



REMOÇÃO DE PREDNISONA POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DO BAGAÇO DE OLIVEIRA

FIGUEIREDO, P. S.¹, IDALENCIO, K. M.², RAUPP, I. N.³, DA ROSA, G. S.²³, MORAIS, M. M.²

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

² Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Química

³ Universidade Federal do Pampa, Programa de Pós-Graduação em Engenharias
gabrielarosa@unipampa.edu.br

RESUMO - A contaminação dos recursos hídricos por fármacos tem chamado a atenção dos pesquisadores, uma vez que tratamentos tradicionais não fornecem a remoção total dessas substâncias dos efluentes líquidos. A literatura reporta a presença do fármaco prednisona em diversas estações de tratamento de efluentes, havendo assim a necessidade de removê-lo. No processo de adsorção são utilizados diversos tipos de materiais adsorventes, como os carvões ativados, que possuem elevada área superficial e elevada estabilidade térmica, os quais podem ser obtidos através da pirólise de resíduos vegetais. Com isso, esse trabalho objetivou avaliar o potencial de uso do carvão ativado obtido a partir do bagaço de oliveira para remoção da prednisona. Realizaram-se ensaios de adsorção em batelada onde foi avaliado o efeito das condições da dosagem do adsorvente, pH inicial e concentração inicial de prednisona na eficiência de remoção e na capacidade de adsorção. A melhor dosagem de adsorvente em ambos os casos foi de 1,25 g.L⁻¹ e pH natural em torno de 5. Além disso, foi possível obter valores de remoção de prednisona acima de 80%. Assim, os resultados obtidos mostraram uma boa performance do carvão ativado para adsorção do fármaco prednisona, que se demonstrou eficaz e viável para realização do processo.

INTRODUÇÃO

A contaminação por produtos farmacêuticos em águas residuárias e efluentes tem despertado a atenção dos pesquisadores, tendo em vista que os tratamentos convencionais não oferecem a remoção total dessas substâncias dos efluentes líquidos. No Brasil, não há controle legal para a dosagem de fármacos presentes no ambiente, de modo que o descarte de efluentes farmacêuticos acarreta efeitos adversos para o ecossistema. A variedade de fármacos mais consumidos pela população corresponde à dos analgésicos, anti-inflamatórios e corticoides, por não haver necessidade de prescrição médica para o consumo. Dentre esses fármacos, a prednisona

vem recebendo ênfase durante a pandemia mundial ocasionada pelo novo coronavírus, COVID-19. Este medicamento é ministrado em associação com outros para combater quadros de inflamação no organismo humano, atenuando sintomas leves e mostrando-se efetivo para casos mais graves (GÓMEZ-CANDELA *et al.*, 2013; FERRARI *et al.*, 2003; NUNES, 2010; MAMANI, 2021).

Prednisona é um corticosteróide sintético fabricado com base em hormônios produzidos pelas glândulas suprarrenais, que apresenta uma ação anti-inflamatória muito potente. Esse medicamento é prescrito para distúrbios autoimunes, tumores e inflamações, sendo administrado de forma oral e convertido em prednisolona no fígado (ANVISA, 2017).

Embora apresente baixa solubilidade em água, a prednisona pode se dissolver em elevados volumes de água em conjunto com outras substâncias que podem ser prejudiciais à saúde humana. Chang *et al.* (2007) reportaram prednisona na concentração de $2,6 \text{ ng.L}^{-1}$ em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) na China e Creusot *et al.* (2014) encontraram elevados níveis de prednisona em uma ETE na França na concentração de 300 ng.L^{-1} . Tendo em vista essa problemática, a adsorção surge como opção para remover esse fármaco por ser um dos processos mais efetivos para o tratamento de água e efluentes industriais (NUNES, 2010).

A adsorção é um fenômeno de superfície que abrange a transferência de massa de um componente em um fluido (gás ou líquido) para a superfície de uma fase sólida. O sólido é denominado adsorvente, e o componente transferido é chamado de adsorvato (FOUST, 1982). No processo de adsorção são utilizados variados tipos de materiais adsorventes que detêm elevada área superficial e elevada estabilidade térmica (SANTOS, 2007). Os carvões ativados são constituídos de materiais a base de carbono com elevada porosidade e área superficial, o que propicia uma alta capacidade adsorvativa, sendo aplicados principalmente para tratamento de efluentes e de água (RAMOS, 2009). Neste contexto, os resíduos vegetais surgem como uma opção para a produção destes adsorventes, por serem gerados em larga escala na agricultura brasileira e normalmente depositados de maneira inapropriada, agregando valor ao produto do reaproveitamento (WERLANG, 2013). A agroindústria brasileira apresenta diversos ramos, dentre eles, destaca-se a olivicultura por ser uma das principais atividades agrícolas do Brasil, com ênfase no Rio Grande do Sul que possui a maior área cultivada nacional para a produção de azeite de oliva (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2017).

