

UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DA LARANJA E DA CINZA DA CASCA DE ARROZ COMO ADSORVENTES DE EFLUENTE TÊXTIL

Milena Laurindo Zomer¹

Aline Resmini Melo²

Resumo: Uma das maiores preocupações das indústrias têxteis são os efluentes gerados em seus processos produtivos, já que seus resíduos são volumosos, complexos e nocivos. Atualmente existem vários métodos utilizados para o tratamento de efluentes têxteis, e se destacam uso de rejeitos da agroindústria como adsorventes naturais e biodegradáveis. O objetivo do estudo foi analisar e comparar a utilização da CCA (cinza da casca de arroz) e o BL (bagaço de laranja), como substituintes de adsorventes convencionais, onde foi analisado a área superficial pelo processo de BET, o pH do ponto de carga zero dos dois adsorventes (pH_{pcz}) e a cinética de adsorção. Para o trabalho o BL utilizado foi seco no sol por 48 horas e após triturado e a CCA *in natura*. Verificou-se que o pH_{pcz} para a CCA foi de 9,04 e para o BL foi de 2,60. Portanto simulou-se o processo de adsorção em batelada utilizando o bagaço de laranja e a cinza da casca de arroz em banho termostático, onde foi comprovado que o modelo de pseudo-segunda ordem foi o que melhor se adequou para a CCA. O tempo de equilíbrio de adsorção da CCA foi de 350 minutos e não foi encontrado para o BL, devido a interações das substâncias contidas no bagaço de laranja com o corante.

Palavras-Chave: Bioadsorvente. *Reactive blue 222*. Remoção. Adsorção. Agroecologia.

1 INTRODUÇÃO

A poluição das águas naturais é um dos grandes problemas da sociedade moderna, devido à expansão urbana e industrial, juntamente ao crescimento agrícola. Há décadas esta problemática vem sendo estudada e cada vez mais vistoriada por órgãos fiscalizadores. O processo produtivo da indústria têxtil envolve grande consumo de água, produzindo efluentes volumosos, complexos e nocivos (SANTOS, 2015; FORMICA; BRUDZINSKI, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (Abit) em 2020 o Brasil foi o quarto maior produtor de denim, e o quarto maior produtor de malha, em escala global, sendo classificado como a maior Cadeia Têxtil completa

¹ Graduanda em Engenharia Química. 2021-2. E-mail: milenzomer@hotmail.com

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

do Ocidente (ABIT, 2020). Os efluentes provenientes da indústria têxtil são altamente coloridos, devido aos corantes presentes no processo de tingimento que não se fixam as fibras dos tecidos, esses efluentes podem se tornar tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos no ambiente, além de conter metais pesados tais como cromo, níquel e cobre (CASTRO, 2019; FORMICA; BRUDZINSKI, 2015). Vale ressaltar que a cinética de degradação dos corantes acontece de forma lenta (PIZATO et al., 2017).

Atualmente existem vários métodos utilizados para o tratamento de efluentes têxteis, e se destacam o uso de rejeitos da agroindústria como adsorventes naturais e biodegradáveis. Provou-se que a adsorção é um processo eficaz e econômico para tratamento da coloração de efluente têxtil, além de serem subprodutos gerados em grande escala no Brasil (FORMICA; BRUDZINSKI, 2015). Para Santos (2015), um método amplamente utilizado para a retirada de contaminantes de soluções aquosas é a adsorção em materiais adsorventes, ou seja, a utilização de um material capaz de reter íons ou moléculas dos contaminantes em sua superfície.

Existem vários insumos sendo estudados como alternativas para a utilização do carvão ativo, esse é um dos agentes adsorventes mais utilizados, ele possui alta eficácia, entretanto envolve alto custo e gera outro resíduo (CUNHA, 2014; CASTRO, 2019). Desta forma, o estudo do bagaço da laranja (BL) e da cinza da casca do arroz (CCA) como possíveis substituintes no processo de adsorção de corante da indústria têxtil se torna um estudo potencial. Visto que estes são subprodutos naturais e de fácil acesso no Estado de Santa Catarina, para serem analisados como adsorventes (EMBRAPA, 2019; EPAGRI, 2020).

Sendo assim o objetivo do trabalho foi analisar e comparar a utilização do BL e CCA, como substituintes de adsorventes convencionais para a remoção do corante azul colorsupra AC-2BG proveniente da indústria têxtil. Verificar a capacidade adsortiva dos bioadsorventes através da análise da área superficial pelo processo de BET. Além de definir o pH em que a superfície do sólido possui carga neutra através do ponto de carga zero dos dois adsorventes (pH_{pcz}). E por fim, analisar a cinética de adsorção do bagaço da laranja e da cinza da casca de arroz como adsorventes naturais do corante azul colorsupra AC-2BG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desafio para a remoção dos corantes e subprodutos provenientes de efluentes têxteis se intensificou nos últimos anos, com a alta produção de tingimento de tecidos e devido a novas tecnologias para a fabricação dos corantes feitos para resistirem à luz ultravioleta, sendo estáveis a fotodegradação (FORMICA; BRUDZINSKI, 2015).

Os tratamentos têxteis são classificados em primários, secundários e terciários. Estes incluem a floculação química, coagulação, sedimentação simples, lagoas aeradas, lodo ativado aeróbio, filtros gotejantes, adsorção, osmose reversa e eletrólise além de tratamentos de foto-oxidação, com H₂, O₂ e UV (CUNHA, 2014; GHALY, 2014).

2.1 ADSORÇÃO

O tratamento por adsorção é considerado um método terciário e é o mecanismo mais utilizado para a remoção de corante, a escolha apropriada do adsorvente é fundamental (SILVA S., 2019; SOUZA et al., 2019). Sendo indicado para remoção de poluentes, remoção de cor e diminuição de turbidez, geralmente se utilizam filtros de carvão ativado (SOUZA et al., 2019).

A adsorção sólido/líquido é uma das técnicas mais utilizadas na remoção de metais pesados e uma de suas vantagens é que esse processo não gera lodo como resíduo, o processo de adsorção baseia-se na operação de transferência de massa (SILVA A., 2019; SILVA S., 2019; NASCIMENTO et al., 2014). Silva A. (2019) destaca que a cinética de adsorção pode ser determinada como a taxa de adsorção do adsorbato na fase fluída vinculada ao tempo de contato com o adsorvente.

Devido a interação entre as partículas de adsorvente e soluto, ocorrem processos físicos e químicos, onde ficam retidas partículas tanto na superfície do sólido quanto em seus poros (CUNHA, 2014). A adsorção pode ocorrer de três formas: física (fisissorção), química (quimissorção) ou as duas em simultâneo. A adsorção física possui ligações fracas, porém reversíveis, ela ocorre em multicamadas e ocorre em toda a superfície do adsorbato, geralmente ocorre de forma rápida. Enquanto a adsorção química ocorre em monocamadas, as moléculas durante o processo são

sobrepostas na superfície do adsorvente, justificado pela atuação de ligações covalentes, ocorre apenas nos sítios ativos (LAVRENKO et al., 2018; NASCIMENTO, 2014).

2.1.1 Bagaço de laranja

A laranja pêra, *Citrus sinensis* L. Osbeck, tem origem na Ásia e chegou ao Brasil através dos portugueses no século XVI, durante o período de colonização (MATTOS JUNIOR et al., 2005). O clima do país favoreceu a adaptação do fruto *Citrus*, onde o território detém grande parte da produção mundial de suco de laranja. Entre as variedades da laranja a do tipo pêra se destaca por ter um alto rendimento e boa qualidade de seu suco (EMBRAPA, 2012; SANTOS, 2015; COELHO et al., 2019).

De acordo com Moraes e Crestani (2018) o bagaço da laranja seco é composto por $2,9 \pm 0,2\%$ de cinzas, $12,3 \pm 0,9\%$ de umidade, $19,3 \pm 0,9\%$ de extrativos em solvente, $38,5 \pm 1,5\%$ de celulose, $33,1 \pm 2,0\%$ de holocelulose, $24,0 \pm 2,0\%$ de hemicelulose e $2,9 \pm 0,5\%$ de lignina.

