

APLICAÇÃO DO PÓ DA CASCA DE LARANJA COMO ADSORVENTE DE AZUL DE METILENO EM EFLUENTES

Daniel Davi da Silva

*Felipe de Oliveira Lima

Gabriel Evangelista Gomes

Lander Vinicius Almeida da Silva

Matheus Santos da Rocha

Orientador (as): Prof. Aline Ramos e Thais dos Santos

RESUMO

O objetivo do trabalho é avaliar a casca de laranja como um adsorvente natural para remover azul de metileno de efluentes industriais, propondo uma alternativa sustentável aos tratamentos tradicionais. Por ser rica em pectina, hemicelulose e lignina, a casca possui grupos funcionais que interagem com o corante, favorecendo a adsorção. Foram preparados o pó da casca e as soluções do corante, e os ensaios foram conduzidos sob agitação, com análises por espectrofotometria UV-Vis para determinar a concentração final. Os resultados preliminares mostraram que a casca de laranja removeu cerca de 90% do azul de metileno, demonstrando boa eficiência e potencial de aplicação no tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Azul de metileno. Casca de laranja. Adsorção. Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate orange peel as a natural adsorbent for removing methylene blue from industrial effluents, proposing a sustainable alternative to traditional treatment methods. Due to its high content of pectin, hemicellulose, and lignin, the peel contains functional groups capable of interacting with the dye, enhancing the adsorption process. The orange peel powder and dye solutions were prepared, and the adsorption tests were carried out under constant stirring, followed by UV-Vis spectrophotometric analyses to determine the final concentration. Preliminary results showed that the orange peel removed approximately 90% of the methylene blue, demonstrating good efficiency and strong potential for application in effluent treatment.

Keywords: Sustainability. Methylene blue. Orange peel. Adsorption. Effluent treatment.

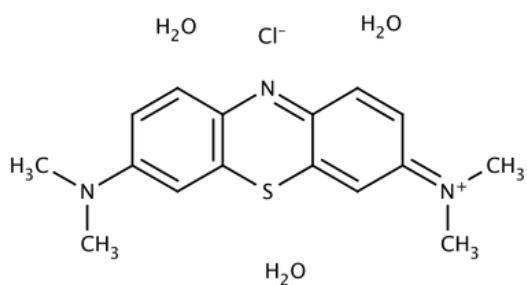
¹ Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina
Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil
* felipe.lima350@etec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

1.1. DESCARTE DE EFLUENTES INDUSTRIAS

O descarte incorreto de efluentes industriais representa um dos grandes desafios ambientais e de saúde pública atualmente. Dentre os diversos poluentes encontrados nesses resíduos, os corantes sintéticos se destacam por conta da sua elevada toxicidade, persistência no meio ambiente e reduzida capacidade de biodegradabilidade. Um exemplo desse problema é o azul de metileno, um corante catiônico da categoria dos fenotiazínicos, bastante utilizado nas indústrias têxtil, alimentícia, cosmética e farmacêutica por conta da sua estabilidade química e facilidade de uso (KANT, 2012; KHAN, 2022). Entretanto, sua alta solubilidade em água por conta da sua alta polaridade, retratada na figura 1, tornam a sua degradação mais difícil, o que o transforma em um poluente preocupante quando é lançado em rios, lagos ou reservatórios sem tratamento adequado.

Figura 1: Fórmula estrutural do azul de metileno.



1.2. IMPACTOS AMBIENTAIS DO AZUL DE METILENO

Os efluentes que contêm azul de metileno geram consequências negativas para a fauna e a flora do ambiente onde é despejado, como apresentado na figura 2. Esse corante absorve a luz solar, reduzindo a penetração da radiação na água e comprometendo a fotossíntese das plantas aquáticas. Com a diminuição da luz, há uma redução no oxigênio disponível, o que afeta a dinâmica da fauna aquática, diminui a diversidade de espécies e altera a cadeia alimentar local. Além disso, quantidades pequenas desse corante são suficientes para modificar a coloração da água, prejudicando sua aparência e limitando seu uso (ALMEIDA, 2016; KHAN, 2022).

Figura 2: Descarte de resíduos de azul de metileno sem tratamento.



