

ADSORÇÃO DE INDIGO BLUE (2,2'- BIS (2,3 - DIIDRO - 3 - OXOINDOLILIDENO) EM MEIO ÁCIDO, UTILIZANDO TURFAS FIBROSA E DECOMPOSTA COMO BIOADSORVENTES

Maria Fernanda Giraldi Vidal¹; Patricia Antonio de Menezes Freitas²

¹ Aluno de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *Foi realizado um estudo de adsorção do corante Indigo Blue, em pH 2, em turfas fibrosa e decomposta. Otimizaram-se parâmetros analíticos, tais como granulometria da fase sólida, concentração do analito, comprimento de onda, temperatura (10, 25 e 40) ± 1°C e tempo de contato. Aos dados experimentais foram aplicados três modelos cinéticos: pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e difusão intra-partícula e os parâmetros analíticos foram determinados.*

Introdução

O crescimento industrial possibilitou o desenvolvimento da economia e da sociedade. Entretanto, os resíduos gerados pelas indústrias provocam alterações na qualidade do solo, ar e água. O setor têxtil é responsável pela geração de grandes volumes de efluentes com elevada carga orgânica e forte coloração. Cerca de 5 a 20% do corante não se fixa à fibra celulósica durante um processo de tingimento. Esta considerável parcela, quando descartada no meio ambiente, afeta a transparência dos recursos hídricos, impedindo a penetração da luz solar e, conseqüentemente, a realização da fotossíntese necessária à manutenção de oxigênio no ambiente aquático. Esse despejo também aumenta a demanda bioquímica de oxigênio da água, em razão da grande estabilidade dos corantes.

Indigo Blue

O Indigo Blue (2,2'- bis (2,3 - diidro - 3 - oxoindolilideno)) é um corante de origem vegetal que pode ser caracterizado, em meio ácido, por espectrofotometria.

Turfa

A turfa é um sedimento orgânico oriundo da decomposição parcial de restos vegetais em ambientes úmidos, ácidos e de pouca oxigenação, representando o primeiro estágio da formação do carvão mineral. Suas propriedades físico-químicas variam em função das inúmeras espécies de vegetação que participaram de sua formação, do método de processamento e das condições de secagem, transporte e armazenamento. É um material poroso, polar, constituído de lignina, celulose e elevado teor de substâncias húmicas, Figura 1.

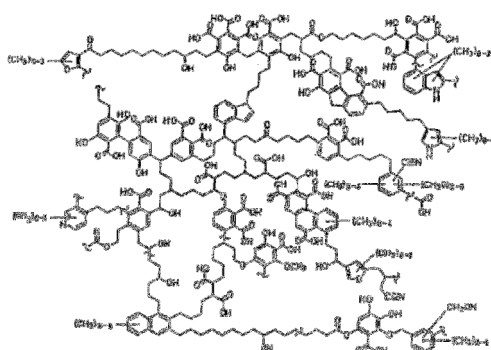


Figura 1 - Estrutura molecular do ácido húmico (C₁₈₇H₁₈₆O₈₉N₉S).

Cinética de Adsorção

Modelos cinéticos são representados por equações matemáticas, que relacionam a quantidade de elemento adsorvido por uma matriz sólida e o tempo de contato entre o adsorvente e o adsorbato, a certa temperatura (Antonio, 2003). Três modelos cinéticos conhecidos na literatura, Tabela 1, como pseudo-primeira ordem, ou de Lagergren (Yenner et al., 2006), pseudo-segunda ordem (Blanchard e colaboradores, 1984) e difusão intra-partícula (Annadurai et al., 2002) foram estudados.

Tabela 1 – Modelos cinéticos.

Modelo	Pseudo-primeira ordem	Pseudo-segunda ordem	Difusão Intra-partícula
Equação	$\log (q_{max} - q_t) = \log q_{max,calc} - \frac{k_1}{2,303} t$	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{max,calc}^2} + \frac{1}{q_{max,calc}} t$	$q_t = k_p t^{1/2}$
Características	Ocupação de um sítio ativo do adsorvente	Ocupação de dois sítios ativos do adsorvente	Passagem pelos poros do adsorvente

Materiais e Métodos

Materiais e Reagentes

Todos os reagentes utilizados são de grau analítico (PA), de procedência CAAL Reagentes Analíticos. Para o preparo de soluções, foi utilizada água desionizada em sistema de purificação do tipo Milli-Q. As turfas, fibrosa e decomposta, foram utilizadas como adsorvente. Solução estoque do corante (262,27 g mol⁻¹) foi preparada a partir da dissolução de aproximadamente 0,1 g de Indigo em 3,5 ml de H₂SO₄, num processo de aquecimento de 80°C, durante 1 hora. A reação química está representada na Figura 2. Após o resfriamento, transferiu-se quantitativamente a solução a um balão (100 mL) e completou-se o seu volume com água desionizada. A solução foi armazenada em um frasco âmbar, a fim de se evitar a sua possível degradação (Morita, 2007). Para o preparo do branco, seguiu-se a mesma ordem, sem a adição do corante. A vidraria e os recipientes utilizados para armazenagem de soluções foram lavados com detergente e posteriormente imersos em solução de HNO₃ 10% (v/v). O enxágue foi efetuado com água destilada e desionizada.