Os principais componentes presentes na casca de laranja são o ácido ascórbico, o beta-caroteno, a pectina, o limoneno, a celulose e a sacarose (LADANIYA, 2008). Ela é um eficiente adsorvente, de baixo custo e fácil obtenção empregada na remoção de corantes orgânicos e metais poluentes oriundos de efluentes industriais (FORMICA; BRUDZINSKI 2015).

Diversos estudos feitos sobre o uso de materiais agrícolas comprovam que as biomassas, principalmente as que possuem celulose em sua composição, podem ser utilizadas como adsorventes para retirada de poluentes de rejeitos, inclusive corantes (NASCIMENTO et al., 2014).

O bagaço é composto, em maior proporção, pela casca, em seguida de filamentos de membranas e sementes, suas características naturais adsorptivas podem se aproximar às do carvão ativado (FERRARI, 2009; STRÖHER, 2010).

2.1.2 Casca de arroz

O grão de arroz foi incorporado no Brasil por volta de 1500, trazido pelas tropas de Pedro Álvares Cabral, entretanto os primeiros relatos de cultivo do arroz

ocorreram depois do ano 1530 na capitania de São Vicente, atualmente compreendido pelos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná. Com o passar do tempo a plantação do grão espalhou-se pelo país (PEREIRA, 2002).

O arroz é o cereal mais produzido e comido no mundo, é um alimento muito popular entre as famílias brasileiras, sendo consumido diariamente. Além de suas principais vitaminas que são tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B3) esse grão possui diversas formas de preparo (CONAB, 2015).

O arroz é formado, principalmente, por carboidratos e contém proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. A casca de arroz é um subproduto proveniente da etapa de beneficiamento e equivale aproximadamente a 20% do peso do grão composta por hemicelulose, celulose, lignina e sílica (CASTRO, 2019; CONAB, 2015). A cinza da casca de arroz possui um percentual de SiO_2 de 96,65%, tendo como principais impurezas K_2O , CaO , Al_2O_3 , MgO e P_2O_5 , quantidades inferiores a 1% (DELLA; KUHN; HOTZA, 2001).

2.2 CORANTES

Os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química (antraquinona, azo, diazo, etc.) ou de acordo com o método pelo qual são fixados à fibra (reativos, diretos, azoicos, básicos, ácidos, dispersivos, pré-metalizados, etc.). São considerados substâncias químicas responsáveis por conferir cor as moléculas têxteis ou de outra natureza, possuem característica de hidrossolubilidade (CUNHA, 2014; MARÍN, 2015; RIBEIRO, 2012).

Cunha (2014) ressalta que o uso do corante reativo equivale a proximamente 20 a 30% do montante de corantes utilizados e são assim determinados pela presença de pelo menos um grupo cromóforo, responsável pela cor, e um grupo reativo, responsável pela fixação.

O processo de adsorção de corante no adsorvente ocorre em três fases distintas, a primeira refere-se à transição do corante do meio para a superfície mais externa no adsorvente, a segunda fase ocorre quando o corante está em movimento dentro dos poros do adsorvente e, a terceira é caracterizada pela adsorção do corante nos sítios no interior do adsorvente (ALLEN et al., 1989 e SANGHI; BHATTACHARYA, 2002 apud CASTRO, 2019).

2.2.1 Corante azul colorsupra AC-2BG

O corante utilizado no experimento é azul colorsupra AC-2BG, internacionalmente conhecido como *Reactive Blue 222*, pertencente a classificação de corante diazo reativo bifuncional, tem finalidade para uso industrial para tingimento de fibras têxteis. Corantes reativos formam ligações químicas covalentes com as fibras dos tecidos, possui caráter aniônico que contém um grupo cromóforo azo, responsável por conferir cor, e um grupo do tipo sulfonado, responsável pela solubilidade, e o grupo reativo é o sulfatoetilsulfonila (MARIN et al., 2015).

Conforme a FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos) da Quimitextil (2019), o corante não é classificado como tóxico agudo, porém sua queima pode produzir fumaças tóxicas e monóxido de carbono. Os dados de propriedades físico-químicas do corante estão no Qd. 1.

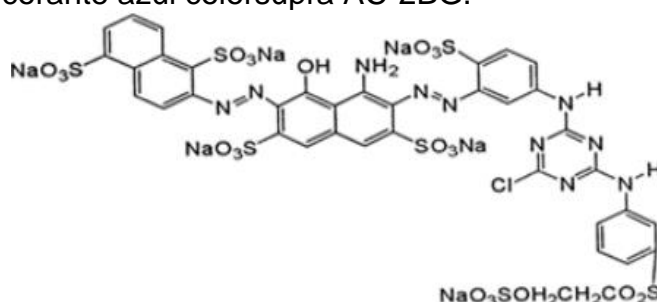
Quadro 1: Propriedades físico-químicas do corante.

Propriedades	Valor
Aspecto	Pó
Cor	Azul
Odor	Característico
pH	5,5 – 7,5
Solubilidade em água	100 g/L em água à 60°C
Densidade	0,55 – 0,80 g/cm ³

Fonte: Adaptado de Quimitextil (2019)

A Fig. 1 apresenta a fórmula química e estrutural do corante azul colorsupra AC-2BG.

Figura 1: Fórmula química e estrutural do corante azul colorsupra AC-2BG.



Fonte: Saraf et al. (2016, p. 2)

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAS ADSORVENTES

A caracterização físico-química do bagaço de laranja (BL) e da cinza de casca de arroz (CCA) serão abordadas neste capítulo a fim de classificar seus desempenhos como materiais adsorventes.

2.3.1 Ponto de carga zero

O ponto de carga zero (PCZ), ou ponto isoelétrico, possibilita prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH, se ela tem propensão a tornar-se carregada positivamente ou negativamente. Corresponde ao pH em que a carga da superfície do sólido, adsorvente, é igual a zero (FORMICA; BRUDZINSKI, 2015; SILVA S., 2019).

De acordo com Silva S. (2019) o conhecimento sobre o PCZ proporciona prever a ionização dos grupos funcionais na superfície do material, e a interação com espécies de metal em solução que pode interagir com espécies metálicas positiva ou negativa, quando o sólido adsorvente é carregado negativamente em soluções de pH superior ao PCZ e quando é carregado positivamente em soluções de pH inferior ao PCZ, respectivamente.

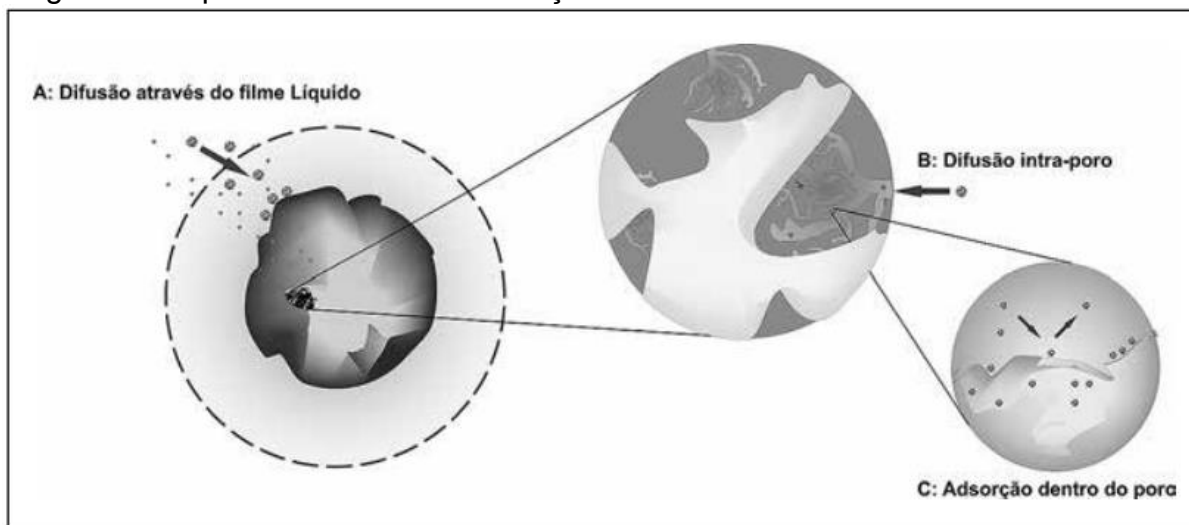
2.3.2 Cinética de adsorção

De acordo com Silva A. (2019) os aspectos que podem influenciar no processo de adsorção estão relacionados ao adsorvente e ao adsorvato, referente ao primeiro são área superficial, tamanho do poro, densidade e hidrofobicidade, e os de natureza do adsorvato são polaridade, tamanho de molécula, solubilidade e acidez/basicidade.