1.3. RISCOS À SAÚDE HUMANA

Além dos efeitos ambientais, o azul de metileno traz riscos diretos à saúde das pessoas. A exposição, mesmo que indireta, pode resultar em sintomas como náuseas, vômitos, diarreias, irritações cutâneas e oculares, dificuldades respiratórias, alterações neurológicas e, em casos mais extremos, provocar necrose ou choque anafilático (COSTA, 2025; OLIVEIRA, 2019). Esses efeitos evidenciam a necessidade de desenvolver estratégias eficazes, econômicas e seguras para eliminar esse corante dos efluentes, principalmente em áreas com intensa atividade industrial têxtil.

1.4. ADSORÇÃO COMO TÉCNICA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Entre as técnicas disponíveis para o tratamento de efluentes contaminados com corantes, a adsorção é a que mais se destaca por sua simplicidade, economia e eficácia. A adsorção envolve o processo em que moléculas ou íons presentes na água se ligam à superfície de um sólido através de interações físicas ou químicas. O adsorvente adsorve o poluente, removendo-o do meio aquoso (NASCIMENTO et al., 2014; AMALINA, 2022).

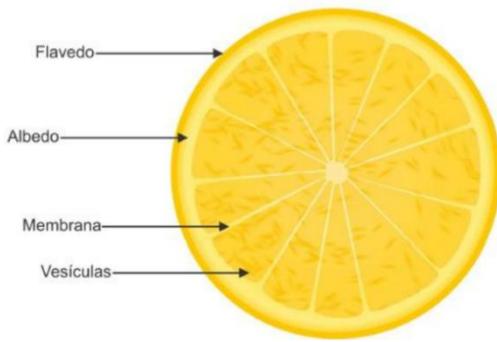
1.5. USO DE RESÍDUOS NATURAIS COMO ADSORVENTES

A utilização de resíduos naturais de baixo custo tem se mostrado uma solução sustentável e viável para este tipo de tratamento, pois eles são produzidos em larga escala e contêm grupos funcionais ativos que podem interagir com os poluentes (CRINI, 2005). A casca de laranja é um bom exemplo de material orgânico que demonstrou ter um bom uso como adsorvente para corantes catiônicos, como o azul de metileno.

1.6. CASCA DE LARANJA COMO ADSORVENTE NATURAL

No flavedo da laranja, encontram-se seus principais componentes estruturais pectina, hemicelulose e lignina representados na Figura 2. Esses componentes possuem grupos funcionais capazes de interagir com as moléculas do corante. (SILVA, 2024). A utilização desse material não apenas diminui o descarte de resíduos orgânicos, mas também valoriza um subproduto que está em grande oferta e é relativamente barato. O Brasil, como principal produtor de laranjas no mundo, destaca-se pela laranja Pêra, que é a variedade mais cultivada devido à sua adaptação às condições climáticas e ao consumo interno elevado. Anualmente, a produção de citros resulta em milhões de toneladas de cascas, representando uma fonte abundante para o tratamento de efluentes (SANTOS, 2012; IGOLIMA, 2023).

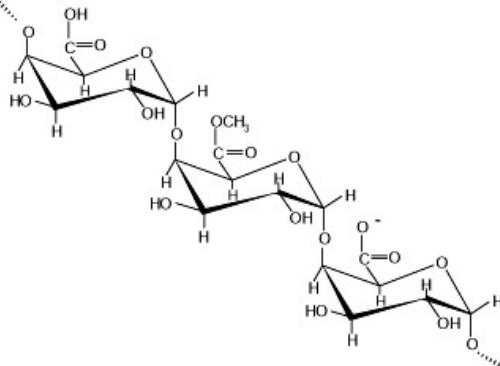
Figura 3: Representação da laranja e seus componentes.



