

TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIAS DE LATICÍNIOS ATRAVÉS DOS PROCESSOS ADSORTIVOS COM ARGILAS SÓDICAS

J. V. F. L. CAVALCANTI¹, C. S. ROCHA¹, THIBÉRIO SOUZA², M. A. MOTTA SOBRINHO², O. S. BARAÚNA³

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns

² Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Química

³ Instituto de Tecnologia de Pernambuco

E-mail para contato: jorgevcavalcanti@ig.com.br

RESUMO – Esta pesquisa iniciou com o tratamento de uma argila da região da Boa Vista, Município de Campina Grande/PB, a Argila Chocolate, visando a substituição dos seus vários cátions da região intercadas por cátions sódio, objetivando a expansão da mesma. Neste trabalho foi realizado o incremento do teor de sódio nas argilas por tratamento com carbonato de sódio, seguindo um planejamento 2^{4-1} , pela variação da temperatura, concentração de sódio e tempo de contato argila/solução sódica. A argila sódica que revelou melhor propriedade tixotrópica, através de testes de quantificação da viscosidade plástica de uma suspensão pré determinada, foi submetida a ensaios de difração de raios-X e inchamento Foster, para em seguida ser utilizada como adsorvente de lactose em soluções analíticas. Os resultados do processo adsorativo se ajustaram a Isoterma de Freundlich, com ajuste de heterogeneidade $1/n = 0,314 \pm 0,053$.

1. INTRODUÇÃO

O leite pode ser definido como o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (Brasil - MAPA, 2011). É um produto importante na alimentação humana, por ser altamente nutritivo e de fácil acesso. O leite é formado basicamente por água e extrato seco, que engloba: as proteínas, gordura, carboidratos e sais minerais. Sua composição química varia com a espécie, raça, alimentação, idade e muitos outros fatores (Valsechi, 2001).

O soro do leite por sua vez, pode ser definido como a porção aquosa que se separa do coágulo durante a fabricação convencional do queijo. Retém cerca de 55% dos nutrientes presentes no leite. Contém proteínas solúveis, lactose, minerais e vitaminas, além de quantidades variáveis de ácido láctico e nitrogênio não solúvel (Mizubuti, 1994).

O soro caracteriza-se por ser altamente poluente. Possui demanda bioquímica de oxigênio (DBO) entre 30 e 45g/litro e exige o oxigênio presente em 4.500 litros de água para despoluí-lo (Mizubuti, 1994). Parte desta demanda bioquímica deve-se a presença da lactose, pois sua

decomposição nos corpos d'água requer um alto consumo de oxigênio, contribuindo para o aumento da DBO. O despejo dos efluentes sem tratamento prévio traz diversas consequências, como a redução de chance de vida dos peixes e aumento da vegetação aquática (Ferreira, 2007).

Uma alternativa ao uso de processos biológicos na redução da carga orgânica, como tratamento terciário do efluente da indústria de laticínios é o uso de argila esmectítica sódica para adsorção da lactose. As argilas são amplamente utilizadas em diversos segmentos, devido as suas atraentes propriedades como inchamento, adsorção, plasticidade, etc (Paiva *et al*, 2008).

Este trabalho teve como objetivo geral o preparo do material adsorvente e sua utilização para adsorção da lactose, importante contaminante orgânico presente no efluente de Indústrias de Laticínios, em especial no Soro de Leite.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparo do Material Adsorvente e Sua Caracterização

O tratamento da argila com carbonato de sódio foi realizado com uma proporção de 50 g de argila Chocolate *in natura* com 500 mL de água deionizada e 5 mL (ou 2,5mL) de uma solução 265 g.L⁻¹ deste sal, agitando a dispersão a 800 RPM, durante 3 h (ou 1,5h), a uma temperatura 45 °C (ou 25 °C), em um “balão de três bocas” com controle de temperatura e agitação. A dispersão foi filtrada à vácuo e o resíduo foi posto em uma estufa com circulação forçada de ar à 100 °C durante 24 h. Em seguida, a argila sódica foi destorroada em almofariz e peneirada (# 0,075 mm). Finalmente, foi realizado o ensaio da viscosidade plástica da argila sódica segundo as Normas N2604 e N2605 da Petrobras. A Tabela 01 sumariza o planejamento realizado.

Tabela 01 – Planejamento Experimental para produção da argila sódica

Variáveis	-1	0	+1
Temperatura (°C)	25,0	35,0	45,0
Tempo de Contato (h)	1,5	2,25	3,0
Concentração de Na ₂ CO ₃ (g.L ⁻¹)	1,32	1,99	2,65

Como resposta ao planejamento, foi realizada a quantificação da viscosidade plástica da suspensão em água desta argila (4,86% em massa) e seu respectivo inchamento Foster (1 g de argila sódica em 50 mL de água deionizada em uma proveta de 100 mL). Além da Difração de Raio-X, para verificar a expansão do espaçamento basal. Tanto a verificação da viscosidade plástica, como o inchamento Foster, estão diretamente correlacionados com o ganho de expansão do material adsorvente, potencializando sua propriedade de remoção de contaminantes em meio aquoso.