De acordo com Nascimento et al. (2014), a cinética de adsorção pode ser proposta por diferentes processos: transferência de massa externa, difusão no poro e difusão na superfície, a Fig. 2 descreve essas etapas.

Durante a 1ª etapa tanto a concentração do adsorvato quanto a agitação podem afetar a difusão. Normalmente a 2ª etapa é a limitante (NASCIMENTO et al., 2014).

Figura 2: Etapas da cinética de adsorção.



Fonte: Nascimento et al. (2014, p. 52)

A capacidade de adsorção (q_e) é obtida pela quantidade de corante adsorvida pelos bioadsorventes e o equilíbrio de adsorção é um dado base para cálculos do presente trabalho, cinéticas de adsorção de Primeira e Segunda Ordem. Após um determinado tempo de contato entre o adsorvente com o adsorbato ocorre o equilíbrio, onde o processo de adsorção estagna, conhecido como equilíbrio de adsorção (NASCIMENTO et al., 2014; SILVA A, 2019). A capacidade de adsorção é dada pela Eq. (1) (SILVA A, 2019):

$$q = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Onde:

q = capacidade de adsorção (mg g^{-1});

C_0 = concentração inicial do adsorbato (mg L^{-1});

C_e = concentração do adsorbato no equilíbrio (mg L^{-1});

V = volume de solução (L);

m = massa do adsorvente (mg).

Diversos modelos de cinética foram estabelecidos para a compreensão da cinética de adsorção, porém os mais empregados são o Modelo de Pseudo Primeira Ordem e o Modelo de Pseudo Segunda Ordem (SILVA A., 2019, SILVA et. al, 2018).

A cinética de Pseudo Primeira Ordem descreve com que velocidade a reação de difusão entre o adsorvato e a superfície do adsorvente ocorre, independente da concentração do adsorvato, sendo empregada para sistemas líquido-sólido (RIBEIRO, 2012; SILVA A., 2019). A equação que representa o modelo cinético de Primeira Ordem é apresentada pela Eq. (2) (HO; MCKAY, 1999):

$$\log(q_{ed} - q_t) = \log(q_{ed}) - \left(\frac{k_1}{2,303}\right)t \quad (2)$$

Onde:

k_1 = constante de velocidade de adsorção (min^{-1});

q_{ed} = quantidade de adsorvato adsorvido no equilíbrio (mg g^{-1});

q_t = quantidade de adsorvato adsorvido (mg g^{-1}) no tempo (min^{-1}).

Por meio da plotagem do gráfico, dos dados obtidos com a cinética de Pseudo Primeira Ordem, de $\ln(q_{ed} - q_t)$ versus t , obtêm-se o valor de q_e e k_1 . O modelo é caracterizado pela ocupação de um sítio ativo do adsorvente (NASCIMENTO et. al, 2014; SILVA S., 2019).

Estudos prévios de Cunha (2014) e Penha (2009), confirmam que o modelo de Pseudo Segunda Ordem representa melhor a cinética de adsorção para o bagaço da laranja e casca de arroz. Este modelo cinético depende da quantidade de adsorbato adsorvida pelo adsorvente e da quantia adsorvida durante o equilíbrio (SILVA et. al, 2018). As equações principais, não-linear e linearizada, são apresentadas a seguir pelas Eq. (3) e (4), respectivamente (HO; MCKAY, 1999):

$$\frac{t}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e^2} + k_2 t \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

Onde:

t = tempo de equilíbrio (min);

q_e = quantidade de adsorvato adsorvido no equilíbrio (mg g^{-1});

q_t = quantidade de adsorvato removido no tempo t (mg g^{-1});

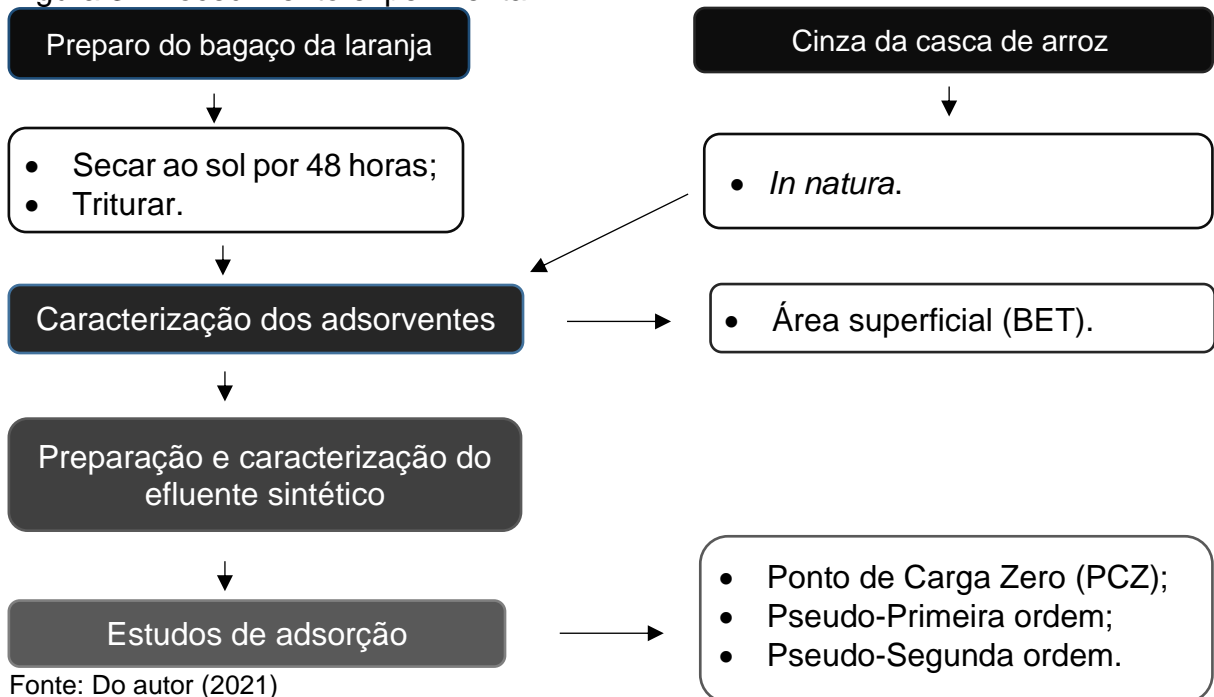
k_2 = constante da taxa de adsorção de pseudo segunda ordem ($\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Através do intercepto das linhas e da inclinação da curva entre (t/q_t) versus t , em forma de gráfico, é possível determinar os valores de q_e e k_2 . Caso a plotagem do gráfico apresente relação linear, o modelo cinético de Pseudo Segunda Ordem é aplicável (NASCIMENTO et al., 2014; RIBEIRO, 2012).