1.7. PAPEL DA PECTINA NA ADSORÇÃO

A pectina, que é o principal elemento da casca da laranja, é um polissacarídeo formado por resíduos de ácido galacturônico. Ela é uma fibra alimentar e é amplamente utilizada na indústria de alimentos como um agente de gelificação e estabilização. O processo industrial para sua extração geralmente envolve a solubilização da protopectina encontrada em bagaços e cascas de frutas cítricas através de aquecimento em um meio ácido. A pectina desempenha um papel essencial na adsorção devido aos grupos funcionais presentes, especialmente as carboxilas (COOH) como representado na Figura 3, que permitem interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio com moléculas carregadas positivamente, como o azul de metíleno (CANTER, 2012; PAIVA, 2009; SOUZA, 2012; ARAÚJO, 2015).

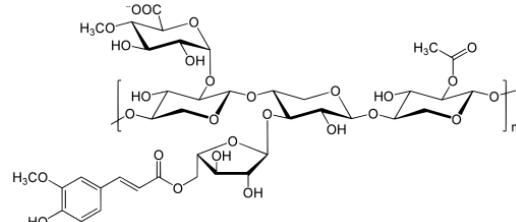
Figura 4: Fórmula estrutural da pectina



1.8. HEMICELULOSE E SUAS CARACTERÍSTICAS

Outro componente significativo da casca é a hemicelulose, que é um polissacarídeo encontrado na parede celular das plantas, com uma estrutura amorfa e ramificada, composta por diversos açúcares como xilose, arabinose e manose exemplificados na Figura 4. Ela envolve as fibras de celulose, proporcionando flexibilidade aos tecidos vegetais, além de ser facilmente degradável (ROSSETTI, 2016).

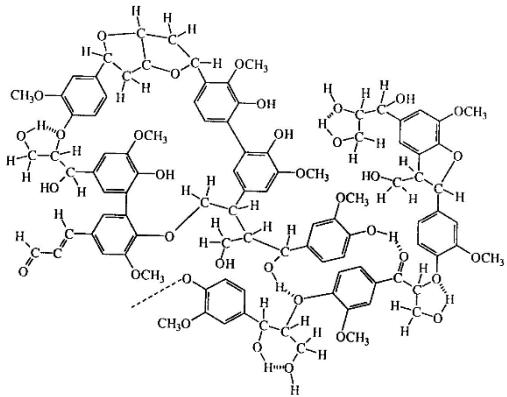
Figura 5: Fórmula estrutural da hemicelulose.



1.9. LIGNINA E CONTRIBUIÇÃO ESTRUTURAL

As ligninas, por sua vez, são grandes moléculas com forma indefinida demonstrados na Figura 5, formadas pela combinação de três tipos de álcoois, resultando em unidades chamadas siringil, guaiacil e p-hidroxifenil (ARAÚJO, 2015). Elas atuam como um tipo de revestimento nas plantas, e sua estrutura pode variar conforme a parte da planta e fatores químicos do tecido (SHIMIZU, 2018). Juntos, esses componentes conferem à casca de laranja características ideais para funcionar como um adsorvente natural de corantes (MACHADO, 2010; SOBRINHO, 2013).

Figura 6: Fórmula estrutural da lignina.



1.10. VANTAGENS AMBIENTAIS E OBJETIVO DO TRABALHO

Além das vantagens de seus compostos adsorverem, a utilização da casca de laranja proporciona vantagens ambientais ao reutilizar um resíduo agroindustrial e reduzir a dependência de adsorventes sintéticos derivados do petróleo. Pesquisas indicam que, ao serem submetidas a pré-tratamentos físicos ou químicos, a superfície da casca é ampliada e os grupos funcionais tornam-se mais acessíveis, aumentando sua eficácia na remoção de corantes (SILVA, 2024; SOUSA, 2017).

Devido a esse problema, o trabalho tem como objetivo analisar a eficácia da casca de laranja na adsorção de azul de metileno contido em efluentes industriais e avaliar suas propriedades como um adsorvente natural. (KANT, 2012; KHAN, 2022).

2 METODOLOGIA

2.1 MÉTODOS

2.1.1 PREPARO DA CASCA DE LARANJA

Para o preparo do adsorvente foi utilizado laranja Pera, que foi lavada e descascada, descartando o bagaço, a casca então foi lavada novamente com água e residual e destilada, triturada por 1 minuto e meio e então foi secada na estufa a 85°C por 48 horas, então foi lavada novamente até a retirada da pigmentação amarela liberada pela casca e secada novamente.

