



**INSTITUTO FEDERAL**  
Goiás

Câmpus  
Anápolis

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
CÂMPUS ANÁPOLIS

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

GEOVANNA MARQUES DOS SANTOS

**ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM  
ADSORVENTE DA CASCA DE PEQUI PURA E MODIFICADA  
COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES**

ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciane Dias Pereira

ANÁPOLIS  
2025

GEOVANNA MARQUES DOS SANTOS

# **ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO EM ADSORVENTE DA CASCA DE PEQUI PURA E MODIFICADA COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES**

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química apresentado à Coordenação de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás-Campus Anápolis, sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciane Dias Pereira.

ANÁPOLIS-GO

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Santos, Geovanna Marques dos.

S237a      Adsorção do corante azul de metileno em  
adsorvente da casca de pequi pura e modificada  
como alternativa para tratamento de efluentes. / Geovanna  
Marques dos Santos. – Anápolis: IFG, 2025.  
55 f. il. color.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciane Dias Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Anápolis –  
Licenciatura em Química, 2025.

1. Adsorvente. 2. adsorção. 3. corante. 4. pequi.

I. Pereira, Luciane Dias (orient.).

II. Título

CDD 547

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Claudineia Pereira de Abreu  
CRB1/1956  
IFG Campus Anápolis

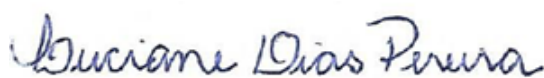
**Aluna: Geovanna Marques dos Santos**

**Título: Adsorção do corante azul de metileno em adsorvente da casca de pequi pura e modificada como alternativa para tratamento de efluentes**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química do Instituto Federal de Goiás – IFG – Câmpus Anápolis, como parte das exigências do curso de Licenciatura em Química para obtenção do título de licenciado em Química.

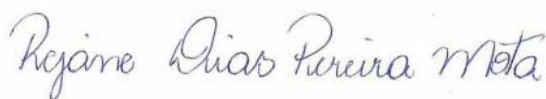
Área de concentração: Química

Aprovada em 20 de março de 2025.



---

Prof(a). Orientador(a)  
IFG – Câmpus Anápolis



---

Prof.(a).  
IFG – Câmpus Anápolis



---

Prof.(a).  
IFG – Câmpus Anápolis

Anápolis - Goiás - Brasil  
Março - 2025



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela força, coragem e sabedoria para superar os desafios dessa jornada acadêmica.

Aos meus pais Cristina e Leonardo, devo toda a minha gratidão pelo suporte que sempre me proporcionaram. Vocês me ensinaram a importância do esforço, da dedicação e da integridade. Obrigada por serem meu alicerce e por acreditarem em mim em todas as circunstâncias. Este TCC é tanto meu quanto de vocês, que não tiveram a oportunidade de concluírem os estudos. Sou imensamente grata pelo exemplo de força e amor que sempre me deram. Agradeço ao meu marido Lucas, pela compreensão, paciência e apoio durante todos os momentos de dedicação a faculdade. Agradeço por acreditar em mim, me incentivar a seguir em frente e me oferecer suporte emocional.

Agradeço aos meus queridos colegas de trabalho, cuja colaboração foi essencial. Obrigada por cada momento de cooperação, vocês tornaram o ambiente de trabalho mais leve e me ajudaram a conciliar minhas responsabilidades acadêmicas e profissionais. Aos meus colegas de turma Geovanne, Isabele e Lívia, que dividiram comigo seus conhecimentos, vivências e suporte durante toda essa jornada. Esses 6 anos de faculdade teria sido muito mais chato sem vocês. Sou grata por todas as contribuições e pela amizade que cultivamos ao longo do curso, espero levar vocês para minha vida.

Expresso minha profunda gratidão a todos os professores que contribuíram para a minha formação acadêmica, em especial os professores Lucas, Kellen, Rejane, Gracielle e Lidiane que se tornaram minha inspiração e referência profissional. Agradeço pela transmissão de conhecimentos, orientações e críticas construtivas, que foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico. A minha orientadora Profa. Dra. Luciane Dias Pereira pela sua inestimável orientação, apoio e incentivo durante todo o processo. Agradeço a paciência, as valiosas sugestões e a constante disponibilidade para me auxiliar na superação dos desafios encontrados.

