



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG**  
**Instituto de Matemática, Estatística e Física**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE)**

**ALINE BRAGA VARGAS**

**REMOÇÃO DE CORANTE AQUOSO VIA ADSORÇÃO COM BIOMASSA DE**  
***PINUS ELLIOTTII*: uma sequência didática para o Ensino Superior**

**Santo Antônio da Patrulha**

**2024**

**ALINE BRAGA VARGAS**

**REMOÇÃO DE CORANTE AQUOSO VIA ADSORÇÃO COM BIOMASSA DE  
*PINUS ELLIOTTII*: uma sequência didática para o Ensino Superior**

Produto educacional relativo à dissertação intitulada “Valorização de biomassa de *Pinus Elliottii* no desenvolvimento de miniprojeto de ensino de sustentabilidade” apresentada por Aline Braga Vargas ao PPGECE

Prof. Dr. Gilber Ricardo Rosa

**Santo Antônio da Patrulha**

**2024**

#### Ficha Catalográfica

V297r Vargas, Aline Braga.

Remoção de corante aquoso via adsorção com biomassa de *Pinus elliottii*: uma sequência didática para o Ensino Superior [Recurso Eletrônico] / Aline Braga Vargas. – Santo Antônio da Patrulha, RS: [FURG], 2024.  
18 f. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, sob a orientação do Dr. Gilber Ricardo Rosa e da coorientação da Dra. Patrícia Ignácio.

Disponível em: <https://ppgece.furg.br/>  
<https://educapes.capes.gov.br/>

1. *Pinus elliottii* 2. Sustentabilidade 3. Educação Ambiental  
I. Rosa, Gilber Ricardo II. Ignácio, Patrícia III. Título.

CDU 504:37

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1</b> – Síntese da Proposta do Miniprojeto de Ensino .....                                                                          | 6  |
| <b>Quadro 2</b> – Resultados a serem observados .....                                                                                         | 13 |
| <b>Figura 1</b> - a) Forno mufla utilizado. b) Carvão CP300 queimado no fundo da mufla c) CP300 queimado próximo a porta do forno mufla ..... | 15 |
| <b>Figura 2</b> - Curva de calibração para leitura da solução de azul de metileno produzida pela equipe executora .....                       | 16 |

## SUMÁRIO

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| APRESENTAÇÃO .....                                                                         | 4  |
| SEMANA 1 - APRESENTAÇÃO INICIAL (TEÓRICO) .....                                            | 6  |
| SEMANA 2 – PRODUÇÃO DE ADSORVENTES (EXPERIMENTAL) .....                                    | 8  |
| MÓDULO 1 .....                                                                             | 8  |
| MÓDULO 2 .....                                                                             | 8  |
| MÓDULO 3 .....                                                                             | 9  |
| MÓDULO 4 .....                                                                             | 9  |
| SEMANA 3 – INTERPRETAÇÃO DE TESTES DE CARACTERIZAÇÃO DE<br>ADSORVENTES (TEÓRICO) .....     | 11 |
| SEMANA 4 – TESTES DE ADSORÇÃO .....                                                        | 12 |
| SEMANA 5 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....                                               | 14 |
| RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA NO MANUSEIO DO ADSORBATO<br>(CORANTE DE AZUL DE METILENO) ..... | 14 |
| NOTAS AOS INSTRUTORES .....                                                                | 15 |
| REFERÊNCIAS.....                                                                           | 18 |

## APRESENTAÇÃO

Como miniprojeto educacional, foi estruturada uma Sequência Didática (SD) centrada na produção de adsorventes sustentáveis a partir de folhas de pinheiro para o ensino de conceitos de adsorção. A referida proposta de ensino coloca os discentes como protagonistas do processo de construção do conhecimento.

A sociedade que avança o século XXI vem enfrentando diversos problemas socioambientais em uma crise civilizatória de grande proporção (Leff, 2002), fato que torna a educação ambiental (EA) uma prática urgente, no sentido de proporcionar respeito pela vida, justiça ambiental, equidade, diversidade, sustentabilidade e beleza, conforme preconiza o prefácio da publicação intitulada *Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola* (Brasil, 2007), produzida pela Unesco (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura), Ministério da Educação e Ministério do Meio Ambiente do Brasil (Colagrande *et al.*, 2021).