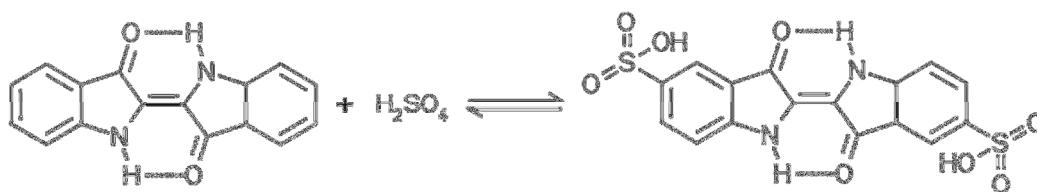


Figura 2 - Indigo Blue, pH 2 (5,5' - disulfônico indigotina).

Metodologia

A partir da solução estoque de Indigo Blue em meio ácido ($3,82 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$), prepararam-se 10,0 mL de soluções de diferentes concentrações ($0,49, 0,99, 2,00, 2,99, 4,00$ e $4,76 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, em pH 2).

Espectros de absorção foram registrados com máximos em 609 e 612 nm, utilizando-se um espectrofotômetro Shimadzu UV-2600, cubeta de quartzo e caminho óptico 1,00 cm. As curvas analíticas do corante foram construídas a partir dos comprimentos de onda pré-selecionados.

As turfas fibrosa e decomposta foram lavadas com água desionizada. O processo de secagem foi feito em estufa, durante 24 horas, a 40°C . Adotou-se trabalhar com diferentes granulometrias: (2000 a 850) mm, de (850 a 600) mm e inferior a 600 mm.

Para o estudo cinético, trabalhou-se com diferentes concentrações do corante ($2,00, 2,99$ e $4,00 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, em pH 2). Alíquotas de 10,0 mL da solução foram colocadas em contato com uma massa fixa da fase sólida (0,1 g) em tubos de centrífuga de polietileno, com capacidade de 15 mL, da Falcon®. O sistema foi mantido sob agitação orbital constante de 150 rpm (Americanlab, modelo AL 222-CF), e temperatura controlada ($10, 25$ e $40 \pm 1^\circ\text{C}$). Diferentes tempos de contato (5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 e 120) minutos foram estudados. Terminado o contato, a fim de separar o sobrenadante da fase sólida, foram utilizados centrífuga (Fanem®, modelo 208N) e filtros para seringa, em acetato de celulose. O espectro de absorção da solução do corante residual foi obtido. A concentração do adsorbato retida na fibra pôde ser calculada considerando-se a diferença entre a concentração inicial e a remanescente na solução após o contato. Os valores de concentração, nos comprimentos de onda de 609 e 612 nm, são obtidos a partir das respectivas curvas analíticas.

Resultados e Discussões

Espectros de Absorção e Curva Analítica

A Figura 3 apresenta os espectros de absorção de soluções do corante em diferentes concentrações ($0,49$ a $4,76 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, em pH 2). As Figuras 4(a) e 4(b) referem-se às curvas analíticas. Observa-se uma faixa de linearidade (lei de Beer) para a absorbância em função da concentração.

As equações (1) e (2) correlacionam a absorbância do corante, em pH 2, em função de sua concentração, nos comprimentos de onda de 609 e 612 nm, respectivamente.

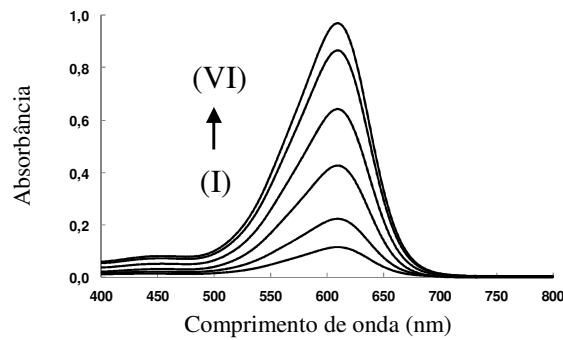


Figura 3 – Espectros de absorção do corante, em pH 2. [IB] = (I) $0,49 \times 10^{-5}$, (II) $0,99 \times 10^{-5}$, (III) $2,00 \times 10^{-5}$, (IV) $2,99 \times 10^{-5}$, (V) $4,00 \times 10^{-5}$ e (VI) $4,76 \times 10^{-5}$ (mol L^{-1}).