3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Neste capítulo serão apresentados os métodos e quantidades utilizadas para preparação do PCZ, cinética de adsorção e BET dos bioadsorventes, bagaço da laranja e cinza da casca de arroz, e para a simulação do efluente (corante azul colorsupra AC-2BG), assim como o fluxograma do procedimento experimental que foi executado, demonstrado na Fig. 3.

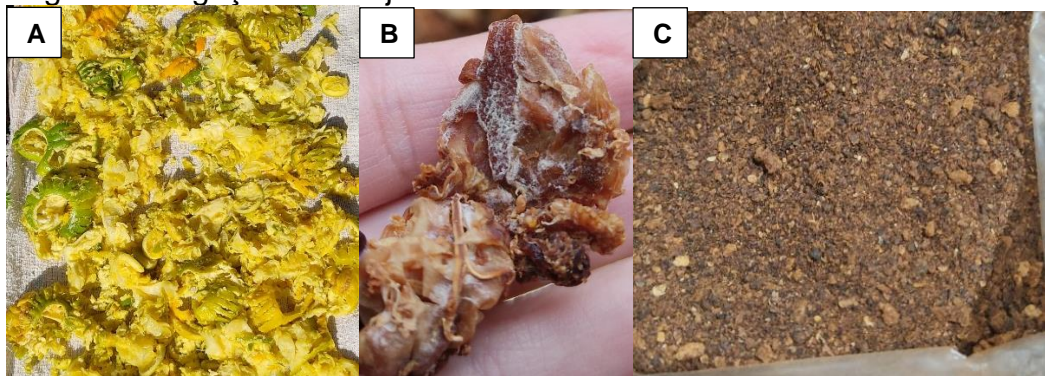
Figura 3: Procedimento experimental.



3.1 BAGAÇO DA LARANJA

O bagaço da laranja *in natura* (A) utilizado no estudo foi fornecido por uma Empresa da região Sul de Santa Catarina. Para seu preparo, foi seco ao sol durante 48 horas, a noite o adsorvente foi coberto com uma toalha, a fim de não deixar entrar sujeiras sem prejudicar a passagem de ar. Após a secagem (B) o bagaço foi triturado em um liquidificador convencional (C), representados na Fig. 4.

Figura 4: Bagaço de laranja.



Fonte: Do autor (2021)

3.2 CINZA DA CASCA DE ARROZ

A cinza da casca de arroz foi concedida por uma Empresa do Sul do Estado de Santa Catarina, onde a casca do arroz é incinerada a aproximadamente 600 °C para obtenção da sua cinza. A cinza da casca de arroz foi utilizada *in natura*, não houve realização de lavagem ou ativação química do adsorvente (BARCELLOS et al., 2009; CASTRO, 2019).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS ADSORVENTES

A fim de determinar a área superficial específica (S_{BET}) os adsorventes foram submetidos ao método de BET, obtendo-se também os resultados de diâmetro médio de poros (APD) e volume total de poros (VTP). Através da adsorção de nitrogênio em baixas temperaturas, sem ativação da amostra, no equipamento da marca Quantachrome, modelo Quadrasorb Evo, com o software de processamento QuadraWin. O gás adsorvente utilizado é o gás nitrogênio 5.0. Esta foi a única análise

realizada pelo LACAMI (Laboratório de Caracterização Microestrutural), no CTSATC (Centro Tecnológico da Satc).

3.4 EFLUENTE SINTÉTICO

Para o presente trabalho, o efluente foi simulado em laboratório, apenas com água destilada e corante. O efluente foi preparado com concentração de 20 ppm, preparado a partir de uma solução de concentração de 1g L^{-1} . Os valores para a preparação da solução foram baseados no estudo de Silva S. (2019) e de Silva A. (2019). Após o preparo, foi verificado cor, pH e absorvância do efluente com o auxílio do espectrofotômetro UV/VIS modelo Spectroquant® Pharo 100 e pelo pHmetro modelo Quimis®.

3.5 ESTUDO DA ADSORÇÃO

3.5.1 Ponto de carga zero

A metodologia escolhida para a determinação do PCZ foi o método potenciométrico (“*drift*”), ensaio que consiste na análise de pH de 10 soluções em duplicatas, de 50 ml de NaCl 0,01 M, com os pHs de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 para o BL, e os pHs de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 para a CCA nos erlenmeyers com o auxílio das soluções de HCl 1 M e NaOH 1 M e acréscimo de 0,4 g do adsorvente, pelo período de 12 horas. O pH foi verificado com a utilização de um pHmetro modelo Quimis®. Após todo procedimento, traçou-se a curva do ΔpH inicial *versus* pH inicial (MENEZES, 2017; SILVA A., 2019).

3.5.2 Cinética de adsorção

Foi utilizada a solução do corante na condição ótima de pH, obtida nos testes de PCZ, para o estudo da cinética de adsorção, onde foi aplicado 0,4 gramas dos bioadsorventes. As amostras foram submetidas a agitação mecânica constante, 125 rpm a temperatura de 30 °C. O tempo de contato estabelecido para ambos os testes foram de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 660 e 720 minutos (CUNHA, 2014; SANTOS, 2015; SILVA A., 2019).

As alíquotas foram retiradas nos tempos pré-determinados, em seguida foram colocadas em agitação na centrífuga e as leituras realizadas em espectrofotômetro. Sendo possível a construção da curva cinética para determinar o tempo de equilíbrio e a curva de calibração do corante (CUNHA, 2014; SANTOS, 2015; SILVA A., 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÕES DOS ADSORVENTES

Os principais parâmetros físicos dos adsorventes estão representados na Tab. 1, cinza da casca de arroz e, Tab. 2 do bagaço de laranja, obtidos pelo modelo BET.

Tabela 1: Caracterização física da CCA.

Análise		Unidade
Área superficial - BET	6,287	$\text{m}^2 \text{g}^{-1}$
Volume total de poros	0,01712	$\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$
Raio médio de poros	54,4581	Å

Fonte: Do autor (2021)

Tabela 2: Caracterização física do BL.

Análise		Unidade
Área superficial - BET	0,892	$\text{m}^2 \text{g}^{-1}$
Volume total de poros	0,001396	$\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$
Raio médio de poros	31,2845	Å

Fonte: Do autor (2021)

De acordo com Chaves et al. (2009), a área superficial da cinza da casca de arroz é de $42,94 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$. Já para o bagaço de laranja, conforme Ströher et al. (2012), a área superficial é $3,30 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$, valores encontrados através da análise pelo método de BET. Verifica-se que os valores são significativamente diferentes dos analisados, principalmente para a CCA. Como a adsorção é um fenômeno de superfície, logo, relaciona-se que extensão da adsorção é proporcional à área superficial específica. E ao que se refere o diâmetro da partícula, quanto menor o diâmetro maior é a adsorção (SILVA, 2005; SILVA S., 2019).

Não foi realizada a análise de granulometria, sendo este um fator para a diferença das áreas superficiais comparados com outros autores, a relação entre o

tamanho das partículas e sua eficiência são analisadas por Barcelos (2009). De acordo com Silva S. (2019) e Silva A. (2019), quanto mais poroso e menor a granulometria do adsorvente maior será a adsorção, devido a maior quantidade de sítios ativos para adsorção.

Cavalcante (2021) analisa diferentes granulometrias para a cinza da casca de arroz e comprova que para *mesh* de 60 a área superficial é de $57 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, e para *mesh* de 200 esse valor sobe para $67 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$.

Não houve a seleção por granulometria dos adsorventes. Observa-se a mistura de diversos grânulos nas Fig. 5 e Fig. 6.

Figura 5: Cinza da casca de arroz.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 6: Bagaço de laranja seco e moído.



Fonte: Do autor (2021)

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE SINTÉTICO

Com a solução estoque, na concentração de 1000 ppm, a partir do corante azul colorsupra AC-2BG, preparou-se concentrações inferiores para as concentrações da construção da curva de calibração e para o estudo dos ensaios de isotermas.