A oliveira (*Olea europaea L.*) é uma das plantas com cultivo mais remoto pela humanidade, cujo azeite obtido dos frutos dessa planta possui benefícios à saúde humana, como a prevenção de problemas cardíacos (EMBRAPA CLIMA TEMPO, 2009). Existem diversas aplicações potenciais para o resíduo de

oliveiras, como fertilizante agrícola, ração animal, geração de energia por gaseificação e fornecimento de combustível para fornos industriais, e para a obtenção de carvão ativado, entretanto, a maior parte desse resíduo ainda assim é descartada (Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, 2020).

Dessa forma, devido às características deste resíduo, a produção de carvão ativado a partir da pirólise do bagaço da oliveira se torna uma alternativa interessante. O Grupo de Pesquisa Engenharia de Processos em Sistemas Particulados (GPEPSP) da UNIPAMPA, campus Bagé vem produzindo pesquisas de reaproveitamento de resíduos vegetais e desenvolvimento de novos materiais. Entre as pesquisas já realizadas tem-se o uso do bagaço do butiá no tratamento de efluentes para a remoção de corantes; a utilização da casca da jabuticaba para a produção de um adsorvente alternativo para remover azul de metileno de efluentes líquidos; a otimização da remoção de corante catiônico usando um carvão ativado de alta área superficial proveniente de lodo de tratamento de água (PIN *et al.* 2021; JANNER *et al.* 2020; VALÉRIO FILHO *et al.* 2021). Raupp *et al.* (2021) desenvolveram um carvão ativado a partir dos resíduos da olivicultura. O material foi caracterizado e aplicado para a remoção de nimesulida, apresentando capacidade de adsorção de $142,98 \text{ mg.g}^{-1}$.

Deste modo, o presente trabalho buscou avaliar a remoção do fármaco prednisona por adsorção em batelada, com relação à capacidade e a eficiência de remoção, utilizando o carvão ativado obtido a partir do bagaço de oliveira. Ainda, estudar através da técnica de planejamento experimental o efeito das condições da dosagem do adsorvente, pH inicial e concentração inicial de prednisona na remoção e na capacidade de adsorção.

MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias primas utilizadas no presente trabalho foram o carvão ativado obtido a partir do bagaço de oliveira (RAUPP, 2021) e o fármaco prednisona obtido na forma pura em pó em uma farmácia local da cidade de Bagé-RS.

O carvão ativado utilizado caracteriza-se por possuir área superficial específica de $650 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, volume poroso de $0,305 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$,

diâmetro médio de poro de 0,184 nm e diâmetro da partícula menor que 495 μm .

Os equipamentos utilizados neste trabalho foram balança analítica (SHIMADZU, modelo ATY224, Kyoto, Japão) para a pesagem do carvão ativado e da prednisona, *shaker* (NOVA ÉTICA, modelo 109-1, São Paulo, Brasil) para agitação do meio durante os experimentos, centrífuga (QUIMIS, modelo Q222TM2, São Paulo, Brasil) para promover a separação entre fases, espectrofotômetro UV-Visível (EQUILAM, UV 755B, Diadema, Brasil) para a leitura das absorvâncias e medidor de pH (Metrohm, 827 pH Lab, São Paulo, Brasil) para medição de pH.

Preparo da solução e curva de calibração

O efluente modelo foi constituído por uma solução hidro-alcoólica (álcool etílico a 20%) contendo a prednisona. A concentração de prednisona remanescente após cada ensaio de adsorção foi determinada a partir de uma curva de calibração, utilizando-se diferentes faixas de concentrações (6 até 42 ppm) do fármaco. As concentrações de adsorvato nas soluções foram quantificadas no espectrofotômetro de UV-visível, no comprimento de onda de 248 nm (ZANETTE, 2018).

