

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

EMPREGO DE ARGILA ESMECTITA “IN NATURA” NA DESCONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS POR EFLUENTES TÊXTEIS

*Geraldo Martins Rodrigues Filho ¹; Márcia Maria Lima Duarte ²; Anderson Deodato da Silva ³,
José Francisco da Luz Neto ⁴, Ercília Anunciada Barros ⁵, Valdinete Lins da Silva ⁶*

RESUMO --- O referido trabalho apresenta uma alternativa ao tratamento de efluentes têxteis rejeitados inadequadamente nos sistemas hídricos, principalmente na região do Agreste pernambucano, proveniente das indústrias instaladas no pólo de confecções da região. O corante estudado foi o Amarelo Reativo BF- 4G 200%, ao qual se aplicou o tratamento de adsorção em banho finito, através do planejamento fatorial 2^{4-1} , utilizando-se a argila esmectita “in natura” proveniente do pólo gessífero do Araripe como adsorvente, além de utilizar o cloreto de sódio (NaCl) P.A. como agente fixador do adsorbato nos poros da argila. O estudo cinético foi realizado em intervalos de 0 a 360 minutos, a partir do qual se obteve resultados medidos por meio de um espectrofotômetro, onde se comprovou a redução da concentração do corante em função do tempo. Um processo eficaz de redução da concentração de um corante, implica numa diminuição dos impactos ambientais causados por este quando descartado no meio ambiente.

ABSTRACT --- This paper presents an alternative to the treatment of textile effluents discarded improperly in water systems, especially in the agreste region of the Pernambuco, coming from industries operating in the garment center for the region. The dye study was the Reactive Yellow BF-4G 200%, which applied the treatment of adsorption in finite bath, through the factorial planning 2^{4-1} , using smectite clay "in natura" from the pole as a plasterer Araripe adsorbent, in addition to using sodium chloride (NaCl) P.A. as the fixing agent adsorbate in the pores of the clay. The kinetic study was carried out at intervals from 0 to 360 minutes, from which we obtained results measured by a spectrophotometer, which has been proven to reduce the concentration of the dye as a function of time. An effective process for reducing the concentration of a dye, involves a reduction of environmental impacts caused by this in the environment when discarded.

Palavras-Chave – Corante, argila, adsorção

¹ Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – PPGEQ/UFRN/Departamento de Engenharia Química - DEQ/ Centro de Tecnologia – CT, Av. Sen. Salgado Filho 3000 - Campus Universitário CEP 59.072-970 - Natal/RN – Brasil. E-mail gmrflq2003@yahoo.com.br

² Professora adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN/Departamento de Engenharia Química - DEQ/ Centro de Tecnologia – CT, Av. Sen. Salgado Filho 3000 - Campus Universitário CEP 59.072-970 - Natal/RN – Brasil. FRN, CT. E-mail marcia@eq.ufrn.br

³ Aluno de graduação da UFPE, do Departamento de Engenharia Química – DEQ/CTG. E-mail anderson.deodato@yahoo.com.br

⁴ Aluno de graduação da UFPE, do Departamento de Engenharia Química – DEQ/CTG. E-mail zecadaluz@hotmail.com

⁵ Graduada em Biologia, Departamento de Engenharia Química – UFPE/DEQ/CTG. E-mail liliabiologa@hotmail.com

⁶ Professora titular da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/Departamento de Engenharia Química - DEQ/Centro de Tecnologia e Geociências – CTG, Rua Artur de Sá, s/n – CEP 50740-521 – Recife/PE – Brasil. Email leaq_val@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A ilusão da abundância tem mascarado a realidade, mas o fato é que a água de boa qualidade está cada vez mais escassa o que é motivo de grande preocupação, pois a capacidade de recuperação das reservas hídricas são complexas e demoradas.