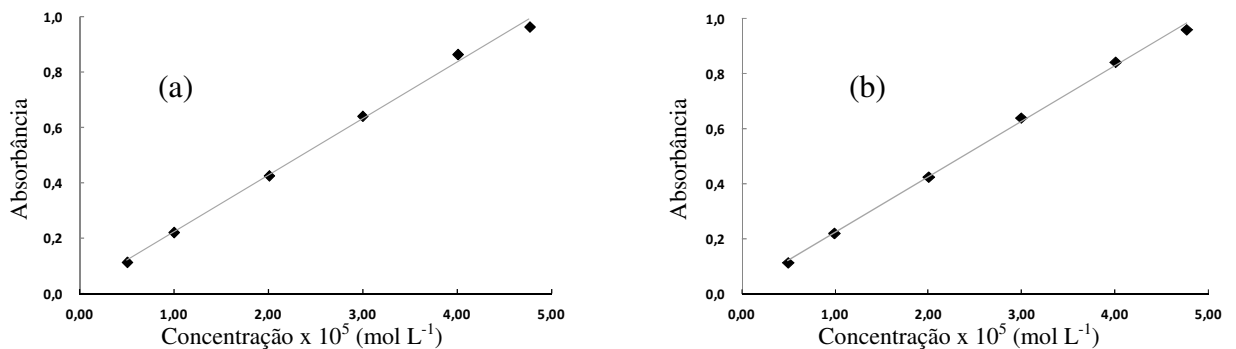


Figura 4 – Curva analítica da espécie 5,5' - disulfônico indigotina, em pH 2, (a) $\lambda_{\text{analítico}} = 609$ nm, (b) $\lambda_{\text{analítico}} = 612$ nm.

Estudo Cinético do sistema Turfa/Indigo Blue, em pH 2

As Figuras 5(I) e 5(II) representam os espectros de absorção de alíquotas sobrenadantes (soluto não adsorvido), após o contato com as respectivas fases sólidas, turfa fibrosa e turfa decomposta, durante (5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 e 120) minutos, a $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Partiu-se da concentração inicial de corante $4,00 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ e de granulometria das turfas fibrosa (TF) e decomposta (TD) inferior a 600 μm .

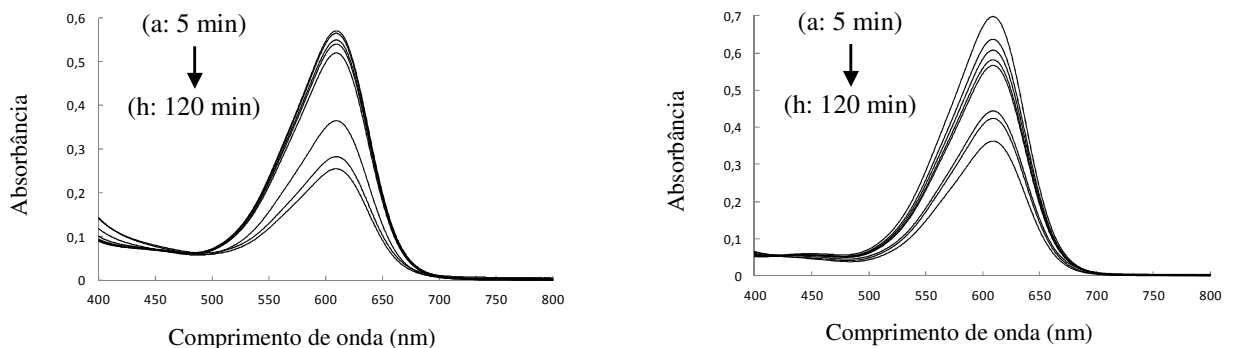


Figura 5 – Espectros de absorção da solução sobrenadante de Indigo Blue, após (5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 e 120) minutos de contato com as turfas (I) fibrosa e (II) decomposta.

Observa-se que a absorbância dessas soluções diminui com o aumento do tempo de contato com as fases sólidas, o que permite concluir que a adsorção ocorre, provocando a

diminuição da concentração do adsorbato no sobrenadante. Sendo a adsorção um fenômeno essencialmente de superfície, a capacidade adsorptiva de um adsorvente é influenciada por algumas características, tais como forma da partícula, tamanho do poro e área superficial (Antonio, 2007). A variação de granulometria das turfas (2000-850, 850-600 e inferior a 600) mm foi estudada a fim de se verificar a influência desta característica frente à adsorção do corante, em meio ácido, nas turfas. Considerando-se a concentração inicial da solução do corante de $4,00 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, os sistemas TF/IB e TD/IB foram colocados em diferentes tempos de contato (5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 e 120) minutos, a $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$. As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores de massa adsorvida do adsorbato por grama dos adsorventes em função da granulometria da fase sólida, para os tempos de contato de (30, 60 e 120) minutos, nos comprimentos de onda de 609 e 612 nm, respectivamente.