Ao Instituto Federal de Goiás pelo ambiente acadêmico enriquecedor e pelos recursos disponibilizados. A Universidade Estadual de Goiás por disponibilizar os laboratórios para as realizações das análises desta pesquisa.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho, meu mais profundo Muito Obrigada!

## RESUMO

As cascas do pequi correspondem aproximadamente 84% do peso, e na grande maioria são descartadas de forma inadequada, causando impacto ambiental. Diante disto, essa pesquisa teve como objetivo caracterizar as cascas do pequi pura e modificada com ácido sulfúrico como adsorvente, visando sua utilização na adsorção do corante azul de metileno em solução aquosa. Realizou-se a determinação do teor de umidade e do teor de cinzas, a casca de pequi modificada apresentou um teor de umidade mais baixo comparado com a casca de pequi pura. A cinética de adsorção foi aplicada com as variações de tempo de contato de 0 a 240 minutos entre adsorvente e adsorvato. Com os resultados obtidos utilizaram-se as isothermas de adsorção de Freundlich e Langmuir para realizar os ajustes dos resultados obtidos. Foram realizadas determinações do pH das soluções, onde constatou-se uma maior adsorção nas soluções com pH > 7. Com o estudo cinético da adsorção do azul de metileno pelo adsorvente casca de pequi pura e modificado, concluiu-se que a casca de pequi modificada foi mais eficaz nesta adsorção, por ter uma interação eletrostática entre a superfície ativa da casca de pequi modificada e as moléculas do corante que é catiônico, favorecendo a adsorção nesta solução. Obteve-se como resultados da capacidade adsorvativa de 3,85 mg g<sup>-1</sup> no tempo de contato de 5 min para a casca de pequi pura e 3,97 mg g<sup>-1</sup> para a casca de pequi modificado.

**Palavras-chave:** adsorvente; adsorção; corante; pequi.

## ABSTRACT

Pequi peels account for approximately 84% of the weight of the fruit, and most of them are discarded inappropriately, causing environmental impact. Therefore, this research aimed to characterize the pure pequi peel and the peel modified with sulfuric acid as an adsorbent, aiming at their use in the adsorption of methylene blue dye in aqueous solution. The moisture content and ash content were determined; the modified pequi peel presented a lower moisture content compared to the pure pequi peel. The adsorption kinetics were applied with variations in contact time from 0 to 240 minutes between adsorbent and adsorbate. With the results obtained, the Freundlich and Langmuir adsorption isotherms were used to perform the adjustments of the results obtained. The pH of the solutions was determined, and a greater adsorption was observed in solutions with  $\text{pH} > 7$ . The kinetic study of the adsorption of methylene blue by the pure and modified pequi peel adsorbent concluded that the modified pequi peel was more effective in this adsorption, due to an electrostatic interaction between the active surface of the modified pequi peel and the dye molecules, which is cationic, favoring the adsorption in this solution. The results obtained were the adsorption capacity of  $3.85 \text{ mg g}^{-1}$  in the contact time of 5 min for the pure pequi peel and  $3.97 \text{ mg g}^{-1}$  for the modified pequi peel.