As altas taxas de crescimento, tanto populacional urbano quanto econômico, neste caso principalmente o industrial, traz um cenário que certamente será acompanhado pelo aumento da demanda de água. Diante da necessidade da produção de bens de consumo, há um aumento excessivo de rejeitos, que se não tratados corretamente causam danos ambientais graves.

Um dos maiores problemas ambientais ocorridos no estado de Pernambuco é a poluição hídrica, provocada em grande parte pelo despejo de efluentes têxteis no rio Capibaribe (Figura 1), na região do pólo de confecções do agreste.



Figura 1 – Trecho do rio Capibaribe poluído por efluentes têxteis

O lançamento de efluentes têxteis no corpo receptor provoca uma degradação ambiental considerável, modificando a coloração natural e formando espumas na sua superfície. A espuma reduz a proporção do oxigênio transmitido através da superfície do rio e limita sua capacidade de autodepuração [Gardner e Borne (1978)].

O interesse no efeito de poluição causado por corantes têxteis é baseado principalmente no alto grau de toxicidade desses corantes, pois a grande maioria é considerado carcinogênico.

O maior problema corresponde à remoção de cor devido ao aumento da presença de corantes reativos e solúveis na água [Al-Ghouti *et al.* (2009)].

Uma alternativa para o tratamento desses efluentes têxteis consiste num processo de adsorção envolvendo argila esmectita “in natura” como adsorvente, a partir do qual se obtêm uma redução da concentração do corante presente no rejeito.

A adsorção consiste na fixação das partículas constituintes do corante nos poros da argila, que possui uma estrutura em camadas possibilitando uma retenção de tais partículas em seu interior como mostrado na Figura 2.

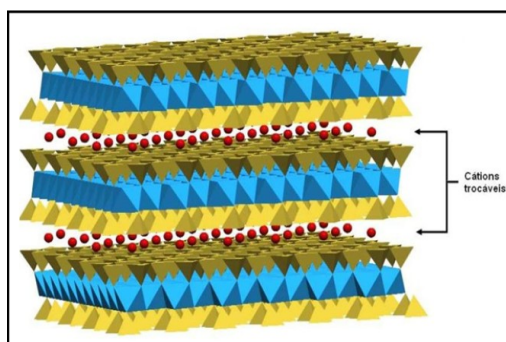


Figura 2 – Estrutura em camadas da argila esmectita [Carastan (2007)].

A argila esmectita é proveniente do pólo gessoiro da região do Araripe - PE, onde é encontrada recobrando as camadas superficiais das jazidas de gesso. Nas mineradoras da região a argila esmectita é encontrada como elemento de recuso do processo de extração do gesso, sendo descartada de forma inadequada, esta provoca vários danos ambientais. As argilas apresentam alta viabilidade técnico-econômica, decorrente do seu potencial de adsorção, que, associado à sua disponibilidade abundante, as tornam adsorventes de baixo custo [Baraúna (1991)].

Desta forma o processo de adsorção apresentado neste trabalho contribui duplamente para a redução dos impactos ambientais, tanto no despejo inadequado da argila quanto no tratamento de sistemas hídricos.

Efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências aplicáveis. Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais [CONAMA (2005)].

O objetivo deste trabalho é promover uma alternativa para um processo viável na remoção de corantes de efluentes têxteis, utilizando adsorvente e fixador de baixo custo, respectivamente argila esmectita e NaCl. Este trabalho tem ainda entre seus objetivos, a intenção de orientar as indústrias têxteis sobre a não poluição dos leitos dos rios, evitando assim, a mortandade da vida aquática e conseqüentemente os custos de multas impostas pela legislação ambiental brasileira.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em duas etapas, na primeira etapa foi feito um estudo do planejamento fatorial 2^{4-1} e na segunda etapa foi realizado o estudo cinético de adsorção.