Ensaio de adsorção de prednisona

Inicialmente, adicionou-se o carvão ativado em *erlenmeyers* contendo 10 mL da solução de prednisona em condições estabelecidas na Tabela 1 e temperatura ambiente (25 °C). As misturas foram agitadas em *shaker* a 125 rpm durante 3 h e centrifugadas a 3000 rpm e 10 min para a separação das fases sólida e líquida.

Planejamento experimental

Foi utilizada a técnica de planejamento experimental com o intuito de avaliar os efeitos da dosagem do adsorvente (D_{ad}), pH inicial e concentração inicial de prednisona (C_i) nas respostas eficiência de remoção (Equação 1) e capacidade de adsorção (Equação 2). Essa técnica auxilia no sentido de minimizar a quantidade de experimentos e avaliar estatisticamente os resultados. O planejamento utilizado foi o 2^3 (três fatores em dois níveis de variação), com réplica no ponto central,

resultando em 11 experimentos. As condições escolhidas para o planejamento foram definidas a partir de ensaios preliminares e segundo o trabalho desenvolvido por Zanette (2018). A Tabela 1 apresenta as condições experimentais utilizadas no planejamento experimental, com as variáveis e seus respectivos níveis na forma codificada e real.

Tabela 1: Condições utilizadas no planejamento experimental com as variáveis nos níveis codificado e real.

Fatores	Níveis		
	-1	0	1
pH	3	4	5
D_{ad}	1,25	3,13	5,00
C_i	10	35	60

$$R = \frac{(C_i - C_F)}{C_i} * 100 \quad (1)$$

$$q = \frac{(C_i - C_F)V}{m_{ad}} \quad (2)$$

em que R é a eficiência de remoção (%), C_i é a concentração inicial do adsorvato (mg.L^{-1}) e C_F é a concentração final do adsorvato (mg.L^{-1}), q é a capacidade de adsorção (mg.g^{-1}), V o volume da solução (mL) e m_{ad} é a massa do adsorvente (g).

Os resultados foram analisados em *software* estatístico. O diagrama de Pareto e as superfícies de resposta foram utilizadas para determinar o efeito e verificar a influência das variáveis significativas para as respostas de q e R . Um modelo estatístico empírico de primeira ordem que prevê as respostas (q e R) é apresentado pela Equação 3 na sua forma geral.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (3)$$

em que Y é a resposta, β_0 é o coeficiente constante, β_{ij} é o coeficiente da interação, X_i e X_j são os níveis das variáveis independentes, k é o número de variáveis.

A qualidade dos ajustes dos modelos foi avaliada pela análise de variância (ANOVA)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do efeito da dosagem do adsorvente, pH e concentração inicial de prednisona

A matriz de experimentos proposta utilizada para o planejamento experimental e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados do planejamento experimental da adsorção.

Exp	pH	D_{ad} (g.L ⁻¹)	C_i (mg.L ⁻¹)	q (mg.g ⁻¹)	R (%)
1	3	1,25	10	4,74 ±0,09	59,00 ±1,08
2	5	1,25	10	4,56 ±0,23	56,75 ±2,86
3	3	5	10	1,63 ±0,12	81,50 ±6,07
4	5	5	10	1,67 ±0,18	83,25 ±8,73
5	3	1,25	60	17,43 ±0,09	36,25 ±0,18
6	5	1,25	60	24,86 ±0,11	51,54 ±0,22
7	3	5	60	10,54 ±0,06	87,96 ±0,46
8	5	5	60	10,60 ±0,23	88,50 ±1,95
9	4	3,13	35	9,36 ±0,42	83,57 ±3,78
10	4	3,13	35	9,31 ±0,10	83,07 ±0,93
11	4	3,13	35	8,74 ±0,09	78,00 ±0,77

A partir da Tabela 2 é possível observar altos valores de q e R . Os experimentos 7 e 8 apresentaram os maiores valores de eficiência de remoção, devido a maior quantidade de prednisona presente para ser removida (60 ppm) e maior dosagem de adsorvente 5 g.L⁻¹ o que implica em uma maior disponibilidade de sítios ativos para adsorver o fármaco durante o

processo (VALÉRIO FILHO *et al.*, 2021). Já o ensaio 6 apresentou a maior capacidade de adsorção 24,86 mg.g⁻¹ devido à maior quantidade de prednisona presente para ser removida (60 ppm) e uma menor dosagem de adsorvente 1,25 g.L⁻¹, dessa forma, com a menor disponibilidade de sítios ativos e a grande quantidade de soluto, o carvão tende a saturar e atingir valores maiores de capacidade adsorviva (VALÉRIO FILHO *et al.*, 2021). Materiais adsorventes semelhantes foram utilizados para remoção de prednisona como é o caso do estudo de Zanette (2018), em que foi utilizado carvão ativado de origem vegetal a partir da casca de coco em uma solução de 8,38 ppm de prednisona, em um pH de 4,62, na dosagem de 1 g.L⁻¹ e obteve uma eficiência de remoção de 85,84 %.