Tabela 2 – Massa adsorvida do corante, em pH 2, por grama dos adsorventes em função da granulometria da fase sólida, $\lambda_{\text{analítico}} = 609 \text{ nm}$.

Granulometria (mm)	$(m_{\text{ads IB}} / m_{\text{turfa}}) \times 10^4 \text{ (g g}^{-1}\text{)}$					
	TF	TD	TF	TD	TF	TD
2000 - 850	1,08±0,01	1,82±0,01	1,89±0,02	2,16±0,01	3,19±0,03	2,82±0,02
850 - 600	2,62±0,02	2,50±0,01	3,59±0,03	3,20±0,01	4,95±0,01	3,90±0,01
Inferior a 600	3,54±0,01	4,91±0,01	6,95±0,02	4,79±0,01	7,09±0,01	5,76±0,02
Tempo de Contato (min)	30		60		120	

Tabela 3 – Massa adsorvida de Indigo Blue por grama dos adsorventes em função da granulometria da fase sólida, $\lambda_{\text{analítico}} = 612 \text{ nm}$.

Granulometria (mm)	$(m_{\text{ads IB}} / m_{\text{turfa}}) \times 10^4 \text{ (g g}^{-1}\text{)}$					
	TF	TD	TF	TD	TF	TD
2000 - 850	1,10±0,03	1,83±0,02	1,90±0,01	2,18±0,03	3,21±0,01	2,85±0,02
850 - 600	2,64±0,01	2,53±0,03	3,63±0,02	3,22±0,02	5,01±0,01	3,95±0,01
Inferior a 600	3,59±0,01	4,97±0,02	7,02±0,01	4,84±0,01	7,17±0,01	5,82±0,01
Tempo de Contato (min)	30		60		120	

A partir dos resultados apresentados, observou-se que a capacidade adsorptiva dos dois adsorventes estudados aumenta quanto menor a granulometria. A diminuição da granulometria da fase sólida ocasiona em aumento da superfície de contato entre o adsorvente e o adsorbato, devido à redução da resistência à transferência de massa no interior das partículas (Piza, 2008). Desta forma, adotou-se trabalhar com granulometria inferior a 600 mm. Além disso, observou-se, também, que os valores de massa adsorvida de corante por grama de turfa foram muito próximos nos diferentes comprimentos de onda estudados. Assim, os posteriores resultados serão apresentados para o comprimento de onda de 612 nm. A Figura 6 mostra a variação de massa adsorvida do corante por grama dos adsorventes em

função do tempo, a $(10, 25 \text{ e } 40) \pm 1^\circ\text{C}$. Observa-se claramente o aumento da quantidade (g) adsorvida de corante quanto maior for o tempo de contato com a fase sólida e a concentração da solução inicial de Indigo Blue. No entanto, após certo tempo, a massa adsorvida tende a ser constante. Para a faixa de concentração de Indigo Blue estudada, a adsorção máxima, que se refere a um valor mínimo de absorvância, corresponde a um tempo de equilíbrio do sistema turfa/IB de 60 minutos, evidenciando uma cinética relativamente rápida. Tem-se maior retenção de Indigo Blue em turfa fibrosa do que em turfa decomposta. Para a concentração inicial de Indigo Blue de $4,00 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, a 25°C , a turfa fibrosa adsorveu $7,17 \times 10^{-4} \text{ g g}^{-1}$, enquanto que, a turfa decomposta, $5,82 \times 10^{-4} \text{ g g}^{-1}$. A Tabela 4 apresenta os valores de massa adsorvida de corante, após 120 minutos de contato com as turfas, em função das temperaturas $(10, 25 \text{ e } 40) \pm 1^\circ\text{C}$, para as concentrações iniciais de Indigo Blue de $(2,00, 2,99 \text{ e } 4,00) \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$.