**Keywords:** Adsorbent; adsorption; colorant; pequi.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1:</b> Classificação e especificidades dos Corantes.....                         | 17 |
| <b>Tabela 2:</b> Processos de tratamento para remoção de corantes.....                     | 20 |
| <b>Tabela 3:</b> Resultados da caracterização física da CPP e da CPM.....                  | 35 |
| <b>Tabela 4:</b> Valores da determinação do pH das amostras de CPP e CPM.....              | 36 |
| <b>Tabela 5:</b> Dados para construção da curva de calibração do AM.....                   | 38 |
| <b>Tabela 6:</b> Resultados da cinética de adsorção do AM pelos adsorventes CPP e CPM..... | 40 |
| <b>Tabela 7:</b> Comparação dos resultados obtidos de outros autores.....                  | 42 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Fruto do pequi.....                                                                                                                | 14 |
| <b>Figura 2:</b> Estrutura de um corante (4-hidroxiazobenzeno) e seus componentes.....                                                              | 16 |
| <b>Figura 3:</b> Formula estrutural do AM.....                                                                                                      | 17 |
| <b>Figura 4:</b> Formas de agregados do corante AM.....                                                                                             | 18 |
| <b>Figura 5:</b> Estrutura do carvão ativado.....                                                                                                   | 23 |
| <b>Figura 6:</b> Etapas de preparo do adsorvente: (a) secagem das cascas de pequi; (b) trituração das cascas secas; (c) análise granulométrica..... | 33 |
| <b>Figura 7:</b> Micrografias da casca de pequi: a) 0,42 mm, b) 0,15 mm, c) 0,25 mm e d) 0,075 mm.....                                              | 34 |
| <b>Figura 8:</b> Determinação do pH nas soluções antes e após a adsorção.....                                                                       | 36 |
| <b>Figura 9:</b> Efeito da variação do pH em função da adsorção para CPP.....                                                                       | 37 |
| <b>Figura 10:</b> Efeito da variação do pH em função da adsorção para CPM.....                                                                      | 37 |
| <b>Figura 11:</b> Curva de calibração do corante AM (em $\text{mg L}^{-1}$ ).....                                                                   | 38 |
| <b>Figura 12:</b> Imagens da adsorção do corante AM nas amostras CPP e CPM...39                                                                     | 39 |
| <b>Figura 13:</b> Cinética de Adsorção do AM pelo os adsorventes CPP e CPM com variação de tempo.....                                               | 40 |
| <b>Figura 14:</b> Capacidade de adsorção do AM pelos adsorventes CPP e CPM com variação de tempo.....                                               | 41 |
| <b>Figura 15:</b> Isoterma de adsorção do CPP.....                                                                                                  | 43 |
| <b>Figura 16:</b> Isoterma de adsorção do CPM.....                                                                                                  | 44 |
| <b>Figura 17:</b> Ajustes dos dados experimentais de adsorção de AM empregando as isotermas de Langmuir.....                                        | 44 |
| <b>Figura 18:</b> Ajustes dos dados experimentais de adsorção de AM empregando as isotermas de Freudlich.....                                       | 45 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CPP: Casca de pequi pura

CPM: Casca de pequi modificado com  $\text{H}_2\text{SO}_4$

AM: Azul de metileno

pH: Potencial de hidrogeniônico

CAP: Carvão em pó

°C: Graus celsius

mg: Miligramas

mL: Mililitros

g: Gramas

h: Horas

min: Minutos

ppm: Parte por milhão

nm: Nanômetro

%: Porcentagem

mm: Milímetro

rpm: Rotações por minuto

UV: Raio Ultravioleta

Kv: Quilovolt





material mais utilizado nos processos de adsorção é o carvão ativado (Almeida et al., 2016 a).

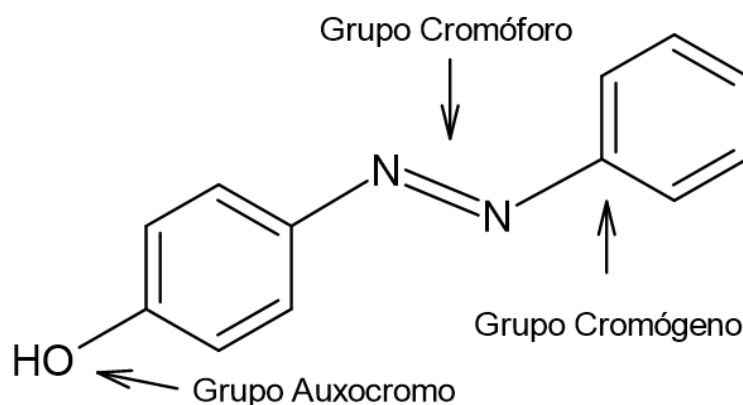
Este estudo visa estudar a eficácia do adsorvente produzido a partir da casca de pequi pura e modificada, para a remoção do azul de metileno de efluentes. Foi realizado a caracterização física das cascas e a modificação com  $H_2SO_4$ , em seguida realizou-se o estudo das amostras puras e modificadas para comparação da adsorção. Posteriormente, foram analisados a capacidade máxima de adsorção, o tempo de contato necessário para atingir o equilíbrio e os efeitos de variáveis como pH (potencial de hidrogeniônico) e concentração inicial do corante. Logo após, estudou-se os mecanismos de adsorção envolvidos, utilizando modelos cinéticos e isotérmicos.