Primeira etapa: Estudo do planejamento fatorial 2^{4-1}

Inicialmente preparou-se soluções tampão de ácido cítrico anidro e citrato de sódio tribásico dihidratado, com pH 3, 4 e 5. Estas soluções foram preparadas de forma similar ao protocolo utilizado na indústria objeto de estudo. A solução tampão serviu de base para a preparação de um efluente sintetizado em laboratório com concentração de 300 mg/L. A argila esmectita “in natura”, juntamente com o NaCl P.A., foram dissolvidos em 50 mL do efluente sintetizado e levados a banho finito em uma mesa agitadora do tipo IKA KS 130-WEBER, mostrada na Figura 3.



Figura 3 – Mesa agitadora usada nos ensaios de banho finito

Foi utilizado um planejamento fatorial 2^{4-1} , como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Planejamento fatorial 2^{4-1} aplicado ao experimento.

Variáveis	Níveis		
	Inferior (-)	Central (0)	Superior (+)
pH	3	4	5
Argila (g)	0,1	0,2	0,3
NaCl (g)	2	6	10
rpm	200	300	400

De acordo com o planejamento fatorial obtêm-se uma matriz de planejamento como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz de planejamento do fatorial 2⁴⁺¹

Ensaio	Ph	Adsorvente	NaCl	rpm
1	-	-	-	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	+	+	-	-
5	-	-	+	+
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	+
9	-	-	-	-
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	-
13	-	-	+	+
14	+	-	+	-
15	-	+	+	-
16	+	+	+	+
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0

Os ensaios foram realizados em duplicata, e preparados em erlenmeyers com tampa, sendo levados ao banho finito em mesa agitadora por 5 horas. Decorrido o tempo, levou-se os ensaios para separar a solução da argila por uma filtração a vácuo em papel de filtro qualitativo (membrana Millipore). Em seguida, determinou-se a quantidade de matéria orgânica remanescente no efluente sintético, por meio de um espectrofotômetro do tipo UV- Visível Genesys 2, apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Espectrofotômetro UV- Visível Genesys 2 da Thermo Scientific.

Por meio da análise espectrofotométrica, tornou-se possível a determinação do percentual de remoção de cor e a capacidade máxima de adsorção (q).

Resultados da primeira etapa

Os resultados do planejamento fatorial 2⁴⁺¹ estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do planejamento fatorial 2⁴⁺¹

Ensaio	Absorbância (nm)	Concentração (mg/L)	Percentual de remoção do corante (%)	Capacidade máxima de adsorção (q)
1	3,065	213,52	28,8	43,24
2	3,329	231,96	22,68	34,02
3	2,972	201,34	32,88	16,44
4	3,143	218,99	27,00	13,50
5	0,563	38,12	87,29	130,94
6	0,348	24,26	91,9	137,87
7	0,279	19,41	93,53	46,76
8	0,394	27,42	90,86	45,43
9	0,970	66,04	77,98	58,49
10	0,989	67,34	77,55	58,16
11	0,941	64,06	78,64	58,98

Podemos concluir que o ensaio que obteve maior remoção de cor e maior capacidade máxima de adsorção foi o ensaio 6, apresentando como resultados 91,9% e 137,87 respectivamente. O mesmo se caracteriza por apresentar o pH igual a 5, massa de adsorvente 0,1 g, rotação de 200 rpm e uma maior quantidade de NaCl (10 g) em seu meio.

De acordo com a Tabela 4, ANOVA, gerada com o software STATISTICA FOR WINDOWS 6.0, temos:

A partir dos dados desta tabela, foram executados os seguintes cálculos:

Tabela 4 – Dados calculados a partir da tabela ANOVA

F.V.	S.Q.	N	M.Q.
Fonte de variação	Soma quadrática	Ni	Média quadrática
Regressão	12, 650	1	12,650/1 = 12,650
Resíduo	8776,4*	9	8776,4/9 = 975,1
Fator de ajuste	8775,8**	7	8775,8/7 = 1253,6
Erro puro	0,603	2	0,603/2 = 0,3
Total	8789,1	10	