A atividade, foi estruturada em 5 semanas, com diferentes módulos e envolve a participação ativa dos alunos em diversas etapas do processo. Os estudantes produziram três adsorventes distintos, caracterizam-nos usando técnicas analíticas padrão, interpretaram os resultados e realizam testes de adsorção com azul de metileno em meio aquoso.

Apesar da simplicidade das técnicas utilizadas, ao longo da atividade, os alunos têm a oportunidade de aprimorar habilidades de laboratório, aprendendo novas técnicas de caracterização de materiais, revisitando operações básicas de equipamentos e aplicando conceitos de relações de massa.

A construção dos conhecimentos, na forma como a concebemos, pressupõe um sujeito ativo, que participa de maneira intensa e reflexiva das aulas. Pressupõe um sujeito que constrói sua inteligência e sua identidade, através do diálogo estabelecido com seus pares, com os professores e com a cultura, na própria realidade cotidiana do mundo em que vive. Estamos falando, portanto, de alunos e alunas que são autores do conhecimento, e não meros reprodutores daquilo que a sociedade decide que devam aprender (Araújo, 2008. p. 194).

Este miniprojeto serve como um modelo para atividades práticas no ensino de adsorção e demonstra a viabilidade do uso de recursos sustentáveis e técnicas acessíveis para introduzir conceitos científicos complexos de maneira eficaz.

Dessa forma, no presente trabalho está construído o produto educacional através do trabalho de pesquisa do Mestrado Profissional em Ciências Exatas da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. O material é constituído de uma sequência didática para um miniprojeto de ensino, que tem como tema principal a adsorção de corante azul de metileno através de adsorventes sustentáveis oriundos de resíduos de biomassa do *Pinus elliottii*.

## SEMANA 1 - APRESENTAÇÃO INICIAL (TEÓRICO)

**Quadro 1 – Síntese da Proposta do Miniprojeto de Ensino**

| Semana | Aula         | Tempo/h      | Conteúdo                                                                                                                                   | Resultados de aprendizagem                                                                                                                   |
|--------|--------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Teórico      | 4            | Valorização da biomassa, resíduos agrícolas de <i>Pinus elliottii</i> , técnicas de produção de biocarvão e testes de adsorção de corantes | Compreensão conceitual                                                                                                                       |
| 2      | Experimental | 4<br>(2+1+1) | Produção de adsorventes                                                                                                                    | Habilidades manipulativas de laboratório                                                                                                     |
| 3      | Teórico      | 3            | Interpretação de testes de caracterização de adsorventes                                                                                   | Compreensão conceitual                                                                                                                       |
| 4      | Experimental | 4            | Testes de adsorção                                                                                                                         | Habilidades manipulativas de laboratório                                                                                                     |
| 5      | Teórico      | 4            | Apresentação de resultados em forma de seminário e relatório de aula prática                                                               | Habilidades de raciocínio científico, multiplicação e divulgação do conhecimento adquirido, treinamento para a vida acadêmica e profissional |

Fonte: Elaborado pela autora.

O ponto de partida do miniprojeto didático foi a introdução teórica aos temas de valorização de biomassa, resíduos culturais de *Pinus elliottii*, técnicas de produção de biochar e testes de adsorção de corantes. A explicação foi complementada com leituras extraclasse dos artigos: “Película polimérica aplicada en un miniprojecto didáctico de sostenibilidad”, de Grandini *et al.* (2024), “Adsorption of a PFAS Utilizing MOF-808: Development of an Undergraduate Laboratory Experiment in a Capstone Course” de VanOursouw *et al.* (2023), e “Sewage Sludge in Phenol and Methylene Blue Adsorption: A Miniproject for Teaching Sustainability” de Fonseca *et al.* (2020).

A semana 1 – Apresentação inicial deve iniciar com o tema, a problemática, os conteúdos que seriam abrangidos, a forma que ocorrerá a sequência didática e os resultados de aprendizagem esperados. Contextualizando os alunos à proposta, a

explicação deverá ser complementada com leituras extraclasse de artigos científicos selecionados pelo professor.

A avaliação da compreensão prévia dos alunos sobre os conteúdos trabalhados será com algumas questões relacionadas, para guiar o debate entre os alunos. São elas:

- Por que é tão importante o cuidado com os corpos d'água e o meio ambiente?
- O que são resíduos da indústria de Pinus?
- Qual é o papel que a valorização da biomassa no cuidado ao meio ambiente?
- O que é biocarvão?