2.1.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

Para o ensaio de adsorção, foi preparada uma solução contendo 25 mL de azul de metileno à 100 mg. L⁻¹ em contato com 0,1 g do pó obtido da casca da laranja. Para que a adsorção pudesse ocorrer, o recipiente foi levado à agitação magnética constante por um período de 1 hora e 30 minutos, a fim de

garantir a homogeneização do azul de metileno e o do pó da casca de laranja. O experimento foi realizado em triplicata, para maior precisão dos resultados obtidos.

2.1.3 ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA

Para determinar o comprimento de onda de absorção máxima do azul de metileno, foi preparada uma solução de 4 mg·L⁻¹, analisada por meio da espectrofotometria na faixa de 400 a 700 nm, que foi utilizada como referência para as análises posteriores de concentração do azul de metileno. Com o valor do ápice de absorção foi feito a curva analítica do azul de metileno, além disso, com a equação 1 foi analisado a capacidade adsorptiva da casca de laranja, já com a equação 2, foi representada a quantidade removida de azul de metileno.

Equação 1: capacidade adsorptiva da casca de laranja.

$$q = \frac{V(C_i - C_f)}{m}$$

Equação 2: porcentagem de azul de metileno adsorvido pela casca de laranja.

$$\%red = \frac{(C_i - C_f)}{V}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PREPARO DAS CASCAS DE LARANJA

As cascas de laranja foram previamente cortadas, lavadas e pesadas, representada na figura 6, em seguida, levadas à estufa para secagem à 85°C. Após dois dias na estufa, as cascas foram novamente pesadas, trituradas em um liquidificador até obter a consistência de pó e lavadas utilizando água destilada para remover quaisquer resíduos de suco da laranja, como na figura 7. Após a lavagem, o pó foi seco novamente na estufa a 85°C obtido foi devidamente armazenado.

Figura 7: Cascas de laranjas cortadas e lavadas.



Figura 8: Cascas trituradas após 2 dias na estufa.



3.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

O ensaio de adsorção do azul de metileno foi realizado em triplicata de soluções de 100 mg.L^{-1} , como mostra a figura 8, e ficou sob agitação durante aproximadamente 90 minutos.

Figura 9: Triplicata das soluções de azul de metileno à 100 mg.L^{-1} .



Após a adsorção o azul de metileno foi filtrado por 10 minutos para remover o pó da casca de laranja que posteriormente foi tratado. Após a filtragem, pode-se notar a mudança de cor para azul claro, como mostra a figura 9, que então foi analisado no espectrofotômetro.

Figura 10: Azul de metileno filtrado



3.3 ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA

Realizamos uma varredura espectral com uma solução de azul de metileno com a concentração de 4 mg.L^{-1} e então observamos que o pico máximo de absorbância ocorreu em 660 nm, de acordo com o gráfico 1.

Gráfico 1: Resultados da varredura do azul de metileno.

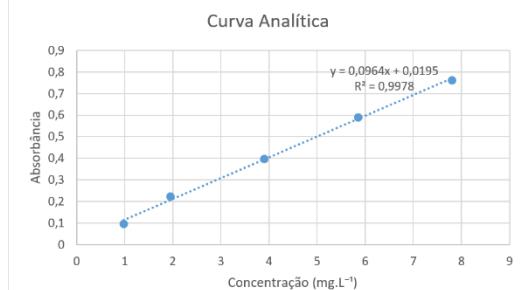


A partir desses resultados, foi realizada uma curva analítica do azul de metileno utilizando soluções de concentração 1, 2, 4, 6 e 8 mg.L^{-1} , conforme a figura 10, e foi obtido o gráfico 2.

Figura 11: Soluções de azul de metileno em concentração, respectivamente, 1, 2, 4, 6 e 8 mg.L^{-1} .



Gráfico 2: Curva analítica do azul de metileno



Com as amostras que lemos no espectrofotômetro, obtivemos os valores de absorvidade conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1: resultados obtidos.

