAAAAA:ZCdu59Vay1c8kGXk8Ej2lmXIVJ-UazsUk78pEqItUBzy3byE5Ywel4g5u9scIHzdfwomlG6ALec. Acesso em: 26 jun 2024.

FENZO, Anna de; GIORDANO, Michele; SANSONE, Lucia. A Clean Process for Obtaining High-Quality Cellulose Acetate from Cigarette Butts. *Materials*, [S.L.], v. 13, n. 21, p. 4710-4723, 22 out. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma13214710>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma13214710>. Acesso em: 25 jun. 2024.

FERNANDES, Sabrina Gabrielle da Silva. **MATERIAIS ADSORVENTES E SUAS APLICAÇÕES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. 2021. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/bccef72e-63c1-4545-bc00-8252e4a64348/content>. Acesso em: 07 abr. 2024.

FERREIRA, Rita Campos. **Psicopatologias: fundamentos, transtornos e consequências da dependência química**. São Paulo: Érica, 2015. 121 p. (Eixos). Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/books/9788536521329>. Acesso em: 20 abr. 2024.

FRANÇA, José Alexandre de *et al.* UM SISTEMA PARA QUALIFICAÇÃO DE GASES BASEADO EM ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 22., 2019, Campinas. **Anais [...]**. [S.L.]: Cba, 2020. v. 1, p. 1-8. Disponível em: https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/cba/article/view/347/308. Acesso em: 22 jul. 2024.

FREITAS, Roberta Rm de; SENNA, André M.; BOTARO, Vagner R. Influência do grau de substituição nas propriedades termodinâmicas, mecânicas e físico-químicas do acetato de celulose. *Industrial Crops & Products*. São Paulo, v. 109, p. 452-458. ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.062>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.062>. Acesso em: 19 jun. 2024.

GARCIA, Isadora Atrib *et al.* Avaliação de métodos titulométricos para determinação do grau de desacetilação em quitosana. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 4066-4084, jan. 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-289>. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-289>. Acesso em: 28 jul. 2024.

GOV. **Produção de Cigarros no Brasil (2021)**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/regimes-e-controles-especiais/producao-de-cigarros-no-brasil-2021>. Acesso em: 24 mar. 2024.

GUILARDUCI, Viviane Vasques da Silva *et al.* ADSORÇÃO DE FENOL SOBRE CARVÃO ATIVADO EM MEIO ALCALINO. *Química Nova*, São João del Rei, v. 29, n. 6, p. 1226-1232, jun. 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/TMmRkmksVnZGhFvHCkKpBYk/?format=pdf&lang=pt> .
Acesso em: 08 maio 2024.

INCA (Instituto Nacional de Câncer). **Tabagismo passivo**. 2023. Disponível em:
<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/tabagismo/tabagismo-passivo>. Acesso em: 23 mar. 2024.

JUNG, Aliar Anacleto; TOCCHETTO, Marta Regina Lopes; GONÇALVES, Juliana Almeida. PAPA-BITUCAS: COLETOR PARA O DESCARTE CORRETO DE BITUCAS DE CIGARRO. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL**, 9, 2014, Porto Alegre. *Anais eletrônicos [...]*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção Rio Grande do Sul (ABES-RS), 2014. Disponível em:
<https://www.abes-rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id879.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2024.

LANGMUIR, Irving. **The dissociation of hydrogen into atoms**. III. The mechanism of the reaction. Journal Of The American Chemical Society, [s.l.], v. 38, n. 6, p.1145-1156, jun. 1916. American Chemical Society (ACS). Disponível em:
https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ja02263a001?casa_token=MR2biVAPti4AAAAA:aCFsetjSkaG3uMqzdVTtDP6PXq0-6uPEc-2hmHJ1OP8apmY4YucgBPAP0Iuw5qcMPJmEEZxsakPCSW. Acesso em: 27 jun 2024.

LEITE, Diego de Oliveira; PRADO, Rogério Junqueira. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Cuiabá, v. 34, n. 2, p. 1-9, jun. 2012. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/QbZCxNqrv3B7nYTHzwtrmFm/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 22 jul. 2024.

LIMA, Luís Spencer. Lei de Lambert–Beer. **Revista de Ciência Elementar**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-2, 30 dez. 2013. ICETA. <http://dx.doi.org/10.24927/rce2013.047>. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.24927/rce2013.047>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MADIVOLI, E. S. *et al.* **Adsorption of Selected Heavy Metals on Modified Nano Cellulose**. International Research Journal Of Pure & Applied Chemistry, Kenya, v. 12, n. 3, p. 1-9, 3 set. 2016. Disponível em:
<https://roam.macewan.ca:8443/server/api/core/bitstreams/98453d06-9055-4e1c-b99a-6d59eae752c5/content>. Acesso em: 24 jul. 2024.

