



ESTUDO DO EQUILÍBRIO DE SISTEMAS DE TROCA IÔNICA TERNÁRIO DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO UTILIZANDO ALGINATO



UNICAMP

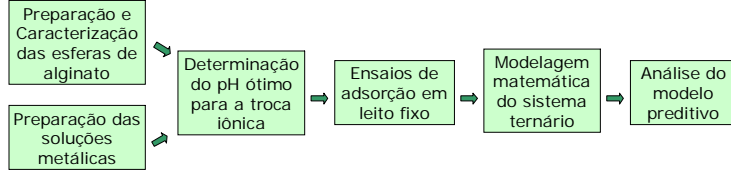
R. K. Balbino¹; R. A. Welter²; M. G. C. da Silva³

¹Bolsista de Iniciação Científica, ²Co-orientadora, ³Orientadora - Departamento de Termodinâmica – FEQ – UNICAMP

OBJETIVO

Estudar o processo de remoção de metais pesados em sistema de troca iônica da mistura ternária de cálcio, cobre e cádmio, e seu comportamento no equilíbrio, utilizando o biopolímero alginato em coluna de leito fixo. Os dados de equilíbrio do sistema ternário foram avaliados através do modelo preditivo, baseado na relação dos sistemas binários: Cu-Ca, Cd-Ca e Cu-Cd.

METODOLOGIA



Preparação das Esferas de Alginato pelo Método da Emulsificação:

- Solução de Alginato: 4 g de alginato/100 mL água destilada
- Solução de CaCl₂ : 6,0% de CaCl₂, 45,5% de etanol, 45,5% de água destilada e 3,0% de ácido acético (percentagens em massa)
- Soluções a 60 °C e Agitação a 1100 rpm

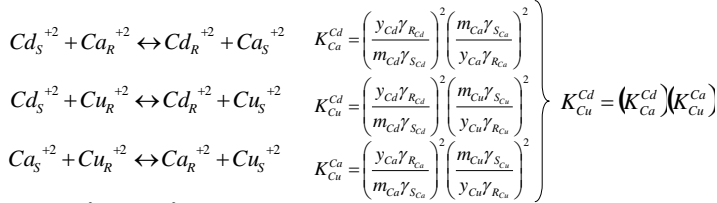
pH Ótimo:

- Fase sólida: determinação do ponto de carga superficial nula pH_{ZPC}
- Fase líquida: estudo de especiação com aplicativo HYDRA

Ensaios de Adsorção:

- Massa de Adsorvente em Cada Coluna: 19,24 g
- Concentração Total das Soluções de Alimentação: 6,29 meq/L
- Vazão de 3 mL/min e pH em 4,5
- 12 ensaios com diferentes frações de cada metal

Sistemas Ternários de Troca Iônica:



$$\left(\frac{y_{Ca} \gamma_{R_{Ca}}}{m_{Ca} \gamma_{S_{Ca}}} \right)^2 \left(\frac{m_{Cu} \gamma_{S_{Cu}}}{y_{Cu} \gamma_{R_{Cu}}} \right)^2 - K_{Cu}^{Cd} = 0 \quad y_{Cd} + y_{Ca} + y_{Cu} = 1$$

$$\left(\frac{y_{Ca} \gamma_{R_{Ca}}}{m_{Ca} \gamma_{S_{Ca}}} \right)^2 \left(\frac{m_{Cu} \gamma_{S_{Cu}}}{y_{Cu} \gamma_{R_{Cu}}} \right)^2 - K_{Cu}^{Cd} = 0 \quad F = \sum_{j=1}^{n_{exp}} \left[\left(\frac{y_A^B}{y_B^A} \right)^{EXP} - \left(\frac{y_A^B}{y_B^A} \right)^{MOD} \right]^2 + \left(\frac{y_B^B}{y_B^A} \right)^{EXP} - \left(\frac{y_B^B}{y_B^A} \right)^{MOD} \right]^2$$

R	Fase sólida
S	Fase líquida
y	Fração de Ions
γ	Coefficiente de atividade
M	Molalidade do ion
K	Constante de equilíbrio

F	Função objetivo
EXP	Parâmetro obtido experimentalmente
MOD	Parâmetro obtido através dos modelos
n_exp	Número de medidas experimentais.
θ	Vector com os valores dos parâmetros do modelo empregado no cálculo do coeficiente de atividade da fase sólida

Obtenção da Quantidade Adsorvida:

$$q_{Cu}^* = \frac{C_0^{Cu^{2+}} \cdot V}{1000m} \int_0^t \left(1 - \frac{C_{Cu^{2+}}}{C_0} \right)_{z=L} dt$$

Para a mistura binária:

- Obtenção do coeficiente da fase sólida: Wilson
- Obtenção do coeficiente da fase líquida: Bromley

RESULTADOS

Caracterização das Esferas de Alginato: diâmetro médio de 1000 μ e 93,42% de umidade.