Na Fig. 7 são apresentadas a solução utilizada nas análises da cinética de adsorção e a solução estoque, respectivamente. Onde verifica-se a olho nu a diferença entre a coloração dos efluentes sintéticos apresentados.

Figura 7: Efluentes têxteis.



Fonte: Do autor (2021)

Com o preparo da solução do efluente simulado, foram analisados os seguintes parâmetros através do espectrofotômetro UV/VIS modelo Spectroquant® Pharo 100 e pHmetro modelo Quimis®, realizadas no Laboratório de Química, do Curso de Engenharia Química da UNISATC, demonstrados no Tab. 3.

Tabela 3: Resultados da caracterização dos efluentes.

Análise	Resultado
Cor	54 Hazen
Absorbância	0,149
pH	6,32
Turbidez	118,33 FAU

Fonte: Do autor (2021)

A cor é medida pela reflexão da luz dos coloides da amostra, fornecida em uH (unidade Hazen). A absorbância indica a capacidade de absorver a luz. O pH caracteriza a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+), valor de acordo com a FISPQ. A turbidez é definida como o grau de interferência à passagem da luz através do líquido, expressado em FAU (Unidade de Atenuação de Formazina) (FUNASA, 2014).

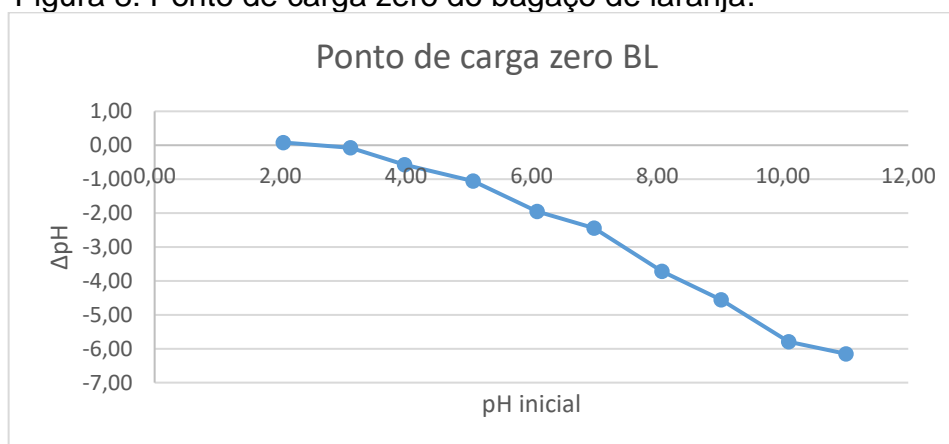
4.3 TESTES DE ADSORÇÃO

4.3.1 Ponto de Carga Zero (pH_{PCZ})

Verifica-se a partir do gráfico que o pH_{PCZ} do adsorvente corresponde à faixa de pH em que as cargas superficiais líquidas dos adsorventes são nulas é em torno de 2,60. Valor considerado aceitável em comparação ao valor do pH ideal encontrado por Ströher et al. (2012), que foi de 3.

A Fig. 8 apresenta o pH_{PCZ} obtida a partir da construção do gráfico ΔpH versus pH inicial do bagaço de laranja em solução de NaCl 0,1M.

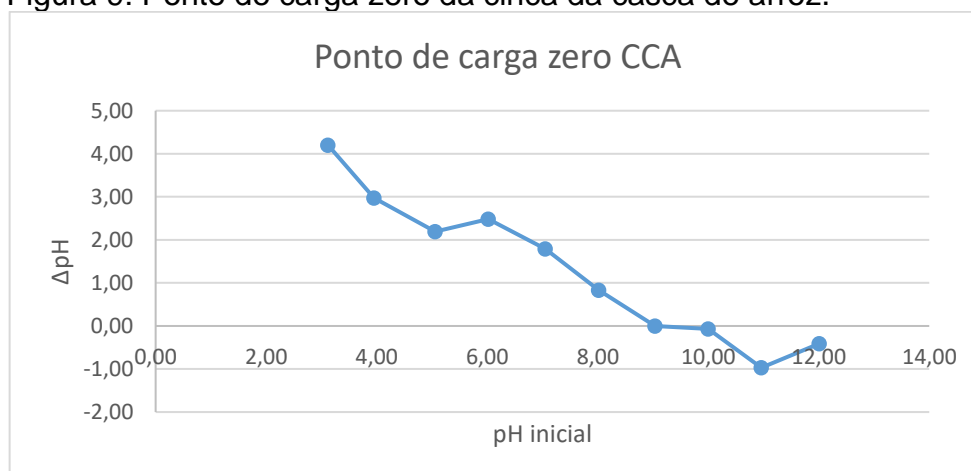
Figura 8: Ponto de carga zero do bagaço de laranja.



Fonte: Do autor (2021)

Na Fig. 9 observa-se a representação gráfica da variação do ΔpH em função do pH inicial para a determinação do pH_{PCZ} da cinza da casca de arroz.

Figura 9: Ponto de carga zero da cinza da casca de arroz.



Fonte: Do autor (2021)

Verifica-se através da Fig. 9 que o pH_{PCZ} para a cinza da casca de arroz é de 9,04. O pH ideal encontrado por Dargo et al. (2014), pela análise PCZ foi de 8,25, apontado como plausível, visto que a diferença é pequena.

Isso significa que em pH superior ao pH_{PCZ} , a superfície apresenta carga negativa, enquanto abaixo deste valor os grupos funcionais de superfície, como, por exemplo, os grupos amino e grupos carboxila são carregados positivamente, sendo assim, fornecendo pontos de ancoragem catiônicos com os quais os ânions podem interagir (SILVA A., 2019; SARAF et al., 2016).

4.3.2 Cinética de adsorção

A curva de calibração foi construída a partir de soluções do azul colorsupra AC-2BG distribuídas em 5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm, 25ppm, 30 ppm. A equação da reta obtida ($y = 137,19x + 0,2141$) apresentou R^2 igual a 0,9987.

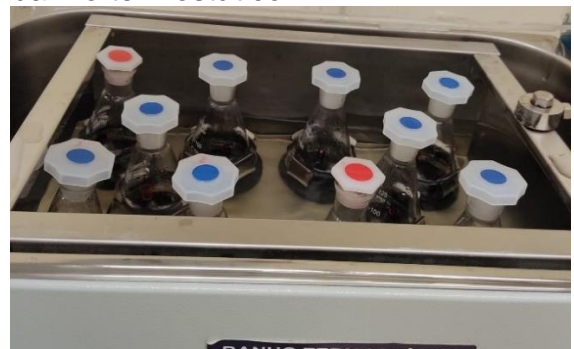
Os pHs foram ajustados para 1,5, para a CCA, baseado em Saraf et al. (2016) e, para o BL foi 3, conforme estudo de Stroher (2010). As soluções de corante simulado juntamente com o adsorvente foram colocadas nos erlenmeyers e mantidas no banho termostático com agitação e temperatura constantes, conforme Fig. 10 e Fig. 11, BL e a CCA, respectivamente.

Figura 10: Soluções, com o BL, no banho termostático.



Fonte: Do autor (2021)

Figura 11: Soluções, com CCA, no banho termostático.

