



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

I-013 - REMOÇÃO DO FERRO DA ÁGUA POTÁVEL DA GRANDE RECIFE POR ADSORÇÃO EM MATERIAIS NATURAIS: FASE I – MESOCARPO DO COCO VERDE COM ÁGUA SINTÉTICA

Quim. Ind. Marilda Nascimento Carvalho

Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) em 1988. Aluna de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Técnica de Nível Superior do Laboratório de Análises Minerais, Solos e de Água do DEQ / UFPE.

Débora Conceição Assis de Santana

Aluna de Iniciação Científica e Graduanda no curso de Engenharia Química da UFPE.

Prof. Dr. César Augusto Moraes de Abreu

Engenheiro Químico pela UFC em 1972. Mestre em Química pela UFPE em 1978. Doutor em Engenharia de Processos Industriais pela Université de Technologie de Compiègne (França) em 1985. Pós-Doutorado no Institut National Polytechnique de Lorraine (França) em 1990. Professor Titular do DEQ/UFPE e Pesquisador 2A do CNPq.

Prof. Dra. Valdinete Lins da Silva

Química pela Universidade Católica de Pernambuco em 1972. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco em 1977. Doutora em Química pela UNICAMP em 1991. Coordenadora do Lab. de Engenharia Ambiental e da Qualidade do DEQ/UFPE. Pesquisadora 2B do CNPq.

Prof. Dr. Mauricio da Motta ⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco em 1992. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba no Campus II (atual UFCG) em 1995. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França) em 2001. Professor do Departamento de Engenharia Química da UFPE e Pesquisador 2C do CNPq

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ) - Departamento de Engenharia Química - CTG - Universidade Federal de Pernambuco - Cidade Universitária - 50740-521 - Recife - Pernambuco - Brasil - Tel.: (++ 55 81) 3274-7268 - Fax: (++ 55 81) 3271-3992 -

 mottas@ufpe.br

RESUMO

As águas naturais possuem um conjunto de sais em solução, os quais nas águas subterrâneas se encontram, em geral, em teores mais elevados que aqueles das águas superficiais que estão intimamente expostas aos materiais solúveis presentes nos solos e nas rochas. Um dos elementos encontrados com maior frequência em águas subterrâneas é o ferro. As águas subterrâneas possuem maior resistência aos processos poluidores em relação às águas superficiais devido aos solos que atuam como filtros físicos e químicos naturais. Entretanto, estudos preliminares sobre as águas dos poços situados no campus da UFPE e na cidade de Olinda mostram que a contaminação pelo ferro se fez presente em todas as amostras analisadas, com estas apresentando valor muito superior ao máximo permitido pelo Ministério da Saúde. Este trabalho tem por objetivo utilizar um resíduo (mesocarpo do coco verde) para a remoção de ferro por adsorção. Foram realizados estudos com água sintética (água destilada contendo ferro) em banho finito em uma mesa agitadora onde foi variada a concentração do ferro de 1 ppm a 4 ppm e o tempo de agitação (em mesa agitadora) de 1 a 4 horas. Foram observados um aumento na concentração de ferro (quase 100% na concentração mais baixa) e uma coloração marrom na água. Este fato deve-se a liberação do tanino e de sais do mesocarpo do coco para o seio do líquido. Foi então realizado um tratamento no mesocarpo com várias lavagens e com albumina. Novos ensaios para tempos de 1 e 2 horas, conduziram a reduções de cerca de 70%, alcançadas para a concentração de 1 ppm em 1 hora e

de 90% para 4 ppm em 1 e em 2 horas. Novos experimentos cinéticos e de equilíbrio estão sendo realizados para a determinação da capacidade de adsorção e para o desenvolvimento de modelos cinéticos.

PALAVRAS-CHAVE: ferro, água potável, adsorção, mesocarpo do coco.

