

ESTUDO DA REMOÇÃO DE ÁCIDO 3,5-DINITROSALICÍLICO POR ADSORÇÃO UTILIZANDO ZEÓLITA NATURAL CLINPTILOLITA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.5691125310311>

Data de aceite: 15/12/2025

Iuri Ferreira Veiga

Universidade Federal de Uberlândia,
Faculdade de Engenharia Química,
38408-144 Uberlândia, Brasil. Currículo
<http://lattes.cnpq.br/5037068561439379>

Nicole Salvador

Universidade Federal de Uberlândia,
Faculdade de Engenharia Química,
38408-144 Uberlândia, Brasil. Currículo
<http://lattes.cnpq.br/4612992548670579>

Thais Magnabosco Siconeto

Universidade Federal de Uberlândia,
Faculdade de Engenharia Química,
38408-144 Uberlândia, Brasil. Currículo
<http://lattes.cnpq.br/9337024035674658>

Rafael Bruno Vieira

Universidade Federal de Uberlândia,
Faculdade de Engenharia Química,
38408-144 Uberlândia, Brasil. Currículo
<http://lattes.cnpq.br/6373988987586203>

Thamayne Valadares De Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia,
Faculdade de Engenharia Química,
38408-144 Uberlândia, Brasil. Currículo
<http://lattes.cnpq.br/8217534758331184>

RESUMO: Adsorção se trata de um processo no qual por atração de natureza física ou química moléculas dissolvidas em uma solução se depositam na superfície do material adsorvente. O processo de adsorção tem sido cada vez mais utilizado industrialmente, em destaque no tratamento de efluentes industriais, pois a água tem se tornado um recurso cada vez mais valioso e de interesse político. Nesse contexto vale buscar alternativas para tratar águas contaminadas com um efluente comum da análise de açúcares redutores que é o DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico). A clinoptilolita que é uma zeólita natural composta por alumino silicatos tetraédricos aparenta ser uma boa candidata a adsorvente em decorrência de sua abundância geográfica e baixo custo de aquisição. portanto, o objetivo do trabalho é determinar a viabilidade técnica da utilização clinoptilolita no tratamento do DNS através do processo de adsorção. Foi determinado o do ponto de carga zero de 7,21 através da avaliação da influência do pH e a consequente avaliação da adsorção do DNS no ponto encontrado. A capacidade de adsorção foi de 42,857 mg/g. A baixa capacidade de adsorção indica uma baixa seletividade esse par de adsorvente e adsorvato.

PALAVRAS-CHAVE: DNS, clinoptilolita, adsorção, remoção, pH.

STUDY OF THE REMOVAL OF 3,5-DINITROSALICYLIC ACID BY ADSORPTION USING NATURAL ZEOLITE CLINPTILOLITE.

ABSTRACT: Adsorption is a process in which, through physical or chemical attraction, molecules dissolved in a solution are deposited on the surface of the adsorbent material. The adsorption process has been increasingly used industrially, particularly in the treatment of industrial effluents, as water has become an increasingly valuable resource and of political interest. In this context, it is worthwhile to seek alternatives to treat water contaminated with a common effluent from the analysis of reducing sugars, which is DNS (3,5-dinitrosalicylic acid). Clinoptilolite, a natural zeolite composed of tetrahedral aluminosilicates, appears to be a good candidate as an adsorbent due to its geographical abundance and low acquisition cost. Therefore, the objective of this work is to determine the technical feasibility of using clinoptilolite in the treatment of DNS through the adsorption process. The point of zero charge of 7,21 was determined by evaluating the influence of pH and subsequently evaluating the adsorption of DNS at the point found. The adsorption capacity was 42.857 mg/g. The low adsorption capacity indicates low selectivity for this adsorbent-adsorbate pair.

KEYWORDS: DNS, clinoptilolite, adsorption, removal, pH.

INTRODUÇÃO

A adsorção é o processo através do qual moléculas são retiradas da solução e retidas na superfície de um material adsorvente devido a interação entre a superfície e a molécula em questão, a natureza da interação pode ser física sendo caracterizada por forças de Van der Waals e nomeando-se fisissorção ou química na qual ocorre de fato a troca de elétrons entre a superfície e o adsorvido caracterizando uma reação química que pode ou não ser reversível e nomeando-se quimissorção (Goyal; Bansal, 2005).

A conservação das águas aparenta ser um tópico relevante na atual conjuntura política e visando o futuro a uma tendência às leis e regulamentações vigentes tornarem-se mais rígidas em decorrência da ODS número 14. Nesse contexto, o processo de adsorção pode apresentar uma boa relação custo benefício e facilmente atender as exigências legais atuais e futuras. Assim, o processo de adsorção tem sua utilização intensificada na indústria e representa uma importante ferramenta para combater a poluição dos recursos hídricos no antropoceno (Petriciolet; Castillo; Ávila, 2017).