A Figura 1 apresenta o Diagrama de Pareto para o efeito da dosagem de adsorvente (D_{ad}), concentração de inicial (C_i), pH e o efeito desses parâmetros entre si representados pelos números 1, 2 e 3 respectivamente.

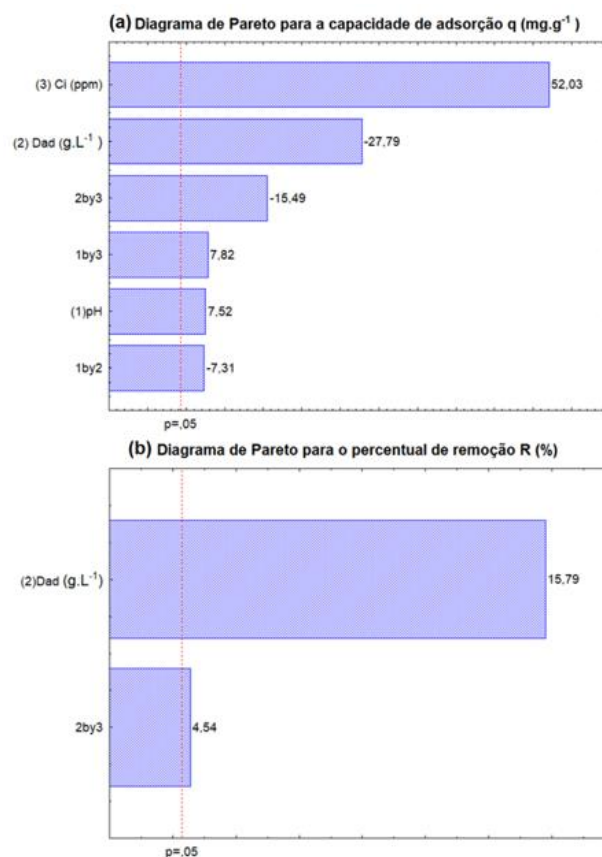


Figura 1 (a): Diagrama de Pareto para a capacidade de adsorção (q). (b): Diagrama de Pareto para a eficiência de remoção (R).

A partir dos diagramas de Pareto, é

possível verificar que todas as variáveis para a resposta da capacidade de adsorção apresentaram-se significativas, (nível de significância de 5%), apresentando um efeito positivo para a concentração inicial de prednisona devido a maior quantidade de moléculas de prednisona presente no meio fluido, gerando uma maior força motriz no processo, fazendo com que o carvão ativado adsorva mais moléculas de prednisona. O pH também apresentou um efeito positivo na capacidade de adsorção que pode ser explicada a partir do pH de carga zero do carvão ativado obtido a partir do bagaço de oliveira que é igual a 3,46 (RAUPP, 2021), sugerindo que a superfície do adsorvente favorece a adsorção de espécies catiônicas (sugerindo que a prednisona é catiônica) em valores maiores que o pH de carga zero. Isso sugere que devido a solução mais ácida conter mais íons H^+ , há uma competição entre esses íons e as moléculas de prednisona para serem adsorvidos, resultando em uma capacidade de adsorção de prednisona menor. Esses dados sugerem que a capacidade de adsorção deve ser favorecida em pH ácido e maior do que o valor de pH de carga zero, ou seja, na faixa de pH ao redor de 5.

Já a dosagem do adsorvente apresentou um efeito negativo para a capacidade de adsorção, pois quanto maior a dosagem do adsorvente maior a presença de sítios ativos resultando em uma distribuição das moléculas a serem adsorvidas, resultando em capacidades de adsorção menores. Já para a eficiência de remoção foi possível observar que apenas a dosagem e a relação entre a dosagem e a concentração inicial apresentaram efeito positivo para o processo de adsorção. A dosagem do adsorvente influencia diretamente no eficiência de remoção, pois haverá uma maior quantidade de sítios ativos disponíveis para alocar as moléculas de prednisona (VALÉRIO FILHO *et al.*, 2021).