INTRODUÇÃO

Todas as águas naturais possuem um conjunto de sais em solução, sendo que as águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados que as águas superficiais por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes nos solos e nas rochas. A quantidade e tipo de sais presentes nas águas subterrâneas dependerão do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga e do clima da região. Áreas de índice pluviométrico e recarga constante dos aquíferos permitem maior renovação nas águas subterrâneas e conseqüente diluição dos sais em solução (ZIMBRES, 2003).

Um dos elementos encontrados com maior freqüência em águas subterrâneas é o ferro. Apesar do organismo humano necessitar cerca de 19mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade estabelecem uma concentração máxima de ferro de 0,3mg/l (Ministério da Saúde, portaria 1469/1999) para a água potável.

O ferro está presente nos solos e nas rochas sob diversas formas: hematita vermelha (óxido férrico – Fe_2O_3), hematita marrom (óxido hidratado – $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), magnetita (Fe_3O_4), carbonato de ferro FeCO_3 , sulfeto ou piritita de ferro (FeS_2). Frequentemente o ferro encontrado nas águas superficiais está associado à matéria orgânica em estado coloidal, enquanto que em águas subterrâneas devido à pequena quantidade de O_2 dissolvido, pH baixo e elevado teor de CO_2 o ferro se encontra sob a forma de bicarbonato ferroso $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$ em sua maioria. O ferro é um metal abundante nas águas subterrâneas, podendo apresentar teores de 40 mg/L a 50 mg/L deste elemento.

A presença de ferro nas águas é indesejável por diversas razões: confere cor avermelhada quando exposta ao ar devido à oxidação do Fe^{2+} a Fe^{3+} , deixa um gosto metálico e amargo, provoca incrustações nas tubulações e reservatórios, favorece o crescimento de bactérias de ferro, tais como a *Spyrophylum ferrugineum* e a *Gallionella ferruginea* (CAMARA, 2003).

As águas subterrâneas possuem maior resistência aos processos poluidores em relação às águas superficiais, devido aos solos que atuam como filtros físicos e químicos naturais. Entretanto, estudos preliminares sobre as águas dos poços situados no campus da UFPE mostram que a contaminação pelo ferro se fez presente em todas as amostras analisadas e apresentando valor muito superior ao máximo permitido pelo Ministério da Saúde. Por outro lado, foram realizadas análises de águas fornecidas pela companhia de abastecimento de água em alguns bairros das cidades de Recife, Olinda e Paulista (Tabela 1), onde foi verificada a presença de ferro em todas as amostras, o que leva a conclusão que houve contaminação de ferro através corrosão nos dutos de distribuição da água ou pelo uso de coagulantes de ferro no sistema de tratamento da água (CARVALHO et al., 2003).

Vale ressaltar que a COMPESA (companhia de fornecimento de água de Pernambuco) utiliza para abastecimento desta região água de poços artesianos e que o ferro é um metal comum em águas subterrâneas com valores que chegam a 50 mg/L. Em situação pior que a do Bairro Novo encontra-se a UFPE, que é alimentada parcialmente com águas subterrâneas de quatro poços. O poço 2 do Centro de Tecnologia apresenta valores de 3,4 mg/l (mais de 10 vezes acima do limite).

Tabela 1 : Concentração de metais na água potável da Grande Recife (Carvalho et al., 2003)

CIDADE	BAIRRO	METAIS (mg/L)						
		Fe	Cu	Co	Zn	Cd	Mn	Cr
RECIFE	GRAÇAS	0,44	ND	0,01	0,05	ND	0,03	0,05
	CIDADE UNIVERSITÁRIA	0,32	0,01	ND	0,03	0,02	0,02	0,05
	TORRÕES	0,33	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
OLINDA	JARDIM ATLÂNTICO	0,31	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	ND
	BAIRRO NOVO	0,54	0,01	ND	0,03	ND	0,01	0,01
JABOATÃO	PIEIDADE	0,40	0,02	ND	0,01	0,01	0,01	0,02
PAULISTA	JANGA	0,33	0,04	0,01	0,02	ND	0,01	ND
VMP*		0,30	2,00	0,20	5,00	0,005	0,10	0,05

* valores máximos permitidos segundo o Ministério da Saúde do Brasil (portaria 1496) publicada em outubro de 2001.