2.2. Estudo Adsorativo

Para o estudo adsorativo, foram preparadas 5 soluções de lactose (de 100 mL cada), de concentrações iniciais variando de 4 a 5% em massa de soluto (4,00/4,25/4,50/4,75/5,00%).

Foram realizadas bateladas de 24 h, a 30 °C, em uma mesa agitadora com controle de temperatura, utilizando-se, em diferentes experimentos, 4 g de argila *in natura* e 4 g de argila sódica, em cada ensaio. O estudo adsorativo foi realizado em erlenmeyer de 250 mL.

Foi quantificado, por refratometria, o percentual de sólidos solúveis (°Brix) das soluções de lactose antes e depois do processo adsorativo, com um respectivo ensaio em branco para as duas argilas. A separação da mesma da solução de lactose foi realizada por centrifugação a 3000 RPM durante 9 minutos.

Com os resultados obtidos, foi plotada uma curva de equilíbrio entre o teor de lactose em fase líquida (C_{eq}) e o teor de lactose em fase sólida (Q_{eq}). Os resultados foram ajustados a Isoterma de Equilíbrio de Freundlich (na sua forma linear), representada pela Equação 1. Para se quantificar a concentração de equilíbrio em fase sólida, pode-se fazer o balanço material entre as fases, representada pela Equação 2.

$$\log Q_{eq} = \log K + n \log C_{eq} \quad (1)$$

$$Q_{eq} = \frac{(C_0 - C_{eq})V}{m} \quad (2)$$

Sendo C a concentração em fase líquida (mg.L^{-1}), Q a concentração em fase sólida (mg.g^{-1}), V o volume da solução (L), m a massa de adsorvente (g), K e n parâmetros de equilíbrio associados a Isoterma de Freundlich, sendo o primeiro a constante de equilíbrio adsorativo e o segundo o termo de heterogeneidade entre a coesão de sítios ativos e o adsorvato.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Preparo do Material Adsorvente e Sua Caracterização

Os resultados para as viscosidades plásticas, pós-tratamento, está mostrado na Tabela 02 e as influências das variáveis está mostrada no gráfico de Pareto, Figura 01. Já a expansão do material pode ser visualizado pelo Inchamento Foster, Figura 02.

Os resultados indicaram que o aumento da concentração de sódio e da temperatura foram determinantes no ganho da viscosidade plástica do argilomineral.

Tabela 02 – Resultado do Planejamento Experimental para Argila Chocolate

Experimento	Temperatura	Tempo	Concentração	Viscosidade Aparente
1	+1	+1	+1	4,0/4,0
1	+1	+1	-1	2,5/2,5
1	+1	-1	+1	3,5/3,5
1	+1	-1	-1	2,5/2,5
2	-1	+1	+1	3,0/3,5
2	-1	+1	-1	2,5/2,5
2	-1	-1	+1	3,0/3,5
2	-1	-1	-1	2,5/2,5
Valor Médio	0	0	0	3,0/3,0

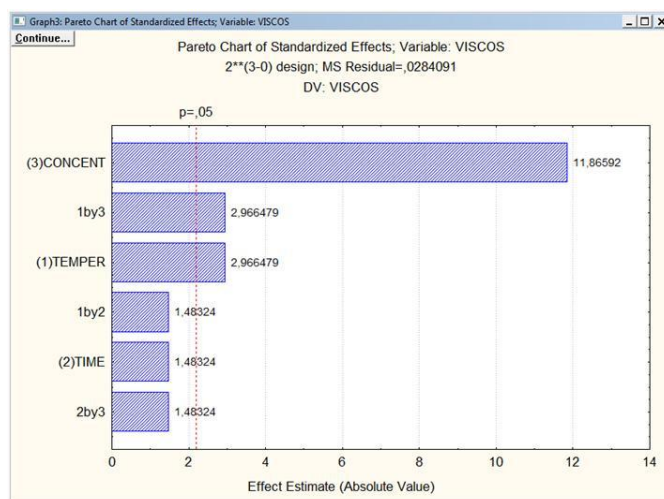


Figura 01 – avaliação da influência das variáveis do processo

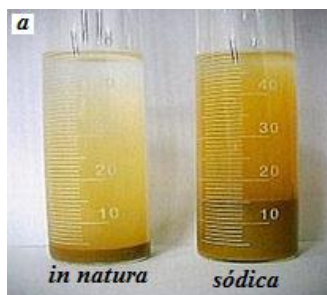


Figura 02 – Inchamento Foster

Foi verificado um inchamento entre 14 e 15 mL.g⁻¹ para este material. Valores iguais ou inferiores a 2 mL.g⁻¹ são considerados como não inchamento; são considerados como inchamento baixo de 3 a 5 mL.g⁻¹; de 6 a 8 mL.g⁻¹ como inchamento médio; e acima de 8 mL.g⁻¹ como inchamento alto (Diaz,1994).