*8789,1-12, 650 = 8776,4

** 8776,4-0, 606 = 8775,8

Através dos dados gerados na tabela ANOVA tornou-se possível obter o modelo estatístico, como mostrado a seguir nas Equações (1) e (2):

$$\hat{y} = b_0 + b_1 + b_2 + b_3 \quad (1)$$

$$\hat{y} = 64,4645 + 1,7x_1 + 31,5275x_2 \quad (2)$$

Os efeitos do planejamento fatorial foram calculados com o software STATISTICA FOR WINDOWS 6.0, com um nível de 95% de confiança, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa dos coeficientes para remoção de cor utilizando argila “in-natura”

Fator	Coeficientes	Erro padrão do coeficiente	Intervalos de confiança	
			-95%	+95%
Média	64,46*	0,16*	63,75*	65,17*
(1) pH	-2,51	0,19*	-2,09	-0,42
(2) Adsorvente	3,40	0,19*	0,86	2,53
(3) NaCl	63,05	0,19*	30,69	32,36
(4) rpm	-1,88	0,19*	-1,77	-0,10
Interação (1) com (2)	-1,76	0,19*	-1,71	-0,04
Interação (1) com (3)	3,48	0,19*	0,90	2,57
Interação (1) com (4)	-0,80	0,19*	-1,23	0,43

*Efeitos significativos ($p < 0,005$)

A partir dos dados extraídos da tabela ANOVA e da Tabela de estimativa dos coeficientes, pode-se plotar a carta de Pareto e o gráfico de superfície, como mostrados nas Figuras 5 e 6 abaixo, respectivamente.