Amostra	Massa de laranja pesada(g)	Absorvidade
1	0,1067	0,210
2	0,1104	0,191
3	0,1050	0,211

Com os valores obtidos, é possível calcular a concentração final de azul de metileno com a equação da curva analítica ($y=0,0964x+0,0195$):

$$P_1 = \frac{0,210 - 0,0195}{0,0964} = 1,97 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$P_2 = \frac{0,191 - 0,0195}{0,0964} = 1,77 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$P_3 = \frac{0,211 - 0,0195}{0,0964} = 1,98 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$\text{média} = \frac{1,97 + 1,77 + 1,98}{3} = 1,90 \text{ mg.L}^{-1}$$

$$DP = \frac{\sqrt{(1,97 - 1,90)^2 + (1,77 - 1,90)^2 + (1,98 - 1,90)^2}}{3} = \pm 0,0967 \text{ mg.L}^{-1}$$

Então, é calculado a capacidade adsorptiva da casca de laranja, ou seja, quantos miligramas do adsorbato é adsorvido por grama do adsorvente com a equação 1:

$$q_1 = \frac{0,025(100 - 1,97)}{0,1067} = 22,96 \text{ mg.g}^{-1}$$

$$q_2 = \frac{0,025(100 - 1,77)}{0,1104} = 22,24 \text{ mg.g}^{-1}$$

$$q_3 = \frac{0,025(100 - 1,98)}{0,1050} = 23,33 \text{ mg.g}^{-1}$$

$$\text{média} = \frac{22,96 + 22,24 + 23,33}{3} = 22,84 \text{ mg.g}^{-1}$$

$$DP$$

$$= \frac{\sqrt{(22,96 - 22,84)^2 + (22,24 - 22,84)^2 + (23,33 - 22,84)^2}}{3}$$

$$= \pm 0,4525 \text{ mg.g}^{-1}$$

E por fim, é calculado a quantidade de azul de metileno adsorvida com a equação 2:

$$\%red_1 = \frac{(100 - 1,97)}{100} \times 100 = 98,03\%$$

$$\%red = \frac{(100 - 1,77)}{100} \times 100 = 98,23\%$$

$$\%red = \frac{(100 - 1,98)}{100} \times 100 = 98,02\%$$

$$\text{média} = \frac{98,03 + 98,23 + 98,02}{3} = 98,09\%$$

$$DP$$

$$= \frac{\sqrt{(98,03 - 98,09)^2 + (98,23 - 98,09)^2 + (98,02 - 98,09)^2}}{3}$$

$$= 0,0967$$

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar a capacidade adsorptiva da casca de laranja em relação ao corante azul de metileno, buscando uma alternativa natural para o tratamento de corantes presentes em efluentes poluentes.

O preparo da casca de laranja inicialmente era preparada a 105°C porém, foi analisado que a casca estava carbonizando, no qual não era o objetivo, logo, a temperatura foi reduzida a 85°C, no qual teve resultados satisfatórios.

Os ensaios de adsorção foram feitos em diversas concentrações do adsorbato, variando de 8mg.L⁻¹ até 40mg.L⁻¹ no qual todos tiveram 100% de remoção do corante, então foi decidido aumentar esse valor até 100mg.L⁻¹ no qual finalmente conseguimos o valor de 90%, definindo um limite para a capacidade adsorptiva, e consequentemente, demonstrando maior efetividade do que no estudo realizado na referência citada. (FORMICA, 2017).

Por fim, a casca de laranja foi capaz de remover mais de 90% do corante, apresentando um resultado positivo e mostrando-se viável como um adsorvente natural. Dessa forma, sua aplicação pode contribuir para as ODS 6 e 14, que tratam da preservação e tratamento de corpos d'água, além de promover uma economia mais sustentável, em consonância com as ODS 8 e 9.

Para trabalhos futuros, podem ser realizados estudos variando a concentração do corante nos testes de adsorção, a realização de isotermas de adsorção, bem como a alteração de outras variáveis, como pH e temperatura.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos, antes de tudo, a Deus, bem como aos nossos familiares e amigos, cujo apoio tornou possível a realização deste trabalho.