Face ao exposto este trabalho está centrado principalmente na remoção deste elemento, através de um modelo de filtro compacto, simples e de baixo custo, utilizando adsorvente de fácil acesso de modo a permitir a utilização por parte da população de baixa renda. A caracterização do mesmo se fará por experimentos cinéticos e segundo isotermas de equilíbrio de adsorção, que permitem determinar a capacidade adsorptiva do adsorvente, relacionada diretamente à sua eficiência para remoção do metal (SEK E CERNY, 1967).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo experimental foram preparados soluções de ferro, cujas concentrações variaram de 0 ppm a 4 ppm. Esta faixa foi selecionada em função das concentrações observadas nas águas do Grande Recife e do Campus da UFPE.

Para o estudo cinético e de equilíbrio, um volume de 25 ml de cada solução preparada na ocasião do experimento, foi posto em contato com o adsorvente em mesa agitadora. Os tempos de adsorção foram de 1, 2, 3 e 4 horas. A concentração de ferro foi determinada por absorção atômica.

Preparação do Adsorvente

O adsorvente de origem vegetal foi preparado a partir do coco, o qual foi coletado em um sítio localizado no município de Olinda (PE). Inicialmente, foi cortado em pedaços separando o mesocarpo do endocarpo e posto para secar a 60°C. Em seguida foi triturado utilizando-se um moinho de facas FRITSCH – pulverisette 14, classificado numa série de peneiras de Tyler (<0,149 a 0,42 mm), lavado em água destilada, e posto na estufa para secar a 60°C.

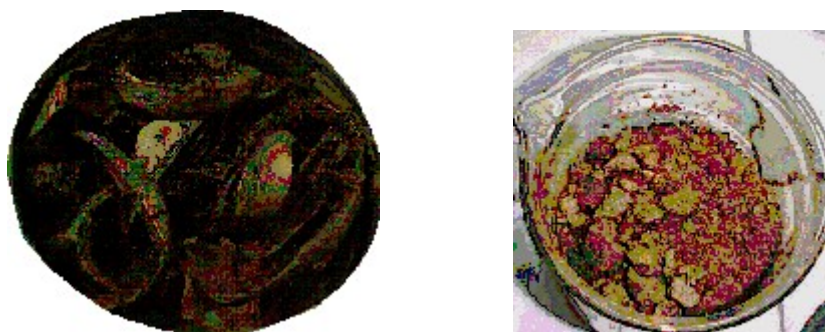


Figura 1 : Foto do coco descascado e seco (a) e triturado antes do tratamento com albumina (b)

Leal (2003) verificou que o tanino presente no mesocarpo do coco verde interfere na adsorção de corantes produzindo uma cor marrom no efluente tratado. Para contornar tal interferência foi então desenvolvida uma metodologia de baixo

custo para remover o tanino, utilizando albumina comercial. Durante o estudo foi testado o mesocarpo com e sem este tratamento.

Tratamento com Albumina

Foi feito um tratamento com uma solução de albumina (clara de ovo pasteurizada desidratada) NEO-NUTRI, na concentração de 40 g/L de água. Cerca de 40 g do mesocarpo do coco verde foi colocado submerso na solução de albumina durante 24 horas para retirada do tanino. Depois o mesocarpo foi lavado exaustivamente com água destilada e seco a 60°C

AVALIAÇÃO Cinética EXPERIMENTAL

Em cada experimento foi colocado exatamente 1,0 g do mesocarpo do coco verde em 25 mL de soluções de 0, 1, 2, 3 e 4 mg/L de ferro. As amostras contendo o adsorvente e adsorbato foram colocadas em uma mesa agitadora a temperatura ambiente (30°C), mantendo-se o contato líquido-sólido nos tempos de 1, 2, 3 e 4 horas. As mesmas foram então filtradas em papel de filtro qualitativo e as concentrações residuais de ferro foram determinadas por um espectrofotômetro de absorção atômica modelo CG AA 7000 BC.