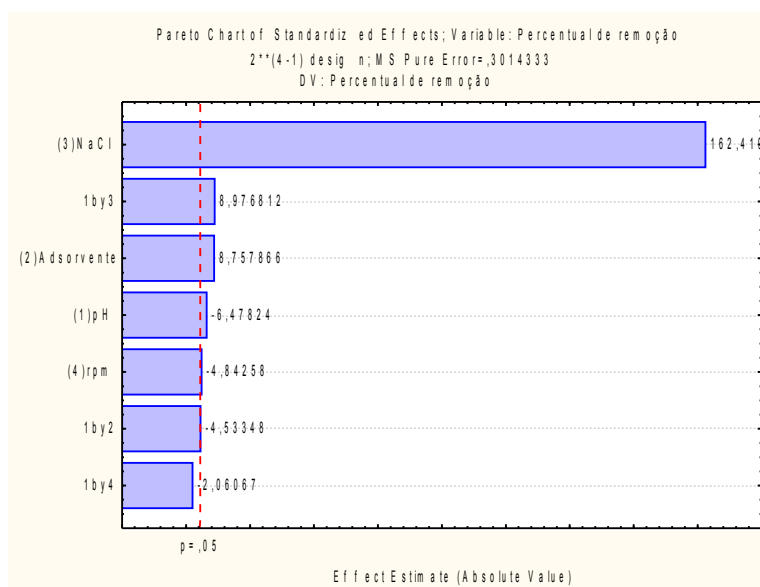


Figura 5 - Carta de Pareto dos efeitos das variáveis

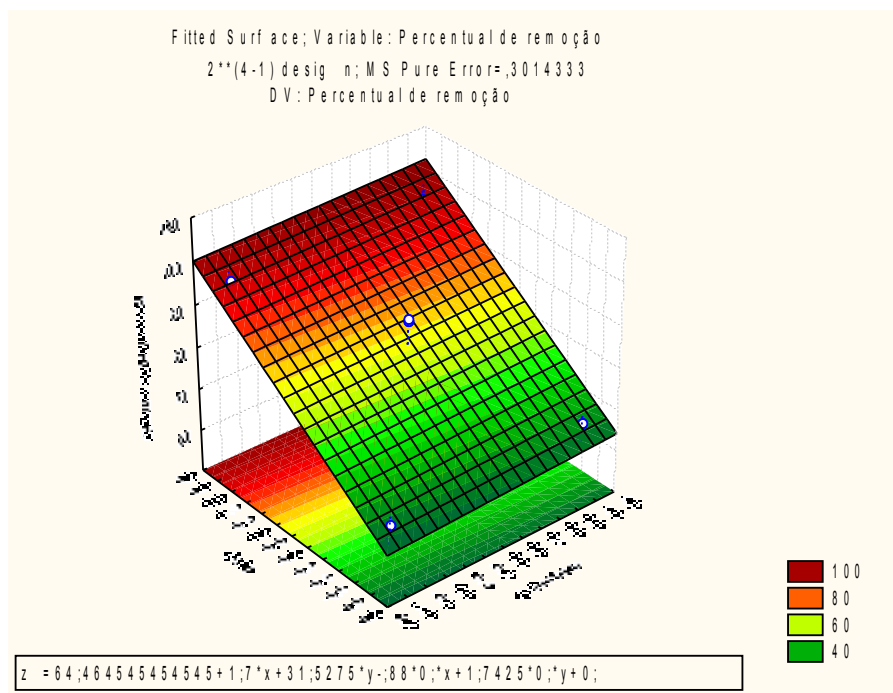


Figura 6 – Gráfico de superfície de resposta dos efeitos das variáveis

De acordo com a carta de Pareto e o gráfico de Superfície acima, pode-se afirmar que os mesmos mostram claramente que o fator responsável pela remoção da cor no processo de adsorção em banho finito estudado, é o NaCl e que os outros fatores como o pH, o corante e a rotação (rpm), também influenciam no processo. Sendo a interação entre o pH e o NaCl significativa estatisticamente, assim como o adsorvente é considerado significativo e o pH possui influência estatística negativa no processo de adsorção estudado.

O NaCl determina a eficiência do processo, ou seja, quanto maior a quantidade de sal no meio tratado, teremos uma melhor remoção de cor no efluente, então o fator de quantidade de NaCl, de acordo com os resultados estatísticos obtidos, é significativo estatisticamente.

Segunda etapa: Cinética de adsorção

Para a realização do estudo cinético fez-se necessário a preparação de uma solução tampão de ácido cítrico anidro e citrato de sódio tribásico dihidratado, com pH 5. Esta solução foi preparada de forma similar ao protocolo utilizado na indústria objeto de estudo. A solução tampão serviu de base para a preparação de um efluente sintetizado em laboratório com concentrações de 100, 200, 300, 400, 500 e 600 mg/L. A argila “in natura”, 0,1g, juntamente com o NaCl P.A., 10g, foram dissolvidos em 50 mL do efluente sintetizado e levados a banho finito em uma mesa agitadora, obedecendo-se uma cinética com os intervalos entre 0 e 360 minutos. O pH das soluções pós-

cinética foram obtidos por potenciometria (pHmetro). A eficiência da cinética foi avaliada por meio de quantificação da concentração da solução em um espectrofotômetro.

Resultados da segunda etapa

A cinética tem o objetivo de avaliar o percentual de remoção da concentração de matéria orgânica no efluente sintético em função do tempo decorrido, e para isto fixou-se alguns fatores estatisticamente significantes determinados no planejamento fatorial 2^{4-1} , estes fatores são apresentados na Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Fatores cinéticos fixos

Fator	Argila (g)	NaCl (g)	Ph	Rotação (rpm)
	0,1	10,0	5,0	200

Ao termino de cada estudo cinético obtiveram-se resultados que permitiram estimar a eficiência de cada processo, bem como calcular a capacidade máxima de adsorção, de acordo com a Equação 3, abaixo.

$$q = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (3)$$

Os resultados foram calculados com base na equação 3, onde q é a quantidade de corante adsorvido, V é o volume da solução (L), W é a massa da argila (g), C_0 é a concentração inicial da solução (mg/L) e C_e é a concentração de corante em equilíbrio na solução (mg/L).