A Clinoptilolita é uma zeólita natural composta por alumino silicatos tetraédricos que se estabilizam ionicamente com íons de sódio, potássio ou cálcio e cujos poros geralmente se encontram preenchidos com água, produto da devitrificação de vidros vulcânicos em tufas (Ruthven, 1984). Trata-se de um recurso natural abundante e bem distribuído no mundo o que resulta na facilidade de sua obtenção e aplicabilidade nos processos de adsorção, principalmente no tratamento de águas residuais de indústrias ou de outras fontes contaminantes (Wang; Peng, 2010).

O ácido 3,5-dinitrosalicílico, comumente denominado DNS, é uma substância que apresenta risco à saúde e risco por ser corrosiva (3,5-Dinitrosalicylic [...], 2021). Cotidianamente o DNS é utilizado para quantificar os açúcares redutores presentes em uma determinada solução, uma vez que o mesmo ao reagir com os açúcares redutores se converte em um composto aromático de alta absorbância no espectro de 540 nm (Gonçalves, 2010). Nesse contexto faz-se necessário sua correta disposição a fim de conservar a saúde humana e o meio ambiente.

Julgando a conjuntura dos fatores supra mencionados, torna-se lógico a avaliação da capacidade de remoção de ácido 3,5-dinitrosalicílico através da adsorção utilizando zeólita natural clinoptilolita.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo de soluções

Com o intuito de se determinar o ponto de carga zero que consiste em no valor de pH para o qual o sistema atinge equilíbrio iônico o qual serve de importante referência ao se considerar processos de adsorção foram preparadas 2 conjuntos de soluções, o primeiro consistindo de soluções ácidas preparadas a partir de diluições de uma solução de HCL e o segundo soluções básicas produzidas com a diluição de uma solução de NaOH, no total foram preparadas 12 soluções cobrindo o espectro de pH de 1 a 11 em intervalos regulares de 1.

Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ)

Para a determinação do ponto de carga zero foram pesadas aproximadamente 250 mg do adsorvente adicionados 50 ml das respectivas soluções e deixado em repouso por 24 horas, após esse período foi medido o pH com o auxílio de um pHmetro e constatadas as respectivas medidas de pH através das mesmas foi possível determinar o ponto de carga zero através da média aritmética das mesmas uma vez que ela apontam para o valor cujo o adsorvente tende a tamponar, valor o qual representa o ponto de carga zero no qual há o equilíbrio de cargas iônicas na superfície do adsorvente.

Determinação da capacidade de adsorção

Visando-se avaliar a utilização da Clinoptilolita como adsorvente do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Novamente foram pesadas aproximadamente 250 mg do adsorvente e adicionados 50 ml com o objetivo de se manter a proporção de adsorvente e volume da solução, desta vez composta por DNS na concentração de 1 g/L, e se colocou sobre agitação aproximada de 500 rpm por um período de 10 minutos. Após isso se avaliou

a efetividade da adsorção comparando-se a absorbância da solução de DNS pura e da solução filtrada que passou pelo processo de adsorção com a Clinoptilolita, a absorbância foi averiguada em um espectrofotômetro analisando-se o comprimento luz de 546nm previamente averiguado como o de maior absorção luminosa para nossas condições experimentais. Nessas condições se avalia a efetividade do adsorvente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 se encontram os valores de pH inicial e final, bem como a massa de adsorvente adicionada em gramas. Com os dados de pH inicial e final foi possível a construção do gráfico 1.

pH inicial	m (g)	pH final
1	0,2524	1,41
2	0,2517	2,24
3	0,2593	3,89
4	0,2593	7,08
5	0,2610	7,83
6	0,2480	8,03
7	0,2552	8,31
8	0,2592	7,96
9	0,2475	8,35
10	0,2586	9,24
11	0,2567	10,84
12	0,2517	11,32

Tabela 1 - Variação de pH e massa de adsorvente adicionado.

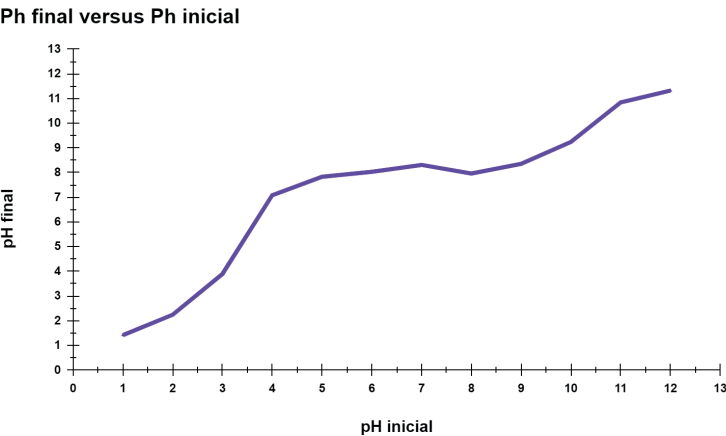


Gráfico 1 - pH final em relação ao pH inicial

Através da Média aritmética dos pH finais obtidos se constatou que o Ponto de Carga Zero (PCZ) se encontrava no pH de 7,21 que é exibido na tabela 2.