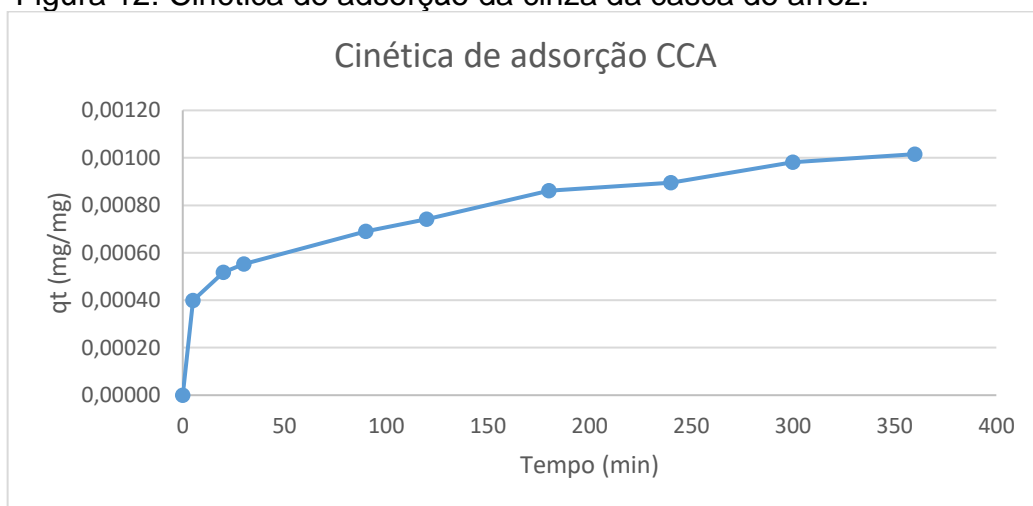


Fonte: Do autor (2021)

Após a retirada do banho termostático, as amostras foram transferidas para cubetas e submetidas a centrífuga, para decantar os sólidos suspensos, pois estes atrapalhavam nos resultados, e posterior análise de cor e absorvância no espectrofotômetro.

As alíquotas foram retiradas em intervalos de tempo pré-determinados para a plotagem do gráfico qt versus tempo, o que possibilitou a análise da cinética de adsorção, conforme Fig. 12.

Figura 12: Cinética de adsorção da cinza da casca do arroz.

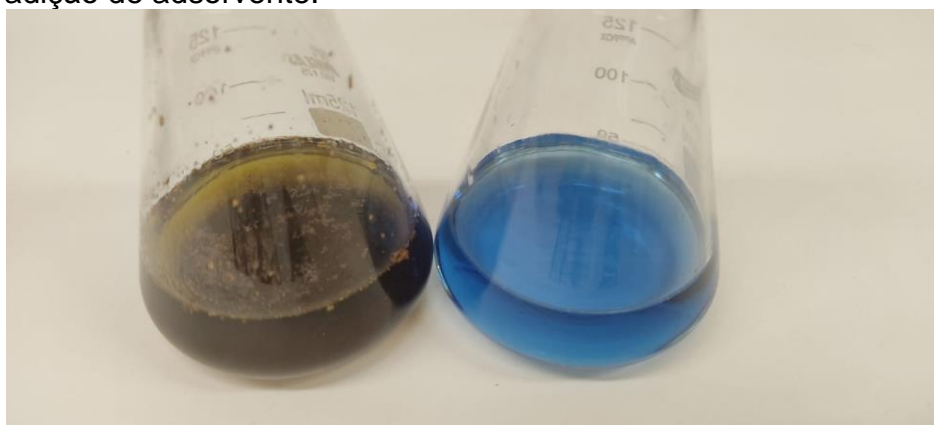


Fonte: Do autor (2021)

Verifica-se que o tempo de equilíbrio foi de 350 minutos, considerado aceitável, baseando-se no estudo de Cavalcante (2021), que obteve o equilíbrio no tempo de 240 minutos utilizando 20 g.L^{-1} para 25 mL de solução.

Não foi possível a construção da curva de equilíbrio do bagaço de laranja, devido a interação do BL com o tipo de corante escolhido, corante diazo reativo bifuncional. Visto que o BL soltou cor na amostra, conforme Fig. 13.

Figura 13: Efluente sintético com BL e efluente sintético sem adição de adsorvente.



Fonte: Do autor (2021)

Outros autores obtiveram resultados positivos na remoção de cor, na construção cinética de adsorção e comparação entre as isotermas de corantes reativos juntamente com o bagaço da laranja, Ströher et al. (2012) e Zonato et al (2018). A primeira utilizou membranas cerâmicas ($\text{TiO}_2/\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) Shumacher GmbH-Ti 01070 e tamanhos de partículas de 0,5 mm. Zonato et al (2018) compararam a adsorção do BL com um corante bifuncional Azul, Tiafix (SEGN 125%) e preto direto (DirectX Black), realizado em batelada, com tamanhos de partículas < 355 μm .

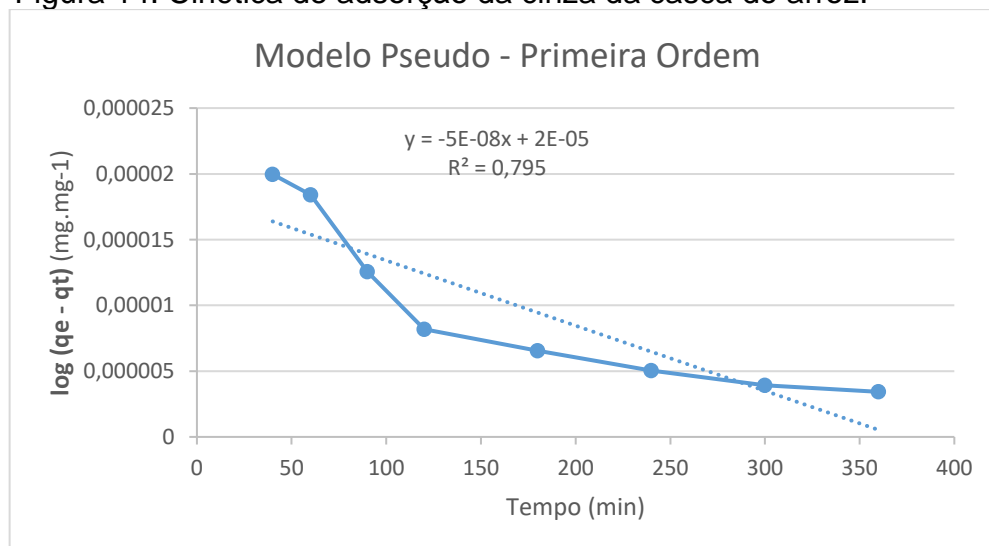
Os estudos citados se diferenciaram no modo de secagem comparados a este trabalho, visto que o BL passou por secagem convectiva num soprador de ar quente por Stroher (2008) e em estufa a temperatura constante por Zonato et al (2018). Ströher (2010) constatou que a maior adsorção ocorre no comprimento de onda de 600 nm.

Para o presente trabalho o bagaço de laranja não foi lavado com água destilada, sua secagem foi feita de forma natural ao sol, sem a análise de temperatura para a operação ou controle do fluxo de ar, as diferenças entre os estudos resultaram na ineficiência dos resultados para a construção das isotermas.

4.3.3 Pseudo-primeira Ordem

A Fig. 14 apresenta o modelo de pseudo-primeira ordem que foi construído a partir da Eq. (2).

Figura 14: Cinética de adsorção da cinza da casca do arroz.



Fonte: Do autor (2021)

A partir do ajuste ao modelo cinético de pseudo-primeira ordem, foi possível obter os parâmetros apresentados na Tab 4.