Também foi possível calcular o percentual de remoção de cor, utilizando a Equação 4.

$$E(\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} = 100 \quad (4)$$

Onde C_i é a concentração inicial do corante e C_f é a concentração final do mesmo. Os resultados do percentual de remoção e da capacidade máxima de adsorção estão apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 7 – Percentual de remoção para as diferentes concentrações

Tempo (minutos)	Percentual de remoção de cor das diferentes concentrações (%)					
	100 mg/L	200 mg/L	300 mg/L	400 mg/L	500 mg/L	600 mg/L
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,16	77,42	80,69	85,13	86,69	90,62	88,06
0,33	77,42	85,86	87,65	89,71	90,62	88,06
0,5	78,64	86,10	87,65	90,75	90,95	88,06
0,66	78,94	86,10	88,00	90,75	91,02	88,06
0,83	79,31	86,10	82,24	90,75	91,33	88,06
1	79,31	86,16	88,66	90,97	91,33	88,06
2	79,31	86,32	88,66	90,97	91,41	93,23
4	81,41	86,77	89,12	91,05	91,54	93,23
6	82,49	87,04	89,2	92,21	92,25	93,23
8	84,93	87,80	90,35	92,21	92,25	93,23
10	84,97	87,80	90,61	92,21	92,25	93,23
30	86,20	88,91	90,61	92,21	92,25	93,23
60	87,28	90,36	91,52	92,57	92,37	93,23
120	87,75	90,52	91,52	92,57	92,37	93,23
240	88,50	90,52	91,52	92,57	92,37	93,23
360	88,79	90,52	91,52	92,57	92,37	93,23

Tabela 8 – Capacidade máxima de adsorção para as diferentes concentrações

Tempo (minutos)	Capacidade máxima de adsorção de cada concentração (q)					
	100 mg/L	200 mg/L	300 mg/L	400 mg/L	500 mg/L	600 mg/L
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,16	38,71	80,69	127,70	173,39	226,55	264,18
0,33	38,71	85,86	131,48	179,42	226,55	264,18
0,5	39,32	86,10	131,48	181,50	227,38	264,18
0,66	39,47	86,10	132,00	181,50	227,56	264,18
0,83	39,65	86,10	123,36	181,50	228,34	264,18
1	39,65	86,16	132,99	181,94	228,34	264,18
2	39,65	86,32	132,99	181,94	228,54	279,69
4	40,70	86,77	133,68	182,1	228,36	279,69
6	41,24	87,04	133,80	184,42	230,62	279,69
8	42,46	87,80	135,54	184,42	230,62	279,69
10	42,48	87,80	135,91	184,42	230,62	279,69
30	43,1	88,91	135,91	184,42	230,62	279,69
60	43,64	90,36	137,28	185,14	230,93	279,69
120	43,87	90,52	137,28	185,14	230,93	279,69
240	44,25	90,52	137,28	185,14	230,93	279,69
360	44,39	90,52	137,28	185,14	230,94	279,69

A partir dos dados apresentados nas tabelas acima, foram plotados os gráficos do percentual de remoção em função do tempo e da capacidade máxima de remoção em função do tempo, Figuras 7 e 8, respectivamente.