MACHADO, Daiane Renata; TRESOLDI, Mara Eloísa. Cigarro: mitos x verdades. **Anais da VIII Mostra de Iniciação Científica do Cesuca**, Cachoeirinha, n. 8, p. 336-342, 06 nov. 2014. Anual. Disponível em: <https://ojs.cesuca.edu.br/index.php/mostrac/article/view/695>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MARCHI, Janaína; MACHADO; Emanuely Comoretto; TREVISAN, Marcelo. **DESCARTE E DESTINAÇÃO ADEQUADOS AOS RESÍDUOS PÓS-CONSUMO DE CIGARROS: INOVAÇÃO E ALTERNATIVAS POSSÍVEIS**. In: XVI ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, SP: [S.N.], 2014, Anais. São Paulo, SP, 2014. Disponível em: <https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/250.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

MARTINS, Brunielly Miguel. **REMOÇÃO DE CORANTES A PARTIR DO ACETATO DE CELULOSE MODIFICADO TIOACETAMIDA**. 2022. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Câmpus Inhumas, Inhumas, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/1096/1/tcc%20vesao%202022.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MEDEIROS, Fabiana Oliveira de. **ADSORÇÃO E PURIFICAÇÃO DA ENZIMA BETA-GALACTOSIDASE DE *Kluyveromyces marxianus* CCT 7082 ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA DE TROCA IÔNICA**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Química, Universidade Federal do Rio Grande, São Lourenço do Sul, 2008. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/3055/dissertacao+fabiana+oliveira+de+medeiros.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MEDEIROS, Joabe de *et al.* **OBTENÇÃO DA CELULOSE A PARTIR DA CASCA DA BANANEIRA E SUA UTILIZAÇÃO COMO ADSORVENTE DE METAIS PESADOS**. *In: III CONAPESC - Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*, Campina Grande, PB: Realize, 2018. Anais... Campina Grande, PB, 2018. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2018/TRABALHO_EV107_MD1_S_A25_ID490_10042018160807.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

MENDES, Marcus Fabiano de Almeida. **Espectrofotometria**. 20-- . Disponível em: https://www.ufrgs.br/leo/site_espec/index.html. Acesso em: 24 jun. 2024.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do *et al.* **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (Ufc)Ufc, 2020. 309 p. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53271> . Acesso em: 21 abr. 2024.

NUNES, Edilene de Cássia Dutra; LOPES, Fábio Renato Silva. **Polímeros: conceitos, estrutura molecular, classificação e propriedades**. São Paulo: Saraiva, 2014. 121 p. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536520506/pageid/2>. Acesso em: 28 mar. 2024.

OLIVEIRA, Fernanda Ramos Fernandes de; YOKOYAMA, Leonardo Querobim. **Ensine a pescar: a instalação de bituqueiras não é o suficiente para o descarte correto de cigarros**. **Educação Ambiental**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 02-09, ago. 2020. Disponível em: <https://educacaoambientalbrasil.com.br/index.php/EABRA/article/download/20/20>. Acesso em: 15 maio 2024.

ORLANDI, G. *et al.* **OBTENÇÃO DE ADSORVENTE ALTERNATIVO UTILIZANDO LODO ATIVADO DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE PARA A ADSORÇÃO DE CORANTES**. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 1-8, fev. 2015. Anual. Editora Edgard Blücher. <http://dx.doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0625-24683-171887>. Disponível em: [10.5151/chemeng-cobeq2014-0625-24683-171887](http://dx.doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0625-24683-171887). Acesso em: 02 ago. 2024.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. CORANTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO. **Holos**, Rio Grande do Norte, v. 5, p. 98-106. out. 2013. ISSN: 1518-1634. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481548607009.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

RIBEIRO, Guilherme de Melo. **PANORAMA DA POLUIÇÃO POR BITUCAS DE CIGARRO NA PRAIA DO LIDO/CRUSH, FORTALEZA/CEARÁ**. 2022. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69231>. Acesso em: 07 abr. 2024.

SANQUETTA, Carlos Roberto *et al.* MERCADO DE CELULOSE NO BRASIL E EM CINCO GRANDES PAÍSES. **Biofix Scientific Journal**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 189, 2 jul. 2020. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i2.69749>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i2.69749>. Acesso em: 25 abr. 2024.

SILVA, L. M. *et al.* O USO DA ESPECTROMETRIA DE MASSAS NA CARACTERIZAÇÃO DA ADSORÇÃO EM MICROCANAIS. **Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo**, 20–, BT/20, ISSN, p. 1518-9082. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/system/articles/323/original/14.pdf>. Acesso: 29 jul. 2024.

SOFIATTI, Maria Luisa Felicio; ALVES, Thaís Guimarães. **Brasil, grande produtor e exportador de tabaco e derivado: a luta contra o tabagismo e o crescimento do comércio ilegal no âmbito nacional e internacional**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24736/3/BrasilGrandeProdutor.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

SOUZA, Alessandro Almeida de. **RECICLAGEM DE BITUCA DE CIGARRO PARA OBTENÇÃO DE CELULOSE E SEU DERIVADO XANTATO**. 2022. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Tecnológica, Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/35218/1/2022_AlessandroAlmeidaDeSouza_tcc.pdf. Acesso em: 02 jul. 2024.

SOUZA, Maria Fernanda Romeu Lino de. **PRODUÇÃO DE NANOCOMPÓSITO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE SACOLAS PLÁSTICAS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE OBTIDOS A PARTIR DE FILTROS DE CIGARRO**. 2021. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Materiais (Ppg-Ecm), Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/0b34942c-f97b-4f8a-9eb9-87dfec44e329/content>. Acesso em: 25 abr. 2024.

TORKASHVAND, Javad; FARZADKIA, Mahdi. A systematic review on cigarette butt management as a hazardous waste and prevalent litter: control and recycling. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 26, n. 12, p. 11618-11630, 12 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04250-x>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-04250-x>. Acesso em: 29 mar. 2024.

VATANPOUR, Vahid *et al.* Cellulose acetate in fabrication of polymeric membranes: a review. **Chemosphere**, [S.L.], v. 295, p. 133914, maio 2022. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133914>. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133914>. Acesso em: 24 maio 2024.

WORLDNOASHTRAY. **Bitucas de cigarro**: um problema global. Um problema global. 2019.
Disponível em: <https://www.worldnoashtray.com/br/>. Acesso em: 26 mar. 2024.