Figura 1 - Imagem obtida por microscopia óptica da esfera de alginato.

pH Ótimo para a Troca Iônica: 4,5

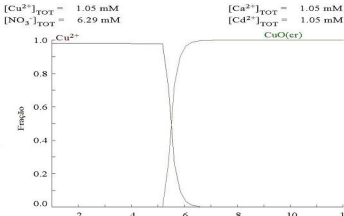


Figura 2 - Estudo de Especiação

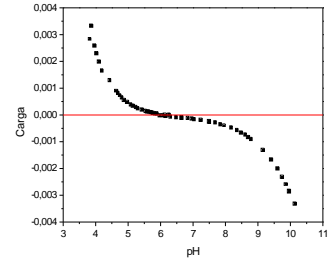


Figura 3 - pHZPC

Comparação entre as Frações Obtidas pelo Modelo e Experimentalmente:

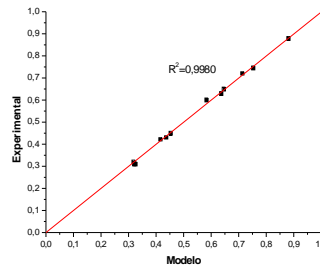


Figura 4 - Cobre

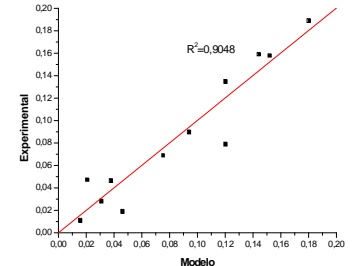


Figura 5 - Cálcio

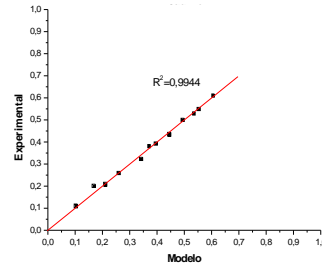


Figura 6 - Cádmio

Quantidades parciais de metais retidos no biopolímero alginato:

Ensaio	q _{Cobre} (meq/g)		q _{Cádmio} (meq/g)		q _{Cálcio} (meq/g)	
	Modelo	Experimental	Modelo	Experimental	Modelo	Experimental
1	4,16	4,14	0,49	0,52	0,07	0,05
2	3,01	2,97	1,61	1,52	0,10	0,22
3	1,97	1,99	2,61	2,60	0,16	0,13
4	3,55	3,52	0,99	0,99	0,18	0,22
5	2,75	2,83	1,75	1,80	0,22	0,09
6	1,51	1,51	2,86	2,88	0,36	0,33
7	3,05	3,07	1,22	1,23	0,44	0,42
8	2,06	2,03	2,10	2,05	0,57	0,64
9	1,51	1,47	2,53	2,50	0,68	0,75
10	1,54	1,47	2,33	2,36	0,85	0,89
11	2,13	2,12	1,87	1,85	0,72	0,75
12	3,36	3,40	0,79	0,95	0,57	0,37

CONCLUSÕES

- Esferas de alginato produzidas pelo método da emulsificação apresentam diâmetro adequado para a fluidodinâmica da coluna utilizada;
- Para que os metais se apresentem dissolvidos em solução o melhor pH para se trabalhar é de 4,5;
- O biopolímero alginato retém eficientemente o cobre e apresenta boa retenção do cádmio, e
- O método preditivo de dados ternários, a partir de dados binários utilizando para o cálculo do coeficiente de atividade os modelos de Wilson e Bromley, apresentou boa concordância com os resultados obtidos experimentalmente.

AGRADECIMENTOS

CNPQ/PIBIC/UNICAMP pela bolsa e à FAPESP pelo apoio à pesquisa.