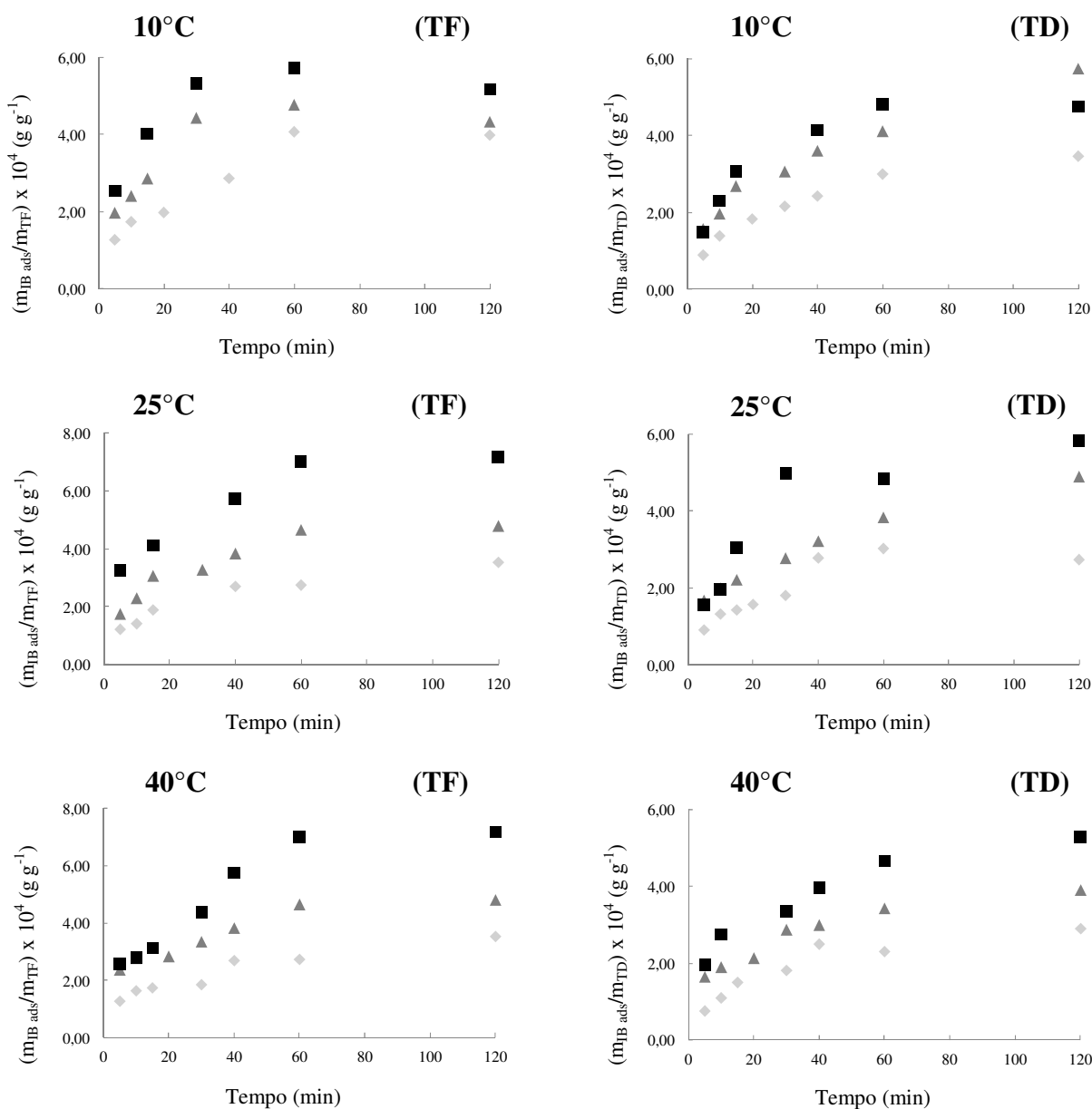


Figura 6 – Variação de massa de Indigo Blue adsorvida por grama de turfas fibrosa e decomposta em função do tempo de contato, em diferentes temperaturas $(10, 25 \text{ e } 40) \pm 1^\circ\text{C}$. [IB] inicial: (\diamond 2,00, \blacktriangle 2,99 e \blacksquare 4,00) $\times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$, $\lambda_{\text{analítico}} = 612 \text{ nm}$.

A Tabela 4 apresenta os valores de massa adsorvida de Indigo Blue por grama dos adsorventes em função da temperatura do sistema, para as concentrações iniciais de Indigo Blue de (2,00, 2,99 e 4,00) x 10⁻⁵ mol L⁻¹. Os resultados evidenciaram que excepcionalmente para a concentração inicial de 2,99 x 10⁻⁵ mol L⁻¹, há uma tendência de variação positiva de massa retida em turfa fibrosa e, negativa, em turfa decomposta.

Tabela 4 – Massa adsorvida de Indigo Blue, em pH 2, por grama dos adsorventes em função das temperaturas, $\lambda_{\text{analítico}} = 612 \text{ nm}$.