Figura 2 : Foto da mesa agitadora (a) e do espectrofotômetro de absorção atômica (b)

Experimentos de Equilíbrio DE ADSORÇÃO

Os experimentos de equilíbrio adsorção foram realizados em erlenmeyers de 25 mL, aos quais são adicionados 1 g do mesocarpo do coco verde e soluções de Ferro em concentrações que variaram de 1,0 a 4,0 mg/L. O sistema é deixado em agitação até o tempo necessário para atingir o equilíbrio que foi determinado precedentemente nos experimentos cinéticos. Em seguida, as amostras foram filtradas e as concentrações residuais do adsorbato são determinadas por absorção atômica.

RESULTADOS

Para facilitar o monitoramento do processo de adsorção, foi traçada uma correlação entre o teor de ferro e a condutividade da água sintética, medida por um condutivímetro METTLER TOLEDO modelo MC 226. A Figura 3a apresenta esta correlação. Contudo os resultados obtidos após o primeiro experimento, utilizando o mesocarpo sem tratamento com albumina apresentaram resultados que não foram satisfatórios, conforme pode ser visto na Figura 3b. Isso deve-se ao fato de sais contidos no mesocarpo serem liberado para o seio da solução, aumentando a sua condutividade. Conforme poderá ser observado a seguir, o ferro é um destes elementos.

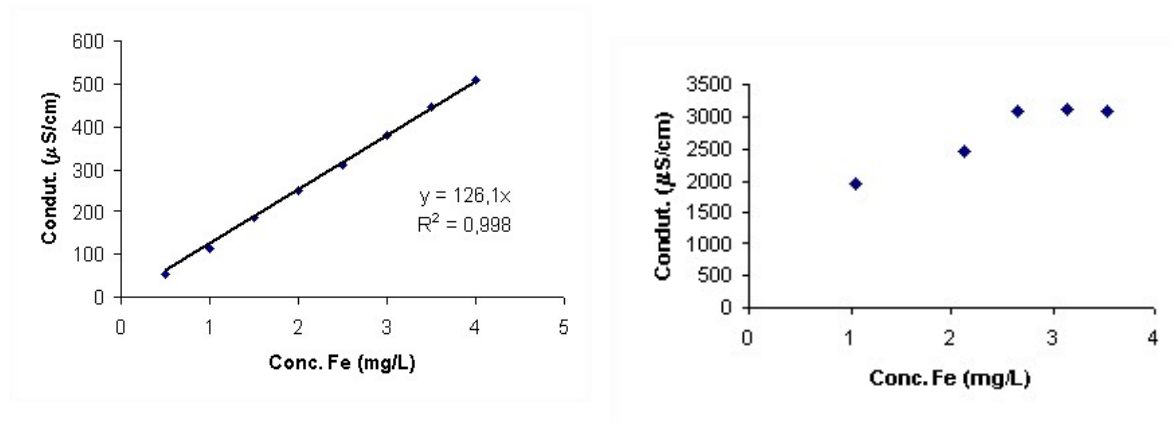


Figura 3 : Correlação entre a concentração de ferro e a condutividade para soluções preparadas com ferro e água destilada (a) e para o experimento de adsorção utilizado as mesmas soluções com o mesocarpo do coco verde(b) [com linha de regressão obtida em (a) em vermelho].

Para o primeiro experimento com o mesocarpo do coco com tanino, foi observado que houve um aumento da concentração de ferro para as concentrações de 1 a 3 mg/L, e uma redução em torno de 15% para a solução de 4 mg/L, conforme pode ser observado na Figura2.