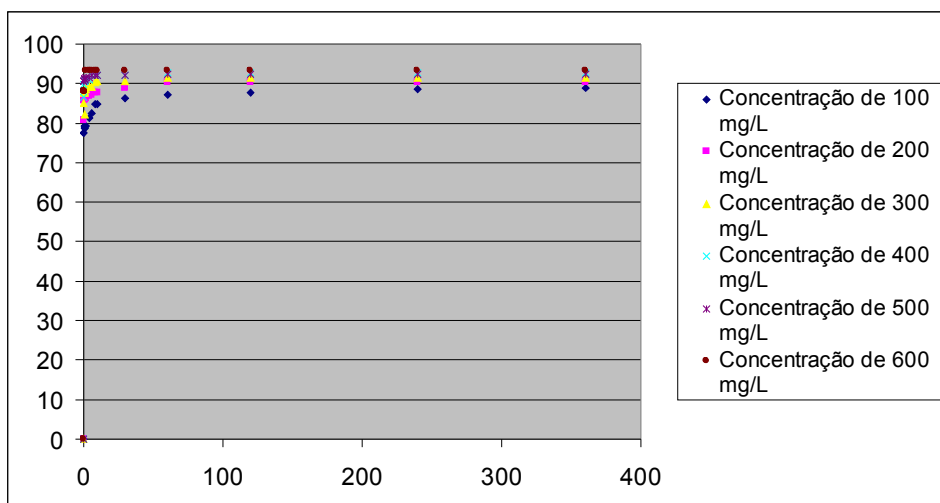


Figura 7 – Evolução cinética do percentual de remoção ao longo do tempo

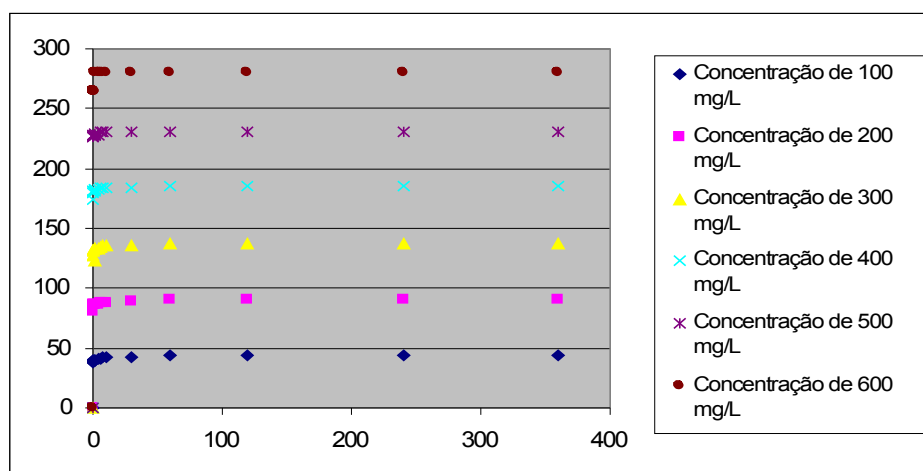


Figura 8 – Evolução cinética da capacidade máxima de adsorção ao longo do tempo

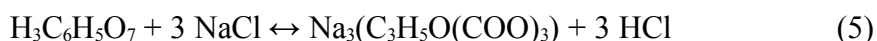
Observa-se que tanto o percentual de remoção quanto a capacidade máxima de adsorção aumentam com a evolução do tempo e também com o aumento da concentração, sendo o procedimento de adsorção em banho finito mais eficiente a altas concentrações. A partir de 60 minutos a redução da concentração já é considerável, visto que em tempos superiores ela se torna praticamente constante.

Outro parâmetro importante obtido a partir do estudo cinético foi a verificação da variação do pH após a adsorção. O pH inicial como citado anteriormente foi igual a 5, e os resultados finais estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – pH obtido ao final do estudo cinético