Os espaçamentos basais (nm), para a argila *in natura* seca e hidratada, e para a argila sódica seca e hidratada, estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03 – Espaçamentos basais das formas *in natura* e Sódica (seca e hidratada)

Tipo de Argila	Espaçamento Basal (nm)
<i>In natura</i>	1,549
<i>In natura</i> Hidratada	1,963
Sódica Seca	1,263
Sódica Hidratada	2,454

O fato da difração de Raios-X da argila sódica ter revelado um pico de 1,260 nm, ocorreu porque a amostra foi submetida a uma secagem à temperatura de 100 °C, por um tempo longo para permitir o peneiramento. Ou seja, devido às condições bruscas de secagem, houve uma redução da umidade na região intercamadas. Porém, em condições de hidratação, houve uma expansão considerável deste argilomineral.

3.2. Estudo Adsorativo

O resultado da isoterma linear de Freundlich (equação 2), para as duas argilas (*in natura* e sódica), está apresentado na Figura 03.

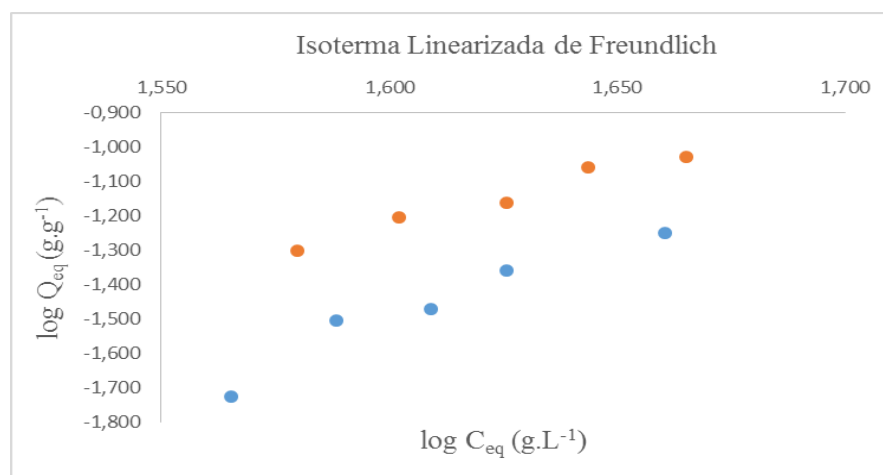


Figura 03 – Isoterma de Freundlich (● para a argila sódica e ● para a argila *in natura*)

Os resultados indicaram uma constante de equilíbrio $K = 4,027 \cdot 10^{-4} \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ e uma constante de heterogeneidade $1/n = 0,314 \pm 0,053$, para a argila sódica, representada pela reta superior. Os resultados também mostraram que a argila sódica, comparada com a argila *in natura*, foi um adsorvente mais eficiente, com capacidade adsortiva superior a 100 mg de lactose g^{-1} de argila na saturação.

4. CONCLUSÃO

Realizado o planejamento experimental, foi possível diminuir a quantidade de ensaios e analisar a influência das variáveis independentes para a produção da argila sódica, com ampliação do espaçamento basal de 1,963 a 2,454 nm, em condições de igual hidratação.

Os resultados experimentais mostraram-se compatíveis à isoterma de Freundlich, com um incremento considerável na capacidade adsortiva do material tratado, comparado com o material *in natura*.

Estes experimentos serão continuados, em diferentes condições de temperatura e pH, visando uma melhor condição físico-química para a remoção da lactose, e posteriormente para adsorção da solução real.

5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade do leite cru refrigerado, leite pasteurizado, coleta do leite cru refrigerado e seu transporte a granel.
- DIAZ, F. R. V. Obtenção, a nível de laboratório, de algumas argilas esmectíticas organofílicas, *Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Química, USP, São Paulo, SP* (1994).
- FERREIRA, I. C. S. Tratamento terciário da indústria de laticínios através da adsorção da lactose em argila esmectítica. 2007. 96 f., *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo*. São Paulo, 2007.
- MIZUBITY, I. Y. Soro do leite: composição, processamento e utilização na alimentação. *Sem.: Ci. Agr., Londrina*, v.15, n.1, p. 80-94, março de 1994.
- PAIVA, L. B.; MORALES, A. R.; DIAZ, F. R. V. Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização, *Cerâmica*, v.54, p. 213-226, 2008.
- PETROBRAS. *Viscosity for water-based fluids in oil exploration*, N-2604, 1998(a).
- PETROBRAS. *Viscosity tests for water-based fluids in oil exploration*, N-2605, 1998(b).

VALSECHI, O. A. O leite e seus derivados. Araras, p. 36, *Departamento de tecnologia agroindustrial e socioeconômica rural da Universidade Federal Rural de São Carlos*, 2001.