Introduzindo essas questões será possível explorar o conhecimento que os alunos possuem ou não sobre o assunto e, assim dar seguimento com as próximas etapas, com a intenção de orientar os educandos sobre os novos conhecimentos que serão adquiridos.

## SEMANA 2 – PRODUÇÃO DE ADSORVENTES (EXPERIMENTAL)

### MÓDULO 1

#### *Folhas de pinheiro in natura (PIN)*

Nessa aula, inicia as atividades experimentais. O roteiro a seguir mostra o passo-a-passo para guiar os alunos na realização da prática de produção de adsorventes que serão testados posteriormente na adsorção do corante azul de metileno.

#### **Materiais:**

- Tesoura;
- 30 g de folhas de pinheiro (1 cm, aproximadamente);
- Assadeira rasa;
- Estufa;

#### **Procedimento:**

Cortar cerca de 30 g de folhas de pinheiro coletadas do solo de florestas de reflorestamento, colocar em uma assadeira rasa, secar o sólido em estufa (105 °C, 24 h).

#### **Tempo de execução:**

- 2 h aproximadamente.

### MÓDULO 2

#### **Materiais:**

- Pinça tipo tenaz;
- Dessecador;
- Recipiente com tampa.

**Procedimento:**

No dia seguinte, após 24 h da realização do módulo 1, os alunos deverão retornar ao laboratório para retirar suas amostras (denominadas Pinus in natura, PIN) da estufa, deixar esfriar em um dessecador, calcular o rendimento obtido e armazenar em frasco fechado.

**MÓDULO 3**

*Folhas de pinheiro carbonizadas a 300 °C (CP 300).*

**Materiais:**

- 7 g de PIN;
- Mufla;
- Pinça tipo tenaz;
- Dessecador
- Frasco com tampa.

**Procedimento:**

Pesar 7 g de PIN produzido na aula anterior (anotar a massa). Carbonizar em mufla (20 min, 300 °C). Resfriar em dessecador, calcular o rendimento obtido e embalar para os testes de adsorção. Gerando o biocarvão denominado CP 300.

**Tempo de execução:**

- 1 h aproximadamente.

**MÓDULO 4**

*Folhas de pinheiro carbonizadas a 400 °C (CP 400)*

**Materiais:**

- 7 g de PIN;
- Mufla;
- Pinça tipo tenaz;

- Dessecador;
- Frasco com tampa.

**Procedimento:**

Analogamente ao procedimento anterior, pesar 7 g de PIN (anotar a massa) e carbonizar em mufla (20 min, 400 °C). Resfriar em dessecador, calcular o rendimento obtido e embalar para os testes de adsorção.

**Tempo de execução:**

- 1 h aproximadamente.

### **SEMANA 3 – INTERPRETAÇÃO DE TESTES DE CARACTERIZAÇÃO DE ADSORVENTES (TEÓRICO)**

Consiste no envio de amostras dos adsorventes produzidos (PIN, CP300 e CP400) ao Centro Analítico da universidade para a realização de testes de caracterização por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDX), espectroscopia de análise porosimétrica (isotermas BET), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR) e composição elementar quantitativa (CHN). Para tanto, os alunos devem ser orientados pelo professor quanto à quantidade de amostra a ser enviada para cada análise e, também, na interpretação dos resultados obtidos. Desta forma, a Semana 3 deverá ser realizada com atenção individual a cada aluno.

#### **Tempo de execução:**

- 1 h aproximadamente.

## SEMANA 4 – TESTES DE ADSORÇÃO

Os adsorventes produzidos serão testados na remoção do corante azul de metileno por meio de um teste de lote.

### Materiais:

- Adsorvente;
- Erlenmeyer;
- Água destilada;
- Solução de azul de metileno;
- Mesa agitadora;
- Papel filtro;
- Espectrofotômetro.

### Procedimento:

Para os testes em branco, pesar 0,5 g de adsorvente em um Erlenmeyer. Adicione 25 mL de água destilada. Para cada amostra de adsorvente, pesar 0,5 g de adsorvente em um balão Erlenmeyer. Adicionar 25 mL de solução de azul de metileno (25 mg/L) e agitar a 150 rpm (20 min). Em seguida, filtre através de papel filtro e faça leituras de absorbância dos filtrados em um espectrofotômetro UV-Vis ( $\lambda = 665$  nm, cubeta de vidro de 1 cm) em triplicata.