A Tabela 3 apresenta a Análise de Variância (ANOVA) para os efeitos da dosagem do adsorvente, pH, concentração inicial de prednisona e a relação entre essas variáveis. A ANOVA estuda a variância entre as médias ou medianas de cada um desses parâmetros citados e expressa seu resultado a partir do teste de Fisher (F). Assim, para as

respostas serem significativas, o valor de F calculado (F_{calc}) referente à regressão e aos resíduos deve ser superior ao valor de F tabelado (F_{tab}).

Tabela 3: ANOVA para a análise dos efeitos dos parâmetros utilizados no planejamento experimental.

q	SQ	GL	MQ	F_{calc}	F_{tab}	R^2
Regressão	464,18	6	77,36	40,07	6,16	98,36
Resíduos	7,72	4	1,93			
Falta de ajuste	7,48	2	3,74			
Erro puro	0,24	2	0,1193			
Total	471,91	14				
R	SQ	GL	MQ	F_{calc}	F_{tab}	R^2
Regressão	2675,8	2	445,98	18,07	4,46	82,00
Resíduos	457,87	8	114,47			
Falta de ajuste	438,87	2	3,74			
Erro puro	0,24	2	0,1193			
Total	471,91	14				

Onde q representa a capacidade de adsorção, R a eficiência de remoção, SQ é a soma quadrática, GL são os graus de liberdade e MQ é a média quadrática. Na descrição do processo de adsorção de prednisona com os parâmetros do planejamento experimental, a ANOVA apresentou um ajuste com coeficiente de determinação (R^2), indicando que os modelos propostos conseguem explicar 98,36% da variabilidade dos dados experimentais da capacidade de adsorção do carvão ativado e 82,00% da eficiência de remoção da prednisona, em um nível de significância de 5%. Isto indica que o modelo estatístico testado é adequado para representar o processo de adsorção de prednisona.

No teste de Fisher foi possível observar que todos os ajustes apresentaram o valor de F calculado superior ao valor de Fisher tabelado, indicando que o modelo tem boa correspondência com os valores experimentais com ajustes significativos. Com isso, foi possível gerar equações que resultam na eficiência de remoção e capacidade adsorptiva para o processo de adsorção. A Equação 4 e Equação 5 apresentam as equações preditivas para a capacidade de adsorção e eficiência de remoção, respectivamente, do processo de adsorção.

$$q = 9,403 + 0,919pH - 3,394D_{ad} + 6,353C_i - 0,894pH * D_{ad} + 0,955pH * C_i - 1,892D_{ad} * C_i \quad (4)$$

$$R = 71,763 + 17,208D_{ad} + 4,958D_{ad} * C_i \quad (5)$$

A Figura 2 apresenta as superfícies de resposta obtidas no planejamento experimental executado, com os valores preditos por cada um dos modelos.

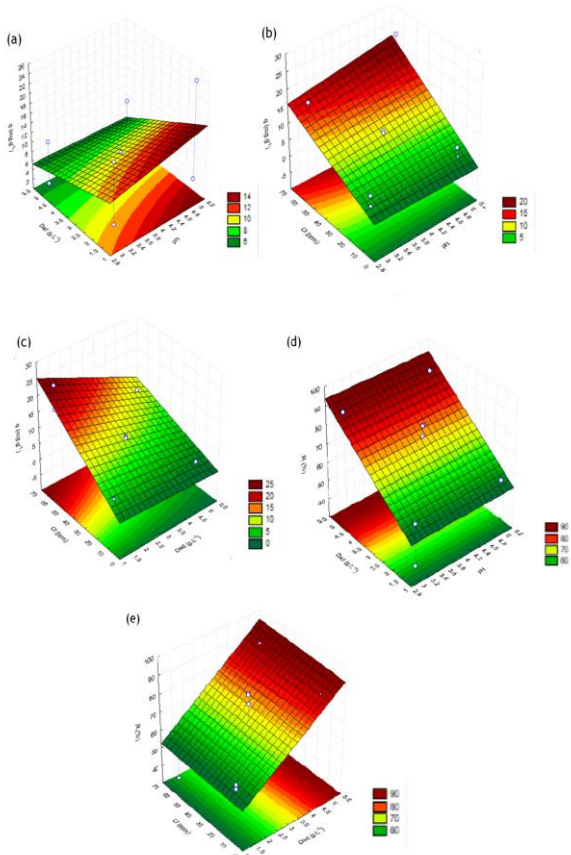


Figura 2: Superfícies de resposta do planejamento experimental. (a): q em relação ao pH e D_{ad} . (b): q em relação a C_i e pH. (c): q em relação a D_{ad} e C_i . (d): R em relação ao pH e D_{ad} . (e): R em relação ao D_{ad} e C_i .