Tempo (minutos)	pH					
	100 mg/L	200 mg/L	300 mg/L	400 mg/L	500 mg/L	600 mg/L
0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
0,16	3,90	4,04	3,93	3,93	3,87	4,01
0,33	3,90	4,03	3,94	3,92	3,87	4,01
0,5	3,90	3,98	3,94	3,92	3,87	4,01
0,66	3,90	3,99	3,92	3,93	3,87	4,01
0,83	3,90	3,99	3,93	3,90	3,87	4,02
1	3,90	4,03	3,95	3,94	3,89	3,95
2	3,90	4,01	3,94	3,94	3,81	4,06
4	3,90	3,99	3,90	3,91	3,86	4,05
6	3,99	3,97	3,91	3,90	3,89	4,05
8	3,93	4,00	3,88	3,90	3,88	4,04
10	3,94	3,97	3,90	3,93	3,95	4,04
30	3,90	3,98	3,95	3,91	3,86	4,02
60	3,92	4,06	3,95	3,82	3,89	4,00
120	3,91	4,06	3,96	3,84	3,52	4,06
240	3,90	3,96	3,88	3,81	3,39	4,04
360	3,89	3,98	3,93	3,88	3,37	4,02

A partir dos dados apresentados à respeito do pH, percebe-se uma diminuição do mesmo com o decorrer do tempo. Este fato está associado a ocorrência de uma reação entre o ácido cítrico, constituinte do tampão, com o NaCl, utilizado como fixador durante a adsorção. Sendo o citrato de sódio o sal tribásico do ácido cítrico, ele é produzido por neutralização total do ácido cítrico com uma fonte de sódio de alta pureza, como o NaCl. Esta reação pode ser verificada na Equação (05), a seguir.



Sendo o ácido clorídrico produzido em maior quantidade que o citrato de sódio, este tem mais influência sobre a variação de pH, tendendo a redução do mesmo.

CONCLUSÃO

Posteriormente às realizações das análises e culminando com seus respectivos cálculos, concluiu-se que o processo de adsorção, por meio da argila esmectita “in natura”, apresentou bons resultados, visto que durante o processo de adsorção nas seis concentrações estudadas (100, 200, 300, 400, 500 e 600 mg/L), obteve-se um percentual de remoção maior que 70% antes mesmo do primeiro minuto de reação. Sendo 93,23 a melhor percentagem de remoção e 279,69 a melhor capacidade de adsorção, ambos obtidos na concentração de 600 mg/L.

Percebeu-se ainda que o processo de adsorção depende não apenas dos quatro fatores fixados durante o planejamento fatorial 2^{4-1} (argila 0,1g, NaCl 10g, pH 5 e rotação de 200 rpm), mas depende também da concentração da solução do efluente corado tratado, visto que às altas concentrações, obtêm-se melhores percentuais de remoção de cor em pequenos intervalos de tempos.

O processo de adsorção apresentado, encontra-se bastante viável para a implantação do procedimento na indústria, com a conseqüente diminuição da concentração do corante, minimizando assim, a contaminação nos efluentes. Sendo também viável economicamente, pois os materiais utilizados são simples e de baixo custo, além de utilizar um adsorvente (rejeito) e um fixador barato, podendo ainda ser realizado em pequenos intervalos de tempo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PPGEQ/UFRN e ao CNPq pela bolsa de Doutorado do aluno Geraldo Martins Rodrigues Filho, a UFPE/Depto de Engenharia Química pelo espaço e disponibilização de materiais e equipamentos.

BIBLIOGRAFIA

- AL-GHOUTI, M.A., AL-DEGS, Y. S., KHRAISHEH, A.M., AHMAD, M.N., ALLEN, S.J. (2009) “*Mechanisms and chemistry of dye adsorption on manganese oxides-modified diatomite*”. Journal of Environmental Management.
- BARAÚNA, O.S. Estudo das argilas que recobrem as camadas de gipsita da Bacia Sedimentar do Araripe. Dissertação, UFPE, Centro de Tecnologia, 1991.
- CARASTAN, D.J. Obtenção e caracterização reológica de nanocompósitos de polímeros estirênicos, p. 117. Tese de Doutorado, USP, Escola Politécnica, São Paulo, 2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 / 2005.

GARDINER, K. D.; BORNE, B.J. (1978). *“Textile waste waters; treatment and environmental effects. Stevenage”*, Water Research Centre.