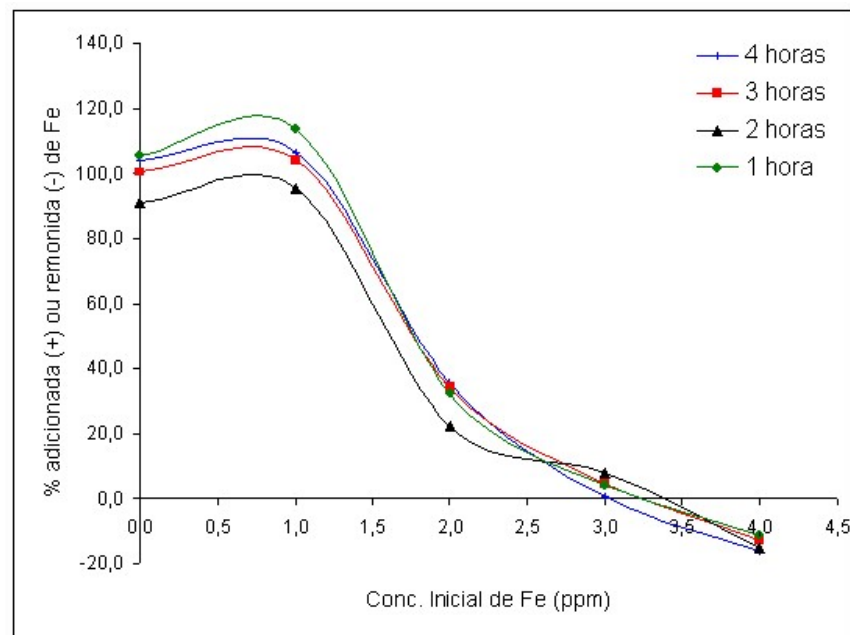


Figura 4 : Variação da concentração de ferro na solução após o experimento de adsorção, utilizando o mesocarpo do coco sem tratamento (com tanino).

Para o segundo experimento o mesocarpo foi tratado com albumina e lavado, seguindo o procedimento descrito na seção 2.2 de materiais e métodos. Pode-se observar através da Figura 3 que os resultados preliminares foram bem mais interessantes. Reduções acima de 90% no teor de ferro foram observadas.

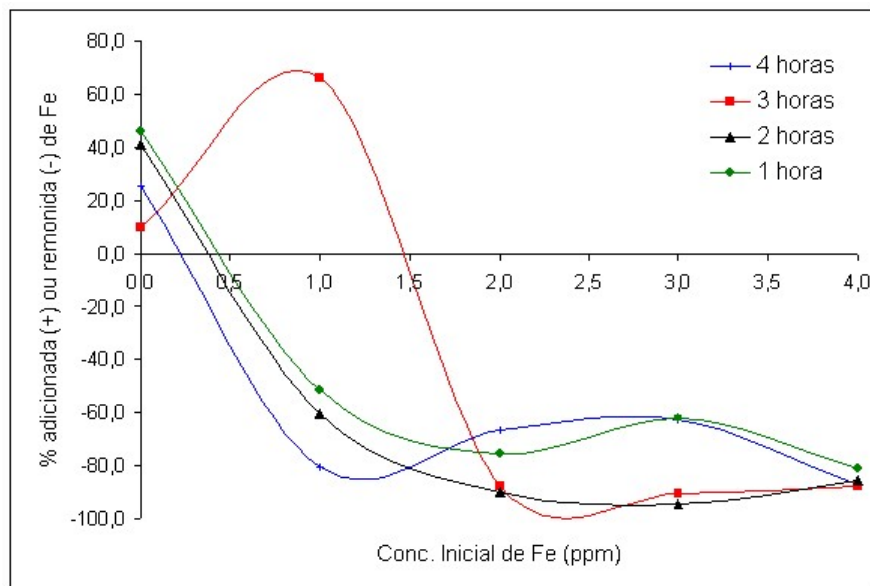


Figura 5 – Variação da porcentagem de remoção de ferro em função da concentração inicial de ferro e do tempo de contato com o adsorvente.