Observa-se que para o modelo ajustado a capacidade de adsorção do carvão ativado é maximizada para menores valores de dosagem. Entretanto, para a eficiência de remoção acontece o contrário, ou seja, quanto maior a dosagem maior a eficiência de remoção, pelos motivos já relatados anteriormente. O pH demonstrou que a capacidade de adsorção é favorecida para pH em torno de 5 devido ao fato do pH mais ácido (3) ser muito próximo ao valor de pH de carga zero (3,46), resultando em uma diferença entre as cargas da solução e do adsorvente muito baixa, diminuindo “atração” entre eles. Dessa forma, o pH 5 apresenta uma diferença entre cargas maior e uma concentração menor de íons H^+ no meio fluido, assim favorecendo a capacidade de adsorção como pode ser observado na Figura 9 (a) e (b).

CONCLUSÃO

Os ensaios preliminares e o planejamento experimental permitiram determinar as condições de adsorção que promovessem uma maior remoção de prednisona presente no efluente modelo.

Além disso, a baixa influência do pH na adsorção e as características físico-químicas da prednisona permitiram que a solução fosse usada sem correção de pH, sendo esse em torno de 5. A melhor dosagem de adsorvente foi de $1,25 \text{ g.L}^{-1}$ com capacidades de adsorção no valor de $24,86 \text{ mg.g}^{-1}$ e eficiência de remoção superiores a 88% para dosagens de $5,0 \text{ g.L}^{-1}$.

Com isso, foi possível verificar a remoção do fármaco prednisona por adsorção usando um material adsorvente produzido a partir do bagaço de oliveira, que se demonstrou eficaz e viável para realização do processo, sendo possível dar seguimento para trabalhos futuros.

NOMENCLATURA

Símbolo	Nome	Dimensão
C_i	Concentração inicial do adsorvato	$M.L^3$

C_F	Concentração final do adsorvato	$M.L^{-3}$	sampling. <i>Environmental Science & Technology</i> , v. 48, p. 3649–3657, 2014.
D_{ad}	Dosagem de adsorvente	$M.L^{-3}$	EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, ISSN 1806-9207, Cultivo de Oliveira (<i>Olea europea L.</i>). Sistemas de produção, Pelotas, RS, 16, dezembro de 2009.
k	Número de variáveis	-	FERRARI, B., PAXÉUS, N., LO GIUDICE, R., POLLIO, A., GARRIC, J. Ecotoxicological impact of pharmaceuticals found in treated waste waters: study of carbamazepine, clofibric acid, and diclofenac. <i>Ecotoxicology and Environmental Safety</i> . V. 55, p. 359-370, 2003.
m_{ad}	Massa de adsorvente	M	FOUST, A. S. WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. Princípios das Operações Unitárias. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
q	Capacidade de adsorção	$M.M^{-1}$	GÓMEZ-CANELA, C., CORTÉS-FRANCISCO, N., VENTURA, F., CAIXACH, J., LACORTE, S. Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry and high resolution mass spectrometry as analytical tools to characterize multi-class cytostatic compounds. <i>Journal of Chromatography A</i> , v. 1276, p. 78-94, 2013.
R	Eficiência de remoção	-	JANNER, N. REMOÇÃO DE CONTAMINANTES UTILIZANDO MATERIAL BIOADSORVENTE PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DA JABUTICABA (<i>Plinia cauliflora</i>). 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pampa, [S. l.], 2020.
R^2	Coefficiente de determinação	-	MAMANI, R. F.; SANTANA, E. C.; BRANAGAN, C. E. B. TUBERCULOSE PULMONAR E COVID-19. <i>The Brazilian Journal of Infectious Diseases</i> , v. 25, p. 101159, 2021.
V	Volume de adsorvato	L^3	NUNES, B. Fármacos no ambiente: implicações ecotoxicológicas. <i>Revista Captar: Ciência e Ambiente para todos</i> , v.2, p. 9-20, 2010.
β_0	Coefficiente da constante	-	PIN, C. F. PRESTES, E. B. C.; MESQUITA, V. R.; LIMA, D. R.; MORAIS, M. M.; ALMEIDA, ANDRÉ R. F.; ROSSETO, V.; RODRIGUES, L. M. Uso do Bagaço de Butiá no Tratamento de Efluentes para a Remoção de Corante / Use of Butiá Bagasse in the Treatment of Effluents for
β_{ij}	Coefficiente da interação ij	-	
X_i	Nível da variável independente	-	
X_j	Nível da variável independente	-	