Tabela 4: – Parâmetros cinéticos obtidos com o modelo de pseudo-primeira ordem.

q_e (mg mg ⁻¹)	q_{exp} (mg mg ⁻¹)	K_1 (mg mg ⁻¹ .min ⁻¹)	(R ²)
0,001	1,000046053	9,00174E-06	0,795

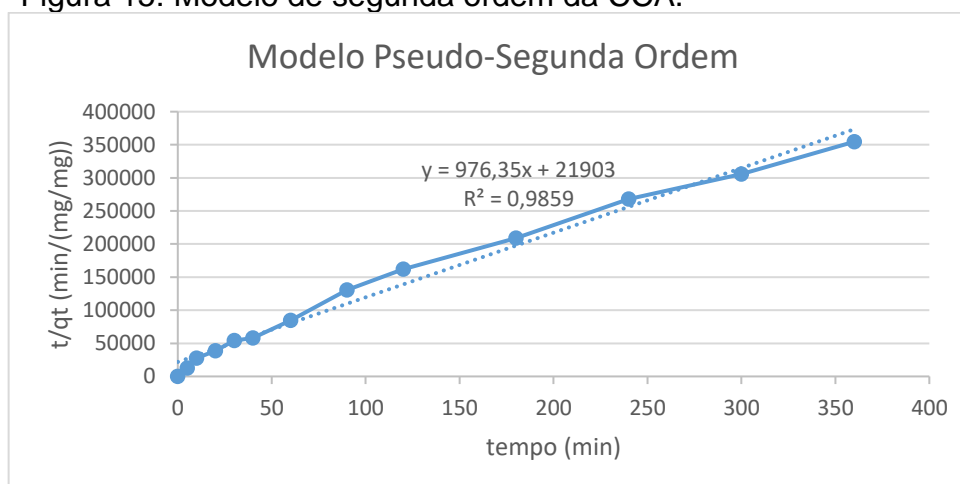
Fonte: Do autor (2021)

Verifica-se que os dados obtidos referentes a CCA não se ajustaram apropriadamente ao modelo de pseudo-primeira ordem, esta divergência pode estar associada ao baixo coeficiente da constante do modelo (k_1) de 9,00174E-06 quanto pelo valor obtido para q_e calculado (1,000046053), valor superior ao obtido experimentalmente (0,999999999 mg mg⁻¹). O estudo não obteve um bom coeficiente de ajuste ($R^2 = 0,795$), que não se aproximou da unidade.

4.3.4 Pseudo-segunda Ordem

A Fig. 15 apresenta o modelo de pseudo-primeira ordem que foi construído a partir da Eq. (4).

Figura 15: Modelo de segunda ordem da CCA.



Fonte: Do autor (2021)

A partir do ajuste ao modelo cinético de pseudo-segunda ordem, foi possível obter os parâmetros apresentados na Tab 5.

Tabela 5: – Parâmetros cinéticos obtidos com o modelo de pseudo-segunda ordem.

q_e (mg mg ⁻¹)	q_{exp} (mg mg ⁻¹)	K_2 (mg mg ⁻¹ .min ⁻¹)	(R ²)
0,001	0,000994902	0,046447007	0,9859

Fonte: Do autor (2021)

Obteve-se um bom coeficiente modelo cinético de pseudo-segunda ordem ($R^2 = 0,9859$) para a CCA com uma capacidade adsortiva de 0,000994902 mg mg⁻¹. Comparando os resultados obtidos entre o modelo de pseudo-primeira ordem com o pseudo-segunda ordem, observa-se que o pseudo-segunda ordem foi o que mais se adequou, apresentando um valor de ajuste menor ($R^2 = 0,9859$).

Para Cavalcante (2021), na remoção de BPA (bisfenol A) com a CCA, o modelo cinético que melhor se ajusta foi o de pseudo-segunda ordem, com coeficiente de correlação linear de 0,998. Para o estudo de Barcellos et al. (2009), corante reativo com CCA, também seguiu o modelo de cinética de pseudo-segunda ordem.

5 CONCLUSÕES

O processo de adsorção mostrou-se ser de fácil aplicação, apresentando-se como processo viável quanto a remoção do *Reactive Blue 222*, utilizando a CCA.

Os testes com o bagaço da laranja foram inconclusivos, pois ele soltou cor na solução inicial, há necessidade de mais estudos para identificar os compostos que inibem a adsorção e sobre o método de secagem do adsorvente.

O tempo necessário para atingir o equilíbrio de adsorção foi de 350 minutos para a cinza da casca de arroz, visto que não foi possível atingir o equilíbrio para o bagaço de laranja. Sugere-se que sejam estudados o efeito de diferentes comprimentos de onda na adsorção, bem como no aprofundamento do estudo sobre os componentes do BL e sua interação com o corante.

O modelo de pseudo-segunda ordem foi o que melhor se adequou ao estudo, para a CCA, o que significa que a taxa de adsorção é diretamente proporcional ao quadrado do número de sítios ativos presentes na superfície do adsorvente. Ocorre em toda faixa de tempo de adsorção e acontecem trocas de elétrons entre adsorvente e adsorvato, sendo de natureza química.

REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BARCELLOS, Ivonete O., GIOVANELLA, Rafael F., CHIARELLO, Luana M., BLOSFELD, Ana Maria. Remoção de cor de soluções de corantes reativos com cinza de casca de arroz. **Dynamis**, v. 15, n. 2, p. 1-6. 2009. Disponível em: <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/1349/1238>>. Acesso em: 09 mai. 2021.

CASTRO, Valéria Dos Santos. **Remoção de corante amarelo crepúsculo utilizando casca de arroz tratada como adsorvente**. 2019. 47f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6717>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CAVALCANTE, Luan Costa. **Remoção de preto reativo 5 e bisfenol a por adsorção com carvão ativado e cinza de casca de arroz**. 2021. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25703/1/remocaopretoreativoadsorcaopdf.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2021.

CHAVES, Thiago Faheina; QUEIROZ, Zilvanir Fernandes de; SOUSA, Diana Nara Ribeiro de; GIRÃO, José Hélio Saraiva. Uso da cinza da casca do arroz (CCA) obtida da geração de energia térmica como adsorvente de Zn(II) em soluções aquosas. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1378-1383, jun. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/X9jPyPLhxPRbcJH9tKB8YqM/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 04 set. 2021.

COELHO, Bruno Emanuel Souza; DUARTE, Valéria Medrado; SILVA, Laurenielle Ferreira Moraes da; SOUSA, Karla dos Santos Melo de; NETO, Acácio Figueiredo. Atributos físico-químicos de frutos de laranja 'Pêra' produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**. v.5, n.1. 128-137, 2019. Disponível em: <<https://www.revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/180/162>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/outras-publicacoes/item/download/2523_efd93e81ea2d9ae8f0302a6d4f9cefc6>. Acesso em: 29 mar. 2021.

CUNHA, Bruna Dos Santos. **Utilização de biossorventes alternativos na remoção de corantes têxteis**. 2014. 55f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4397/1/MD_COEAM_2014_2_02.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

DARGO, Hayelom; GABBIYE, Nigus; AYALEW, Adhena. Removal of Methylene Blue Dye from Textile Wastewater using Activated Carbon Prepared from Rice Husk. **International Journal of Innovation and Scientific Research**. v. 9, n. 2, p. 317-325, sep. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280979300_Removal_of_Methylene_Blue_Dye_from_Textile_Wastewater_using_Activated_Carbon_Prepared_from_Rice_Husk>. Acesso em: 04 set. 2021.

DELLA, Viviana Possamai; KÜHN, Ingeborg; HOTZA, Dachamir. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Quim. Nova**, v. 24, n. 6, p. 778-782, mai. 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/jqn/a/nXSBSFNPyTkfm8fJT8mf8rj/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 15 out. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/laranja/b1_laranja.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1486591/embrapa-apresenta-oito-novas-cultivares-de-frutas>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 2020. Disponível em: <<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/05/06/estudo-inedito-da-epagri-ciram-garante-dados-mais-precisos-da-area-cultivada-de-arroz-em-sc/>>. Acesso em: 29 mar. 2021.

FERRARI, Leila Denise Fiorentin. **Remoção de corante de efluentes da indústria têxtil utilizando processos com membranas e adsorção em bagaço de laranja**. 2009. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3673/1/000178905.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FORMICA, Barbara Costa; BRUDZINSKI, Patricia Balestrin. **Caracterização e avaliação das propriedades adsorptivas da casca de laranja na remoção do corante direct blue 86**. 2015. 78f. TCC (Trabalho de conclusão de curso de Bacharel em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2015. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12047>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GHALY, Ae; ANANTHASHANKAR, R; ALHATTAB, M; RAMAKRISHNAN, VV. Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review. **Journal of Chemical Engineering & Process Technology**. V. 5, n. 1, 1-18, jan. 2014. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/281468287_Production_characterization_and_treatment_of_textile_effluents_A_critical_review>. Acesso em: 09 abr. 2021.