[IB] inicial (mol L ⁻¹)	T ± 0,1 (°C)	(m _{ads IB} / m _{turfa}) x 10 ⁴ (g g ⁻¹)	
		Turfa Fibrosa	Turfa Decomposta
2,00 x 10 ⁻⁵	10	3,99±0,02	3,45±0,04
	25	3,54±0,01	2,73±0,02
	40	3,54±0,01	2,88±0,03
2,99 x 10 ⁻⁵	10	4,34±0,01	5,73±0,01
	25	4,80±0,02	4,88±0,01
	40	4,81±0,03	3,90±0,02
4,00 x 10 ⁻⁵	10	5,19±0,01	4,74±0,01
	25	7,17±0,01	5,82±0,01
	40	7,19±0,02	5,27±0,01

Aplicação dos modelos cinéticos aos sistemas TF/IB e TD/IB, pH 2, $\lambda_{\text{analítico}} = 612 \text{ nm}$

Com a finalidade de conhecer algumas características sobre a cinética de adsorção do Indigo Blue nas turfas fibrosa e decomposta, aos dados experimentais foram aplicados três modelos cinéticos: pseudo-primeira e -segunda ordens e difusão intra-partícula. A avaliação dos resultados foi por meio da comparação entre os coeficientes de correlação (r^2) referentes ao respectivo modelo. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos do ajuste ao modelo de *Langergren*. A Tabela 5 revela que os sistemas TF/IB e TD/IB não apresentam ajustes adequados ao modelo de pseudo-primeira ordem ($r^2 < 0,97$). A aplicação deste modelo permitiu a quantificação da massa adsorvida calculada de Indigo Blue por grama de turfa ($q_{\text{max,calc}}$). Considerando a concentração inicial da solução de Indigo Blue de 4,00 x 10⁻⁵ mol L⁻¹ a (10, 25 e 40) ± 1°C, respectivamente, foram obtidos os valores de $q_{\text{max,calc}}$ (3,37, 7,77 e 7,96) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa fibrosa e (3,70, 4,87 e 3,94) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa decomposta. Os valores experimentais de q_{max} obtidos pela Figura 6 foram (5,74, 7,17 e 7,19) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa fibrosa e (4,82, 5,82 e 5,27) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa decomposta. Portanto, observa-se que os valores encontrados pelo modelo (calculados) não estão concordantes com os obtidos experimentalmente.

Os dados experimentais foram também aplicados ao modelo linear de pseudo-segunda ordem. As Tabelas 6 e 7 revelam que os sistemas TF/IB e TD/IB apresentam ajustes adequados ao modelo de pseudo-segunda ordem ($r^2 > 0,98$). A regressão linear forneceu os coeficientes angulares da reta $\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_t}(t)$, que representam a massa adsorvida calculada por grama de turfa ($q_{\text{max,calc}}$). Considerando a concentração inicial da solução de Indigo Blue de 4,00 x 10⁻⁵ mol L⁻¹ a (10, 25 e 40) ± 1°C, respectivamente, foram obtidos os valores de $q_{\text{max,calc}}$ (5,57, 7,92 e 8,29) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa fibrosa e (5,29, 6,74 e 5,83) x 10⁻⁴ g g⁻¹ para a turfa decomposta. Os valores experimentais de q_{max} foram (5,74, 7,17 e 7,19) x 10⁻⁴ g

g^{-1} para a turfa fibrosa e $(4,82, 5,82 \text{ e } 5,27) \times 10^{-4} g g^{-1}$ para a turfa decomposta. Portanto, observa-se que os valores encontrados pelo modelo (calculados) estão concordantes com os obtidos experimentalmente. Em relação à constante de pseudo-segunda ordem (k_2) observou-se uma tendência de diminuição desse valor à medida que aumenta a concentração inicial de Indigo Blue, para o sistema TF/IB com concentrações iniciais de corante de $(2,99 \text{ e } 4,00) \times 10^{-5} mol L^{-1}$. Esse mesmo fato foi observado na literatura e ainda não existe explicação (Wu et al., 2001).

Tabela 5 – Parâmetros das regressões lineares determinados empregando-se o modelo de pseudo-primeira ordem, $\lambda_{analítico} = 612 \text{ nm}$.