REFERÊNCIAS

- ANVISA, Bula Profissional da Saúde – Prednisona, 2017.
- CHANG, H., HU, J., SHAO, B. Occurrence of natural and synthetic glucocorticoids in sewage treatment plants and receiving river waters. *Environmental Science & Technology*, v. 41, p. 3462-3468, 2007.
- CREUSOT, N., AÏT-AÏSSA, S., TAPIE, N., PARDON, P., BRION, F., SANCHEZ, W., THYBAUD, E., PORCHER, J.M., BUDZINSKI, H. Identification of synthetic steroids in river water downstream from pharmaceutical manufacture discharges based on a bioanalytical approach and passive

- sampling. *Environmental Science & Technology*, v. 48, p. 3649–3657, 2014.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, ISSN 1806-9207, Cultivo de Oliveira (*Olea europea L.*). Sistemas de produção, Pelotas, RS, 16, dezembro de 2009.
- FERRARI, B., PAXÉUS, N., LO GIUDICE, R., POLLIO, A., GARRIC, J. Ecotoxicological impact of pharmaceuticals found in treated waste waters: study of carbamazepine, clofibric acid, and diclofenac. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. V. 55, p. 359-370, 2003.
- FOUST, A. S. WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L. B. Princípios das Operações Unitárias. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
- GÓMEZ-CANELA, C., CORTÉS-FRANCISCO, N., VENTURA, F., CAIXACH, J., LACORTE, S. Liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry and high resolution mass spectrometry as analytical tools to characterize multi-class cytostatic compounds. *Journal of Chromatography A*, v. 1276, p. 78-94, 2013.
- JANNER, N. REMOÇÃO DE CONTAMINANTES UTILIZANDO MATERIAL BIOADSORVENTE PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DA JABUTICABA (*Plinia cauliflora*). 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pampa, [S. l.], 2020.
- MAMANI, R. F.; SANTANA, E. C.; BRANAGAN, C. E. B. TUBERCULOSE PULMONAR E COVID-19. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*, v. 25, p. 101159, 2021.
- NUNES, B. Fármacos no ambiente: implicações ecotoxicológicas. *Revista Captar: Ciência e Ambiente para todos*, v.2, p. 9-20, 2010.
- PIN, C. F. PRESTES, E. B. C.; MESQUITA, V. R.; LIMA, D. R.; MORAIS, M. M.; ALMEIDA, ANDRÉ R. F.; ROSSETO, V.; RODRIGUES, L. M. Uso do Bagaço de Butiá no Tratamento de Efluentes para a Remoção de Corante / Use of Butiá Bagasse in the Treatment of Effluents for

- the Removal of Dye. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, p. 798-812, 2021.
- RAMOS, P. H. *et al.* Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. *Química nova*, v. 32, p. 1139-1143, 2009.
- RAUPP, Íris *et al.* BIOCHAR PROVENIENTE DO RESÍDUO DA OLIVICULTURA: POTENCIAL DE USO NA ADSORÇÃO DE NIMESULIDA. CONVIBRA, [S. l.], p. 1-10, 31 maio 2021.
- SANTOS, E. G.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. Desempenho de biomassas na adsorção de hidrocarbonetos leves em efluentes aquosos. *Química Nova*, v. 30, p. 327-331, 2007.
- Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Instituições se alinham para potencializar pesquisas em olivicultura. 2020.
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, R. S. SEBRAE-RS. Porto Alegre, 2017.
- VALERIO FILHO, A. THOLOZAN, L.; JANNER, N. ; XAVARE, R.; ALMEIDA, A. R. F. ; ROSA, G. S. Optimization of cationic dye removal using a high surface area- activated carbon from water treatment sludge. *BULLETIN OF MATERIALS SCIENCE*, v. 44, p. 41, 2021.
- WERLANG, E. B. *et al.* Produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais. *Revista Jovens Pesquisadores*, v. 3, n. 1, 2013.