Mesmo com uma redução significativa de concentração de ferro, foi constatada a liberação do mesmo para o seio do líquido. Esta transferência de ferro está associada ao tanino. O tratamento com albumina, para remoção do tanino, reduziu a quantidade de ferro transferida para o líquido. A mesma pode ser evidenciada quando do teste com o branco (água sem ferro), em que há uma redução de 76% do teor de ferro na concentração final.

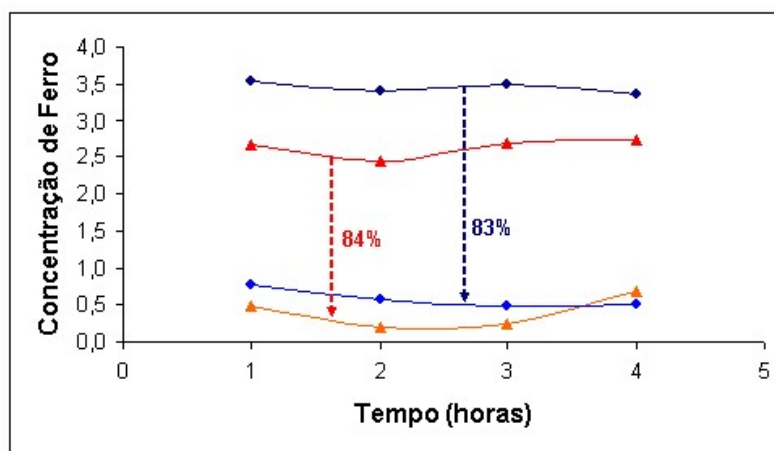


Figura 6 : Variação da concentração final de ferro após adsorção pelo mesocarpio em função do tempo para as seguintes condições: conc. inicial de 2 ppm com (?) e sem tratamento (?) para remoção do tanino e para conc. inicial de 4 ppm com (?) e sem tratamento (?).

Através da Figura 6 pode ser visto o efeito do tratamento do mesocarpio do coco com tanino na adsorção do ferro. Para uma concentração de 2 ppm houve um acréscimo de 31 % enquanto que para a concentração de 4 ppm ocorreu uma redução de apenas 13 %, com o uso do mesocarpio não tratado. Após o tratamento houve um aumento na remoção de ferro de cerca de 5 vezes para ambas as concentrações.

Durante os experimentos a baixa concentração, foram observados valores de capacidade de adsorção que variaram de - 0,02 a 0,09 mg/L, em razão das precisões decorrentes dos baixos níveis de concentração, mas também indicando diferentes posicionamentos do equilíbrio de adsorção e dessorção do ferro, como pode ser observado na Figura 7.

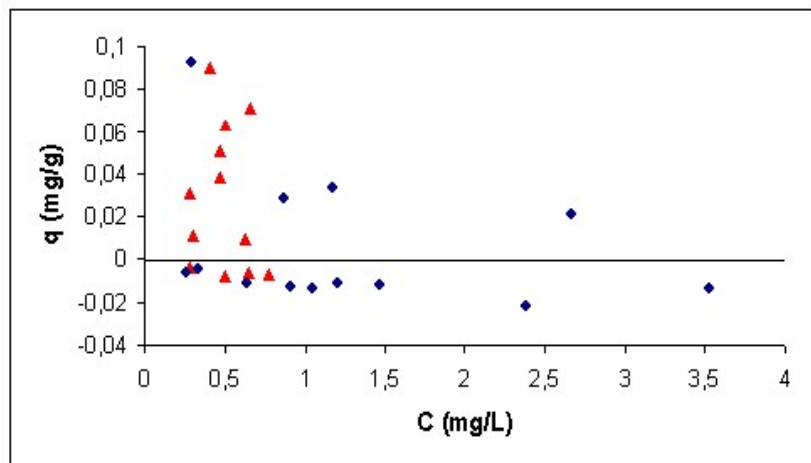


Figura 7 : Variação da capacidade de adsorção / dessorção do mesocarpo do coco verde tratado com albumina para baixas concentrações de ferro: tempo de contato de 2 horas(?) e de 6 horas (?).