[IB] inicial (mol L ⁻¹)	T ± 0,1 (°C)	Turfa Fibrosa	Turfa Decomposta
2,00 x 10 ⁻⁵	10	$y = -0,013x - 3,5031$ ($r^2 = 0,9893$)	$y = -0,0133x - 3,5161$ ($r^2 = 0,9907$)
	25	$y = -0,0083x - 3,6066$ ($r^2 = 0,9739$)	$y = -0,0072x - 3,6816$ ($r^2 = 0,9947$)
	40	$y = -0,0079x - 3,6267$ ($r^2 = 0,9943$)	$y = -0,0097x - 3,6578$ ($r^2 = 0,9761$)
2,99 x 10 ⁻⁵	10	$y = -0,0066x - 3,5731$ ($r^2 = 0,9856$)	$y = -0,0076x - 3,3482$ ($r^2 = 0,9949$)
	25	$y = -0,0248x - 3,3368$ ($r^2 = 0,9740$)	$y = -0,0086x - 3,4413$ ($r^2 = 0,9923$)
	40	$y = -0,0273x - 3,3505$ ($r^2 = 0,9528$)	$y = -0,0122x - 3,5846$ ($r^2 = 0,9919$)
4,00 x 10 ⁻⁵	10	$y = -0,0066x - 3,4721$ ($r^2 = 0,9978$)	$y = -0,0137x - 3,4321$ ($r^2 = 0,9835$)
	25	$y = -0,0276x - 3,1095$ ($r^2 = 0,9474$)	$y = -0,0115x - 3,3122$ ($r^2 = 0,9672$)
	40	$y = -0,0276x - 3,0990$ ($r^2 = 0,9828$)	$y = -0,0126x - 3,4042$ ($r^2 = 0,9628$)

Tabela 6 – Valores de k_2 , constante cinética de pseudo-segunda ordem, massa máxima adsorvida calculada $q_{max,calc}$ e o coeficiente de correlação dos ajustes ao modelos de pseudo-segunda ordem para cada concentração inicial de corante e turfa fibrosa, $\lambda_{analítico} = 612 \text{ nm}$.

[IB] inicial (mol L ⁻¹)	T ± 0,1 (°C)	Turfa Fibrosa		
		$k_2 \times 10^3$ ($min^{-1} g TF g^{-1} IB$)	$q_{max,calc} \times 10^4$ ($g IB g^{-1} TF$)	r^2
2,00 x 10 ⁻⁵	10	0,18±0,01	(4,50±0,01)	0,9939
	25	0,16±0,01	(3,90±0,02)	0,9871
	40	0,16±0,02	(3,86±0,01)	0,9848
2,99 x 10 ⁻⁵	10	0,24±0,01	(4,66±0,01)	0,9985
	25	0,16±0,01	(5,24±0,02)	0,9984
	40	0,16±0,02	(5,24±0,03)	0,9901
4,00 x 10 ⁻⁵	10	0,36±0,01	(5,57±0,01)	0,9901
	25	0,11±0,01	(7,92±0,02)	0,9932
	40	0,07±0,03	(8,29±0,02)	0,9845

Tabela 7 – Valores de k_2 , constante cinética de pseudo-segunda ordem, massa máxima adsorvida calculada $q_{max,calc}$ e o coeficiente de correlação dos ajustes ao modelos de pseudo-segunda ordem para cada concentração inicial de corante e turfa decomposta, $\lambda_{analítico} = 612 \text{ nm}$.

[IB] inicial (mol L ⁻¹)	T ± 0,1 (°C)	Turfa Decomposta		
		$k_2 \times 10^3$ (min ⁻¹ g TF g ⁻¹ IB)	$q_{max,calc} \times 10^4$ (g IB g ⁻¹ TF)	r^2
2,00 x 10 ⁻⁵	10	0,10±0,02	4,11±0,01	0,9908
	25	0,20±0,01	3,07±0,02	0,9933
	40	0,14±0,01	3,38±0,01	0,9927
2,99 x 10 ⁻⁵	10	0,05±0,02	6,81±0,05	0,9310
	25	0,09±0,03	5,48±0,03	0,9777
	40	0,21±0,01	4,18±0,01	0,9933
4,00 x 10 ⁻⁵	10	0,17±0,01	5,29±0,01	0,9957
	25	0,07±0,01	6,74±0,01	0,9950
	40	0,12±0,02	5,83±0,01	0,9920

Esta tendência não foi observada para o sistema TD/IB, o que pode ser justificado pelo fato de k_2 se tratar de um parâmetro empírico, representado por um conjunto de fatores experimentais, e por se ter trabalhado com turfas que possuem características físico-químicas diferentes. Portanto, os valores de k_2 encontrados são exclusivos para cada sistema e não podem ser comparados. Considerando que os modelos de pseudo-primeira e -segunda ordens não identificam os mecanismos de difusão, os dados experimentais foram aplicados ao modelo de difusão intra-partícula (*Morris-Weber*). Construiu-se um gráfico de q_t em função de $t^{\frac{1}{2}}$. Se a reta obtida passa pela origem, pode-se assumir que esse mecanismo envolve a difusão da espécie. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos da aplicação dos dados experimentais a este modelo.

Tabela 8 – Valores de k_p , constante cinética de difusão intra-partícula e coeficiente de correlação dos ajustes ao modelo de difusão para cada concentração inicial de corante (C_0, IB).