HO, Y. S.; MCKAY, G. A kinetic study of dye sorption by biosorbent waste product pith. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 25, p. 171-193, 1 mar. 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344998000536>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

LADANIYA, M. S. **Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation**. Londres: Elsevier Inc., 2008.

LAVRENKO, V. A.; PODCHERNYAEVA, I. A.; SHCHUR, D. V.; ZOLOTARENKO, NA D.; ZOLOTARENKO, AL D. Features of physical and chemical adsorption during interaction of polycrystalline and nanocrystalline materials with gases. **Nanostructured Materials**, v. 56, p. 504- 511, fev. 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11106-018-9922-z> >. Acesso em: 30 out. 2021.

MARIN, Priscila; BORBA, Carlos Eduardo; MÓDENES, Aparecido Nivaldo; OLIVEIRA, Silvia Priscila de; PASSAIA, Nathalia; FIGUEIREDO, Lucas S. Avaliação do efeito da temperatura, pH e granulometria do adsorvente na adsorção do corante azul reativo 5g. **Engevista**. v. 17, n. 1, p. 59 -68, mar. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/9006> >. Acesso em: 18 abr. 2021.

MARÍN, Sandra Liliana Albornoz. **Remoção dos corantes têxteis c.i. reactive blue 203 e c.i. reactive red 195 mediante o uso de bagaço de maçã como adsorvente**. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1498> >. Acesso em: 09 abr. 2021.

MATTOS JUNIOR, Dirceu de; NEGRI, José Dagorberto de; FIGUEIREDO, José Orlando de; POMPEU JUNIOR, Jorgino. CITRUS: principais informações e recomendações de cultivo. **Instituto Agrônômico**. Mar. 2005. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/43.pdf >. Acesso em: 18 abr. 2021.

MENEZES, A.C.P.F.; SANTOS, H.C.F.; JESUS, A.P.; OZANSKI, G.D.; SILVA; CASTRO, C.F.S. Ponto de carga zero - (pcz) em carvões de súberes extraídos de espécies arbóreas do cerrado brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA, 10, 2017, Goiânia. **Resumo**. Goiânia: 2017. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/entequi/2017/trabalhos/50/50-10433-23910.html>>. Acesso em: 15 out. 2021.

MORAES, J.C.; CRESTANI; C.E. Caracterização química do bagaço de laranja. IN: CONGRESSO DE QUÍMICA, 22, São Paulo. 2018. **Resumo**. São Paulo: 2018. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east->

1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2018/PT.0079.pdf >. Acesso em: 15 out. 2021.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; LIMA, Ari Clecius Alves de; VIDAL, Carla Bastos; MELO, Diego de Quadros Melo; RAULINO, Giselle Santiago Cabral.

Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais. 1ª ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. ISBN: 978-85-7485-186-0. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10267/1/2014_liv_rfdnascimento.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PENHA, Rosiane Silva. **Casca de arroz como adsorvente para íons de metais pedados: caracterização e modificação química.** 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2009. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/900>>. Acesso em: 09 abr. 2021.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história.**

Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=64533&biblioteca=vazio&busca=assunto:Cultivo&qFacets=assunto:Cultivo&sort=&paginacao=t&paginaAtual=207>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

PIZATO, Everton; LOPES, Aline Chitto; ROCHA, Raquel Dalla Costa; BARBOSA, Aneli de Melo; CUNHA, Mário Antônio Alves. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Revista Engenharia Sanitária**, v. 22, n. 5, p.1027-1035, set./out. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017005003103&script=sci_arttext&tlng=pt.>. Acesso em: 20 mar. 2021.

RIBEIRO, Geyse Adriana Corrêa. **Remoção dos corantes têxteis violeta brilhante remazol e turquesa remazol por adsorção em casca de arroz.** 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2012. Disponível em: < <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/949> >. Acesso em: 09 abr. 2021.

ZONATO, Ro; BOINA-FREIRE R; e RIBEIRO Vas. Utilização de bagaço de laranja como adsorvente alternativo para remoção de cor de águas residuais. IN: CONGRESSO DE QUÍMICA, 22, São Paulo. 2018. **Resumo.** São Paulo: 2018. Disponível em: < <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2018/PT.0475.pdf> >. Acesso em: 15 out. 2021.

SANTOS, Carolina Monteiro. **Uso de cascas de laranja como adsorvente de contaminantes no tratamento de água.** 2015. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambientais) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/122100>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SARAF, Sukhada; Vaidya, Varsha K. Optimization of Biosorption of Reactive Blue 222 by Dead Biomass of *Rhizopus arrhizus* NCIM997 Using Response Surface Methodology. **Industrial Chemistry**, v. 2, n. 2, mar. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Varsha-Vaidya/publication/301335766_Optimization_of_Biosorption_of_Reactive_Blue_222_by_Dead_Biomass_of_Rhizopus_arrhizus_NCIM997_Using_Response_Surface_Methodology/links/574e723008ae82d2c6be2e5f/Optimization-of-Biosorption-of-Reactive-Blue-222-by-Dead-Biomass-of-Rhizopus-arrhizus-NCIM997-Using-Response-Surface-Methodology.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2021.

SILVA, Afranio Jacinto da. **Uso da casca de arroz (*Oryza Sativa* L.) *in natura* e modificada como adsorventes para remoção do azul de metileno**. 2019. 57 f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/10401>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

SILVA, Ariane Torquato da. **Influência da temperatura na adsorção do corante azul de metileno utilizando serragem de *Pinus elliottii* como um adsorvente alternativo: um modelo para o tratamento de efluentes têxteis**. 2005. 36 f. TCC (Trabalho de Conclusão de curso em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105181>>. Acesso em: 17 set. 2021.

SILVA, José. E. da; RODRIGUES, Francisco. I. L.; PACÍFICO, Sara. N.; Santiago, Leonardo. F.; MUNIZ, Celio. R.; SARAIVA, Gilberto.D.; NASCIMENTO, Ronaldo. F.; SOUSA NETO, Vicente de O. Estudo de Cinética e Equilíbrio de Adsorção Empregando a Casca do Coco Modificada Quimicamente para a Remoção de Pb(II) de Banho Sintético. **Revista Virtual de Química**. v. 10, n. 5, p. 1248-1262, nov. 2018. Disponível em: <https://rvq.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=987>. Acesso em: 25 mai. 2021

SILVA, Simone Keily Costa. **Remoção do corante têxtil c.i. reactive blue 203 utilizando casca de manihot esculenta crantz como adsorvente**. 2019. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA, Mossoró. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufrsa.edu.br/handle/prefix/5349>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

SOUZA, Evandro Francisco Ferreira da Silva; SOUZA, Ewerton Ferreira da Silva; SILVA, Leonardo Duarte Batista da; RESENDE, Carolina Guedes Fioravante; NASCENTES, Alexandre Lioi. Avaliação da capacidade adsorptiva do sabugo de milho triturado. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 4, p.1174-1190, jul./set. 2019. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/2574>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

STRÖHER, Ana Paula. **Tratamento por adsorção em bagaço de laranja de um efluente da indústria têxtil**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3844>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

STRÖHER, Ana Paula; MENEZES, Maraisa Lopes de; FIORENTIN, Leila Denise; PEREIRA, Nehemias Curvelo. Utilização do bagaço de laranja no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans. **E-Xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 27-37, jul. 2012. Disponível em: < <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/766/431> >. Acesso em: 03 abr. 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a minha família que fez parte desta conquista, a todos que direta ou indiretamente me ajudaram para que eu pudesse chegar até aqui. A orientação da Dra. Aline Resmini Melo, por todos os ensinamentos, dedicação, esforço e paciência. A toda UNISATC pelo conhecimento que passaram, tanto da área de formação quanto de vida, especialmente ao pessoal do laboratório de Química.