Também expressamos nossa gratidão à ETEC Irmã Agostina pela infraestrutura disponibilizada e pelo suporte de seus colaboradores. Nossa agradecimento principal vai para as orientadoras Aline Ramos e Thais dos Santos, cujas orientações ao longo do ano foram essenciais para o desenvolvimento do projeto.

Agradecemos ainda ao Prof. Dr. Klauss Engelmann, que compartilhou seus conhecimentos conosco.

Por fim, estendemos nosso reconhecimento aos integrantes do grupo, que, apesar dos desafios e desentendimentos ao longo do ano, permaneceram dedicados à conclusão deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.J.R., et al. **A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes.** Departamento de Bioquímica e Microbiologia, Universidade Estadual Paulista., Rio Claro, 2016.
- AMALINA, F. **The effects of chemical modification on adsorbent performance on water and wastewater treatment - A review.** Faculty of Civil Engineering Technology, University Malaysia Pahang., Malaysia, 2022.
- ARAÚJO, A. C. C. D. **Composição química monomérica da lignina da madeira de Eucalyptus spp para produção de carvão vegetal.** Universidade Federal de Lavras., Lavras, 2015.
- CANTER, M.H.G. **Pectina: da matéria-prima ao produto final.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná., Paraná, 2012.
- COSTA, F. **Azul de metileno: o que é, para que serve e como usar.** Farmácia pelo Centro Universitário Newton Paiva., Belo Horizonte, 2025.
- CRINI, G. **Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review.** Centre de Spectrométrie, SERAC, Université de Franche-Comté., France, 2005.
- Formica, B. C. **Caracterização e Avaliação das Propriedades Adsorptivas da Casca de Laranja na Remoção do Corante Direct Blue 86.** Rev. Virtual Quim., 2017.
- IGOLIMA, U.M; et al. **Modified orange peel waste as a sustainable material for adsorption of contaminants.** Bristol, UK, 2023.
- KANT, R. **Textile dyeing industry an environmental hazard.** University of Fashion Technology, Panjab University, Chandigarh., India, 2012.
- KHAN, I.; et al. **Review on methylene blue: Its properties, uses, toxicity and photodegradation.** School of Chemistry and Chemical Engineering, Northwestern Polytechnical University, China, 2022.
- MACHADO, T.V. **Avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja proveniente das etapas do processamento do suco concentrado e congelado.** Faculdade de ciências farmacêuticas, Universidade estadual paulista Júlio de mesquita filho., São Paulo, 2010.
- NASCIMENTO, et al. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais.** Universidade Federal do Ceará - Ceará., 2014.
- PAIVA, E. **Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação.** Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco., Recife, 2009.
- PEIXOTO, F.; et al. **Corantes Têxteis: Uma Revisão.** Instituto Federal do Ceará., Fortaleza, Ceará, 2013.
- PIZZUTTI, I. R. **Estudo da determinação dos grupos silanóis em sílica - aplicação à materiais de recheio utilizados em cromatografia gasosa.**
- OLIVEIRA, F.C.S.; et al. **Azul de metileno para fins terapêuticos.** Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research., 2019.
- ROSSETTI, V. **Aprofundamento em biologia celular: sobre a origem e evolução das organelas.** 2016. Disponível em:
<https://netnature.wordpress.com/2016/02/17/aprofundamento-em-biologia-cellularsobre-a-origem-e-evolucao-das-organelas/>.
- SANTOS, M.J. **Síntese e caracterização de hemiceluloses catiônicas a partir do reaproveitamento da palha de milho.** Universidade Federal De Uberlândia., Uberlândia, 2012.
- SHIMIZU, F. L. S.; et al. **Remoção de lignina e hemicelulose: Influência na acessibilidade à celulose e sacarificação enzimática.** Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro., Rio Claro, 2018.
- SOBRINHO, A.P.C. **Cultura dos citros.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., Embrapa, Brasília, DF, 2013.
- SOUZA, A. L. N.; et al. **Modificação química da pectina do melão caipira.**

Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará., Ceará, 2017.

SOUZA, F. R. B.; et al. **Síntese e caracterização de hemiceluloses catiônicas a partir do reaproveitamento da palha de milho.** Instituto de química, Universidade Federal de Uberlândia., Uberlândia, 2012.