[IB] inicial (mol L ⁻¹)	T ± 0,1 (°C)	Turfa Fibrosa		Turfa Decomposta	
		$k_p \times 10^5$ (min ^{-1/2} g IB g ⁻¹ TF)	r^2	$k_p \times 10^5$ (min ^{-1/2} g IB g ⁻¹ TF)	r^2
2,00 x 10 ⁻⁵	10	3,02±0,02	0,9829	2,90±0,03	0,9683
	25	2,72±0,01	0,9982	1,97±0,02	0,9750
	40	2,53±0,01	0,9976	2,43±0,01	0,9824
2,99 x 10 ⁻⁵	10	4,96±0,01	0,9909	4,67±0,01	0,9902
	25	5,18±0,02	0,9886	3,78±0,01	0,9965
	40	2,76±0,03	0,9863	2,75±0,03	0,9463
4,00 x 10 ⁻⁵	10	3,01±0,01	0,9957	5,78±0,02	0,9704
	25	4,79±0,04	0,9475	4,92±0,05	0,9371
	40	5,48±0,01	0,9926	3,89±0,03	0,9526

Os resultados revelaram que não há predominantemente o processo de difusão para os sistemas TF/IB e TD/IB ($r^2 < 0,98$).

Conclusões

Foi possível a utilização da técnica espectrofotométrica no UV-vis para o estudo da adsorção do corante, em pH 2, em turfas fibrosa e decomposta, uma vez que o adsorbato apresenta adsorção na região visível (400 – 700) nm do espectro eletromagnético. Observou-se que as turfas estudadas adsorvem o corante, em solução e meio ácido. A turfa fibrosa apresentou maior capacidade adsortiva do que a turfa decomposta, quando sob as mesmas condições de trabalho. Além disso, a variação da granulometria da fase sólida permitiu concluir que houve maior retenção do corante, em pH 2, quanto maior fosse a superfície de contato entre o adsorvente e o adsorbato (menor granulometria). Percebeu-se, também, que os dois comprimentos de onda estudados (609 e 612) nm apresentam valores muito próximos de massa adsorvida do adsorbato por grama de turfa. A avaliação quantitativa da adsorção em turfas fibrosa e decomposta indicou que a quantidade de massa adsorvida foi dependente da concentração inicial de Indigo Blue para ambos os sistemas. Quanto maior a concentração da solução inicial, maior se tornou a adsorção. O estudo cinético permitiu conhecer o tempo mínimo de contato entre TF/IB e TD/IB, sob agitação constante e temperatura controlada, para que houvesse uma adsorção máxima. Observou-se que, em 60 minutos, o sistema atingiu o equilíbrio. Para examinar o mecanismo que controla o processo de adsorção, três modelos cinéticos (pseudo-primeira e –segunda ordens e difusão intra-partícula) foram empregados. A equação de pseudo-segunda ordem forneceu os melhores ajustes. O presente trabalho constitui um cronograma ainda em andamento. O tratamento estatístico foi realizado e alguns modelos de isotermas de adsorção serão estudados na continuidade do trabalho.

Revisão Bibliográfica

- Antonio, P. (2003) Adsorção de di-2-piridil cetona saliciloilhidrazona em sílica-gel. São Paulo. *Dissertação de Mestrado*, IQ-USP.
- Balfour-Paul, J. (2011) Indigo: Egyptian mummies to blue jeans.
- Blanchard, G., Maunaye, M., Martim, G. (1984) Removal of heavy metals from waters by means of natural zeolites. *Water Research*, **18**, 1501-1507.
- Freitas, P.A.M. (2007) Estudos de adsorção de di-2-piridil cetona saliciloilhidrazona (DPKSH) em resinas Amberlite XAD-2 e XAD-7. Extração de íons cobre em fase sólida envolvendo a XAD-7 modificada com DPKSH, *Tese de Doutorado*, USP-IQ.
- González, A.P.S.; Firmino, M.A.; Nomura, C.S.; Rocha, F.R.P.; Oliveira, P.V.; Gaubeur, I. (2009) Peat as a natural solid-phase for copper preconcentration and determination in a multicommuted flow system coupled to flame atomic absorption spectrometry. *Anal. Chim. Acta*, **636**, 198.
- Morita, T. (2007) Manual de soluções, reagentes e solventes. 2ª edição.
- Piza, A.V.T. (2008) Avaliação da capacidade adsortiva de carvões ativados para a remoção de diuron e hexazinona, *Tese de Mestrado*, UNAERP.
- Yener, J., Kopac, T., Dogu, G., Dogu, T. (2006) Adsorption of basic yellow 28 from aqueous solutions with clinoptilolite and amberlite. *Journal of Colloid and Interface Science*, **294**, 255-264.
- Wu, F.C., Tseng, R.L., Juang, R.S. (2011) Kinetic modeling liquid-phase of reactive dyes and metal ions chitosan. *Water Research*, **35**, 613-618.