Foi realizado também um experimento utilizando água da torneira do laboratório (do poço 2 do CTG) com o mesocarpo de coco tratado. Esta água possui além do ferro, outros metais e material particulado que irá competir com o ferro no processo de adsorção. Foram obtidas reduções de 71% (1h) e 61% (2h).

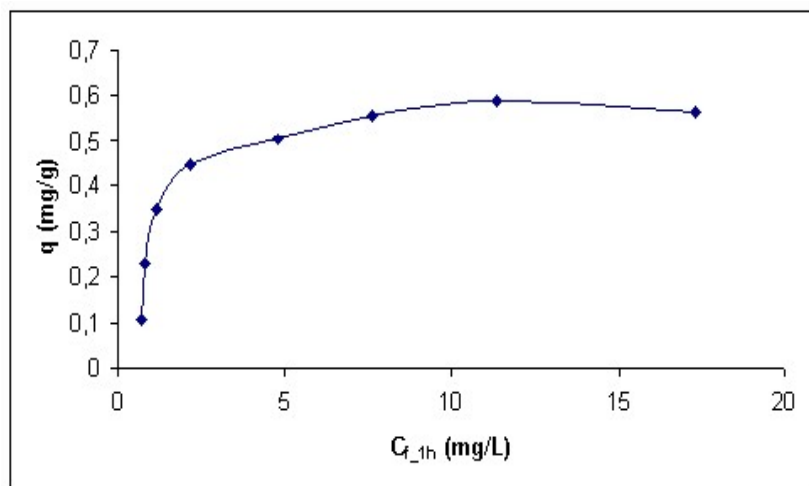


Figura 8: capacidade de adsorção do mesocarpo a elevadas concentrações de ferro para um tempo de contato de 1 hora.

De acordo com a Figura 8, pode-se constatar que a capacidade máxima de adsorção do mesocarpo do coco verde para um tempo de contato de 1 hora (base para o projeto do filtro) é de 0,55 mg/g.

CONCLUSÕES

Resultados satisfatórios, tendo em vista reduções acima de 90% do teor de ferro na água indicaram realmente necessidade do tratamento com albumina pois o mesmo aumenta a capacidade de adsorção do mesocarpo do coco verde em cerca de 5 vezes. O efeito da competição de outros metais e particulados foi detectada no experimento com a água da rede do campus. Elevadas concentrações (5 a 20 ppm) foi obtida uma capacidade máxima de adsorção de 0,55 mg/g para um tempo de contato de 1 hora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMARA, M. C. Águas Subterrâneas – Sistemas de distribuição de águas – Ferro e Manganês. Consulta realizada no endereço: www.bosquedojambeiro.com.br em 21/01/2003.
2. CARVALHO, M.N., ABREU, C.A.M., DA MOTTA, M. Avaliação da contaminação da água da Grande Recife por metais pesados - estudo preliminar. In: Livro de resumos do 43o Congresso Brasileiro de Química, Ouro Preto, 2003.
3. LEAL, C.C.A. Avaliação da remoção de cor de efluentes têxteis utilizando como adsorvente o mesocarpo do coco verde in natura, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da UFPE, Recife, 2003.
4. SMÍSEK, M.; CERNÝ, S. Active Carbon – manufacture, properties and applications. Elsevier, Amsterdam, 1967.
5. ZIMBRES, E. Meio Ambiente. Pesquisa realizada através da internet no endereço: www.meioambiente.pro.br em 20/03/2003.