Calcule a porcentagem de remoção do analito de acordo com a Equação (1):

$$\text{Adsorção (\%)} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} * 100(1)$$

Onde  $C_i$  e  $C_f$  são as concentrações inicial e final da solução, respectivamente. Observe que o  $C_f$  deve ser dado pela leitura da absorbância após o teste de adsorção menos a absorbância do branco.

**Quadro 2 – Resultados a serem observados**

| <b>Testes</b> | <b>Absorbância</b> |
|---------------|--------------------|
| PIN           |                    |
| CP 300        |                    |
| CP 400        |                    |

Fonte: Elaborado pela autora.

A eficiência na remoção do corante será quantificada por espectrofotometria UV-Vis comparando as absorbâncias lidas com a curva de calibração produzida pela equipe executora.

**Tempo de execução:**

- 4 h aproximadamente.

## **SEMANA 5 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados gerados por cada aluno no desenvolvimento de novos adsorventes a partir de folhas de pinheiro deverão ser apresentados aos colegas em formato de seminário. As discussões sobre os achados deverão ser conduzidas pelo professor e colegas e, ao final, todos os alunos entregam um relatório da atividade no formato de artigo científico.

Em resumo, o Produto relata o desenvolvimento de uma Sequência Didática que aborda o tema sustentabilidade via adsorção do corante azul de metileno por adsorventes produzidos a partir de resíduos de biomassa. À medida que se desenrola, os alunos são estimulados a investigar, problematizar e experienciar, de forma autônoma e participativa, culminando no compartilhamento e socialização de descobertas acerca da obtenção de três adsorventes derivados de folhas de pinheiro extremamente simples de produzir (PIN, CP 300 e CP 400). A eficiência dos adsorventes produzidos na remoção do azul de metileno em meio aquoso será surpreendente e comparável ao carvão ativado descrito na literatura. Em termos pedagógicos, a proposta descrita mostra-se viável, adequada, mobilizadora de aprendizagens.

## **RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA NO MANUSEIO DO ADSORBATO (CORANTE DE AZUL DE METILENO)**

O sólido azul de metileno é prejudicial se inalado. Manter sempre limpo o local de trabalho, evitando obstáculos inúteis que possam dificultar as análises. Usar uniformes adequados. Proteger muito bem os olhos, as mãos e os pés, usando óculos, luvas, calçados adequados, bem fechados. Descartar os materiais em recipientes de risco químico apropriados.

## NOTAS AOS INSTRUTORES

1. A mufla utilizada permitiu a queima de apenas duas amostras por vez (Figura 1). A amostra mais próxima da porta sempre apresentou carbonização menor que a da parte inferior do forno.

**Figura 1** - a) Forno mufla utilizado. b) Carvão CP300 queimado no fundo da mufla c) CP300 queimado próximo a porta do forno mufla.



Fonte: Fotografado pela autora.

Na Figura 1, a amostra foi carbonizada próxima à porta da mufla e o a cor mais avermelhada indica que teve uma carbonização menor. A amostra na Figura 1 estava localizada em fundo do forno e tem uma cor mais escura. Ambas as amostras do CP 300 foram queimadas no mesmo tempo e produzidos por alunos diferentes.

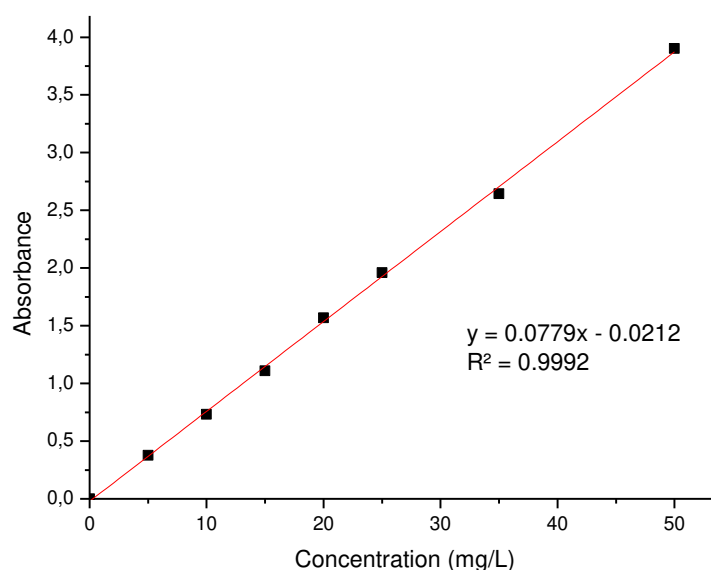
Obviamente, a carbonização parcial de uma amostra resultará em desempenho diferente em comparação com testes de adsorção. Isso justifica as flutuações nos resultados na adsorção de azul de metileno para o mesmo adsorvente.

2. Análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV). A morfologia dos sólidos foi analisada usando um modelo JEOL JSM 6610 a 20 kV e um valor de ampliação de 500 x. As amostras foram revestidas com ouro para análise.
3. Avaliação porosimétrica (isotermas de BET). Isotermas de adsorção de N<sub>2</sub> foram realizadas em Equipamento Gemini (Micrométricos). As amostras foram pré-aquecidas a 70 °C durante 8 horas sob vácuo. A área superficial foi determinada usando o método Brunauer – Emmet – Teller (BET) método a -196 °C com P/P<sub>atm</sub> na faixa de 0,01–0,35. O diâmetro

médio dos mesoporos e sua distribuição foi calculada pelo método Barrett – Joyner – Halenda (BJH) com os padrões Halsey para a isoterma de dessorção. O volume do microporo foi calculado utilizando o método t-plot e a isoterma padrão de Harkins e Jura.

4. Análise elementar (CHN). As composições de carbono, hidrogênio e nitrogênio (CHN análise) foram determinadas em um analisador PerkinElmer M-CHNS/O, modelo 2400.
5. Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR). As análises FT-IR foram realizadas usando um espectrofotômetro Shimadzu (IR Prestige 21), combinando 32 varreduras a 2 cm<sup>-1</sup> de resolução. As amostras foram analisadas como pellets com espessura aproximada e diâmetro de 2 mm e 5 mm, respectivamente. A diluição da massa da amostra foi realizada com KBr.
6. As análises de espectrofotometria UV- vis foram realizadas utilizando um aparelho Dynamica (modelo HALO SB-10).
7. A curva de calibração para leitura da solução de azul de metileno produzida pela equipe executora mostrada na Figura 2.

**Figura 2** - Curva de calibração para leitura da solução de azul de metileno produzida pela equipe executora



Fonte: Fotografado pela autora.

8. Azul de metileno (número CAS 61-73-4) foi adquirido da VETEC (Brasil) e foi usado sem purificação adicional.
9. Materiais de laboratório utilizados: Erlenmeyer de 250 mL (2 x), proveta graduada de 50 mL (2 x), papel filtro qualitativo (Macherey-Nagel, modelo MN-615).
10. Equipamentos de laboratório utilizados: Balança analítica (Shimadzu, modelo AUY220), estufa (Odontobras, modelo EL 1.2), mufla (Quimis, modelo Q318M21), agitador orbital ou shaker (Novo Brunswick Scientific, modelo R-2).

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. A. L. **Os sentidos da sensibilidade**: sua fruição no fenômeno do educar. Salvador: Edufba, 2008. 194p. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/18593/1/sentidos-sensibilidade-repositorio.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.
- COLAGRANDE, E. A. *et al.* Educação Ambiental em Escolas Municipais de Diadema, SP: estudo de características e práxis. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 27, p. e21020, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WJhdNVR3GpxgVzQ6J397Qsz/>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- FONSECA, C. S *et al.* Sewage sludge adsorbing phenol and methylene blue: a miniproject for teaching sustainability. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 4, 1087-1092, 2020.
- GRANDINI, C. P *et al.* Película polimérica aplicada en un miniproyecto didáctico de sostenibilidad. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 42, n. 1, 175-193, 2024.
- PANDEY, D *et al.* Valorization of waste pine needle biomass into biosorbents for the removal of methylene blue dye from water: Kinetics, equilibrium and thermodynamics study. **Environmental Technology & Innovation**, v. 25:102200, 2022.
- VANOURSOUW, T. M *et al.* Adsorption of a PFAS using MOF-808: Development of an undergraduate laboratory experiment in a final course. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 2, 861-868, 2023.