Os corantes são moléculas orgânicas insaturadas (Figura 2), coloridas, as quais absorvem luz com comprimento de onda na faixa visível, que corresponde a 400-700 nm (Christie, 2015). Segundo Rodrigues (2017) apresentam três componentes principais: um cromóforo, um cromógeno e um auxocromo. Devido a sua estrutura química conter anéis aromáticos, grupos aminas e azos, grupos sulfônicos, e íons metálicos em sua constituição, os corantes são moléculas de difícil degradação, pois permanecem no ambiente por um longo período de tempo. Outra problemática dos corantes é que devido a sua estrutura química são compostos inibidores de micro-organismo, diminuindo ainda mais as chances de serem degradados naturalmente no ambiente.

**Figura 2:** Estrutura de um corante (4-hidroxiazobenzeno) e seus componentes



**Fonte:** ChemSketch (2024).

De acordo com seu modo de fixação, ou método de aplicação, os corantes são classificados em: básicos, ácidos, diretos, mordentes, dispersos, reativos, enxofre, cuba e azóicos (Tabela 1).























$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{t}{qe} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

$K_2$ : Constante de taxa de ordem pseudo-segunda (g (mg min.));

$t$ : Tempo de equilíbrio (min.);

$qe$ : quantidade adsorvida (mg g<sup>-1</sup>).







$$q = V \times \frac{C_i - C_f}{M} \quad \text{Equação (8)}$$

q = Capacidade de adsorção (mg g<sup>-1</sup>);

V = Volume da solução (L);

C<sub>i</sub> = Concentração inicial do corante (mg L<sup>-1</sup>);

C<sub>f</sub> = Concentração final do corante (mg L<sup>-1</sup>);

M = Massa do adsorvente (g).

### 3.6 Análise estatística

Os cálculos, gráficos e as análises estatísticas foram realizados no programa Excel. Todas as análises foram feitas em triplicata e as médias e desvios padrão foram realizados para avaliar a precisão dos dados experimentais.





As massas usadas nas análises e os resultados dos teores de umidade e de cinzas das amostras CPP e CPM estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Resultados da caracterização física da CPP e da CPM.

| <b>Amostras</b> | <b>Massa Inicial<br/>(M<sub>1</sub>)</b> | <b>Massa Final<br/>(M<sub>2</sub>)</b> | <b>Teor de<br/>umidade<br/>(%)</b> | <b>Teor de<br/>Cinzas<br/>(%)</b> |
|-----------------|------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| CPP             | 0,403 ± 0,001                            | 0,358 ± 0,001                          | 11,01 ± 0,649                      | 2,40 ± 0,240                      |
| CPM             | 0,409 ± 0,001                            | 0,377 ± 0,002                          | 7,74 ± 0,486                       | 4,86 ± 0,608                      |

Médias obtidas de 3 repetições ± desvio padrão.

Em geral, os teores de cinzas de adsorventes provenientes de frutos, variam entre 1% e 12%, de acordo com o material utilizado. Obtiveram-se neste estudo, valores dentro do esperado. A amostra modificada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentou um maior teor de cinzas, o que contribui na redução de sua capacidade adsortiva, uma vez que a matéria mineral causa um efeito dielétrico sobre o processo de adsorção capturando, preferencialmente, água devido ao caráter hidrofílico (Ramos et al., 2009).

#### **4.3.2 Determinação do pH das soluções**

A Figura 8 apresenta os resultados obtidos de pH das soluções no método de adsorção, no qual obteve-se para o CPP o pH inicial entre 6,28 - 7,97 e pH final 6,84 - 7,37, enquanto o CPM os valores iniciais ficaram entre 5,53 - 5,98 e o pH final entre 8,14 - 9,41.



















**Figura 18:** Ajustes dos dados experimentais de adsorção de AM empregando as isotermas de Freundlich