Ponto de Carga Zero (PCZ)
7,21

Tabela 2 - Ponto de carga zero encontrado.

Com o Ponto de Carga Zero (PCZ) encontrado, na segunda fase do experimento determinou-se a capacidade de se utilizar a Clinoptilolita como adsorvente para o tratamento do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Na tabela 3 se encontram os valores de absorbância medidos no comprimento de 546 nm de pré e pós tratamento da solução de DNS com a Clinoptilolita.

absorbância inicial	λ (nm)	absorbância final
0,014A	546	0,011A

Tabela 3 - Variação da absorbância.

Considerando-se os valores de absorbância encontrados e levando-se em conta a Lei de Beer-Lambert encontra-se a remoção de DNS de 21,43%. Tendo em vista a proporção mássica de Clinoptilolita e DNS bem como a correlação entre volume e massa. Utilizando-se a equação 1 se encontra a capacidade de adsorção de 42,857 (mg/g).

$$q = \frac{(Co - Ce) \times V}{m}$$

Equação 1 - Capacidade de adsorção.

Onde:

q: capacidade de adsorção;

Co: concentração inicial do adsorvato;

Ce: concentração do adsorvato no equilíbrio;

V: volume da solução;

m: massa do adsorvente.

Ao se comparar a remoção de DNS realizada com carvão ativada em grânulos e em pó a 25°C realizada por Hernández, et al. (2021), constata-se a baixa eficácia de remoção de DNS promovida pela clinoptilolita visto que a mesma promoveu uma remoção de apenas 21,43% enquanto o carvão ativado promoveu remoções superiores a 60% e 85% para a sua versão em grânulos e em pó. Sun et al., (2015) analisaram a adsorção de benzotiofeno a partir de um modelo de gasóleo utilizando as zeólitas NaY que haviam sido modificadas com uma solução aquosa de NaOH 0,09 M. Eles alcançaram 99,9% de remoção, o que demonstra a eficiência das zeólitas no processo de adsorção.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a Clinoptilolita não se demonstrou efetiva para a adsorção do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Contudo considerando as características físico-químicas do DNS faz-se necessário estudos futuros a fim de se determinar novos meios de se lidar com o mesmo, bem como não se deve descartar o uso futuro da Clinoptilolita em outros processos considerando sua abundância natural e eficácia em outros processos. Assim a determinação do Ponto de Carga Zero no pH de 7,21 passa a ser a parte mais relevante deste trabalho uma vez que facilita a avaliação da faixa de pH a ser empregada em futuros trabalhos que envolvam a utilização da Clinoptilolita como adsorvente, desde que se use com outro adsorbato que não o DNS já que se confirmou a ineficácia desse par.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da FAPEMIG, CNPq e UFU, à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, especialmente ao NUGAES e ao NUCBIO, pela oportunidade em realizar este trabalho.

REFERÊNCIAS

- 3,5-DINITROSALICYLIC ACID. [S. l.], 14 nov. 2021. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11873>. Acesso em: 1 jul. 2024.
- GONÇALVES, C.; JASSO, R. M. R.; GOMES, N.; TEIXEIRA, J. A.; BELO, I. Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. *Analytical Methods*, v. 2, p. 2046-2048, 2010.
- GOYAL, Meenakshi; BANSAL, Roop Chand. *Activated Carbon Adsorption*. 1. ed. [S. l.: s. n.], 2005.
- PETRICIOLET, Adrián Bonilla; CASTILLO, Didilia Ileana Mendoza; ÁVILA, Hilda Elizabeth Reynel (ed.). *Adsorption Processes for Water Treatment and Purification*. [S. l.]: Springer International Publishing, 2017. 266 p.
- RUTHVEN, Douglas M. *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*. 1. ed. [S. l.]: Wiley-Interscience, 453 p., 1984.
- WANG, Shaobin; PENG, Yuelian. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, [s. l.], v. 156, n. 1, p. 11-24, 24 nov. 2010.
- SUN, H. et al. Adsorption of benzothiophene from fuels on modi fi ed NaY zeolites. *Fuel Processing Technology*, v. 134, p. 284-289, 2015.
- HERNÁNDEZ, J. A. et al. 3,5-dinitrosalicylic acid adsorption using granulated and powdered activated carbons. *Molecules*, v. 26, n. 22, p. 6918, 2021.