



Utilização de Hidrogéis a base de Colágeno e Quitosana, como alternativa para a Remoção de Corantes de Efluentes Industriais

Edson Araujo de Almeida, UTFPR/Campus de Medianeira

edsonalmeida2009@gmail.com

Nelson Consolin Filho, UTFPR/Campus de Campo Mourão

nelconsolin@hotmail.com

Regiane da Silva, UTFPR/Campus de Campo Mourão

regiane@utfpr.edu.br

Resumo: As indústrias têxteis vêm apresentando um crescimento significativo, e quanto maior à produção maior é o descarte de efluentes que pode ocorrer de maneira inadequada diretamente em rios ou lagos. Os descartes de efluentes em rios e lagos é um problema ambiental gravíssimo, já que esse descarte pode modificar ou até mesmo extinguir a fauna e a flora presente nestes locais. Visando à solução de tal problema, muitas técnicas foram desenvolvidas, sendo possível classificá-las em técnicas químicas, físicas e biológicas. As técnicas químicas se baseiam em processos químicos, como: o tratamento eletroquímico, o reagente de Fenton e o tratamento com ozônio; as técnicas físicas são aquelas que se baseiam em interações, como por exemplo, a adsorção. Os processos biológicos envolvem o uso de fungos e bactérias para a degradação dos corantes. Avaliando tais processos de tratamento observou-se que os hidrogéis podem ser utilizados como alternativa para o tratamento de efluentes, pois esses apresentam a capacidade de sorver solução aquosa, conseguindo com isto sorver compostos solubilizados em água. Logo esse trabalho propõem o estudo do uso de hidrogéis a base de colágeno e quitosana como uma alternativa para tratamento de efluentes, já que esses conseguem sorver corantes presentes em solução aquosa..

Palavras-chave: Hidrogel; Corante; Quitosana; Colágeno.

1. Introdução

Os corantes são substâncias que possuem a finalidade de atribuir coloração a um determinado substrato (plásticos, alimentos, fibras têxteis, entre outros), sendo esse natural ou sintético, conforme destacado nos trabalhos de Rosalen *et al*, (2004) e Royer (2008). Os tipos de corantes mais utilizados pelas indústrias têxteis são: os corantes reativos, diretos, azóicos, ácidos, á cuba, dispersivos, pré – metalizados, corantes de enxofre e os branqueadores ópticos (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Um percentual de cerca de 20% dos corantes utilizados no processo de tingimento pelas indústrias têxteis é descartado em efluentes, de forma que a sua remoção acabou por se transformar em um grande problema para setor têxtil, pois os corantes não possuem uma classe que os engloba de forma geral, já que esses possuem grupos funcionais e propriedades diferentes. Assim a poluição causada pelos descartes de corantes afeta a fauna e flora, pois devido a sua coloração, os corantes impedem a passagem de radiação solar, que acarreta na diminuição do processo de fotossíntese provocando alterações nos



ecossistemas aquáticos (ZANONI; CARNEIRO, 2001; HOUK, 1992).

Segundo Zanoni; Carneiro (2001) e Kunz *et al.*, (2002), devido a esse problema ambiental, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para a degradação ou imobilização dos corantes em efluentes. São utilizados como tratamento dos efluentes processos de adsorção – carvão ativado – precipitação e coagulação que se baseia na transferência de fase, porém no final do tratamento é obtido um resíduo de iodo, que é descartado em aterros e assim pode contaminar o solo e os lençóis freáticos. Tem-se também processos de degradação, como a eletroquímica (baseada na utilização de corrente elétrica) e fotoquímica (baseada no uso de irradiação) e a biodegradação (baseada na utilização de microrganismos).

De acordo com Zamora - Peralta *et al.*, (1999); Costa *et al.*, (2003); Legrini *et al.*, (1993), também são utilizados para o tratamento de efluentes industriais processos oxidativos como, a utilização de ozônio, fotocatalise heterogênea e sistema Fenton, que se baseiam no uso de agentes oxidantes a fim de acelerar a degradação dos corantes. Entretanto esses processos são considerados destrutivos e apresentam algumas desvantagens, como por exemplo, no caso do ozônio dependendo da composição do efluente pode gerar intermediários tóxicos (KUNZ *et al.*, 2002), já a fotocatalise heterogênea apresenta limitações quanto as fontes de radiação empregadas, a dificuldade de penetração no meio reacional e a remoção dos catalisadores que são empregados, o sistema Fenton apresenta a formação de lodo (DALLAGO; SMANIOTTO; OLIVEIRA, 2005).

Os hidrogéis podem ser outra alternativa para a remoção de corantes. Já que esse material é descrito como, redes tridimensionais obtidas a partir de polímeros naturais ou sintéticos, e até mesmo da combinação de dois os mais polímeros reticulados, promovendo a absorção de substâncias dissolvidas em água através da variação do grau de intumescimento dependendo da composição de cada hidrogel, como mostram os trabalhos de Peppas *et al.*,(2000); Hoffman (2002) e Moraes (2013).O grau de intumescimento é a relação entre a massa do hidrogel após absorção de água e a massa do hidrogel seco, como discutem Domiciano *et.al.*(2010).

Além disso a aplicação de hidrogéis em uma determinada área está ligada de forma direta a adequação de suas propriedades físicas, para viabilizar tal aplicação, essas propriedades são dependentes da flexibilidade do material hidratado e de propriedades mecânicas associadas a ela. Estas propriedades, por sua vez, estão associadas diretamente com o grau de intumescimento do hidrogel e ainda dependem do grau de reticulação da matriz polimérica (HOFFMAN, 2002).

Tendo em vista as propriedades apresentadas pelos hidrogéis, este trabalho propõem o estudo de hidrogéis à base de colágeno e quitosana, como uma alternativa para atuarem na remoção de corantes do tipo direto (corante disponível para ser utilizado por qualquer indivíduo) e branqueador óptico (corante que está ganhando mais espaço na indústria têxtil) de efluentes industriais.

2. Material e Métodos

2.1 Materiais

Amido (Pinduca), colágeno (Synth®), poli (álcool vinílico) (Aldrich®), poli (ácido



acrílico) (Aldrich®), quitosana (Sigma®), persulfato de sódio (Vetec®), ácido acético (Proquímicos®), solução de hidróxido de sódio 5%, água destilada, papel indicador de pH, corante direto: Guarany® (coloração preta) e corante branqueador óptico Asher® (coloração Marrom).

2.2 Métodos

A metodologia aplicada para a produção dos hidrogéis, foi adaptada da metodologia, descrita no trabalho de Costa Junior (2008). Para a produção dos hidrogéis foram preparadas as seguintes soluções:

Solução I: Em um béquer de 250mL dissolveu-se 1g de quitosana em uma solução de 2% (v/v) de ácido acético concentrado em agitação magnética por 60 minutos.

Solução II: Em um béquer de 250mL dissolveu-se 8g de colágeno em 100 mL de água em agitação magnética por 15 minutos a 80°C.

Solução III: Em um béquer de 25 mL dissolveu-se 2g de amido em 100 mL de água em agitação magnética por 15 minutos a 80°C.

Solução IV: Em um béquer de 25 mL dissolveu-se 2g de poli (álcool vinílico) em 100 mL de água em agitação magnética por 15 minutos a 80°C.

Solução V: Em um béquer de 25 mL dissolveu-se 2g de poli (ácido acrílico) em 100 mL de água em agitação magnética por 15 minutos a 80°C.

A Figura 1 apresenta os procedimentos utilizados para a preparação dos hidrogéis a base de quitosana.

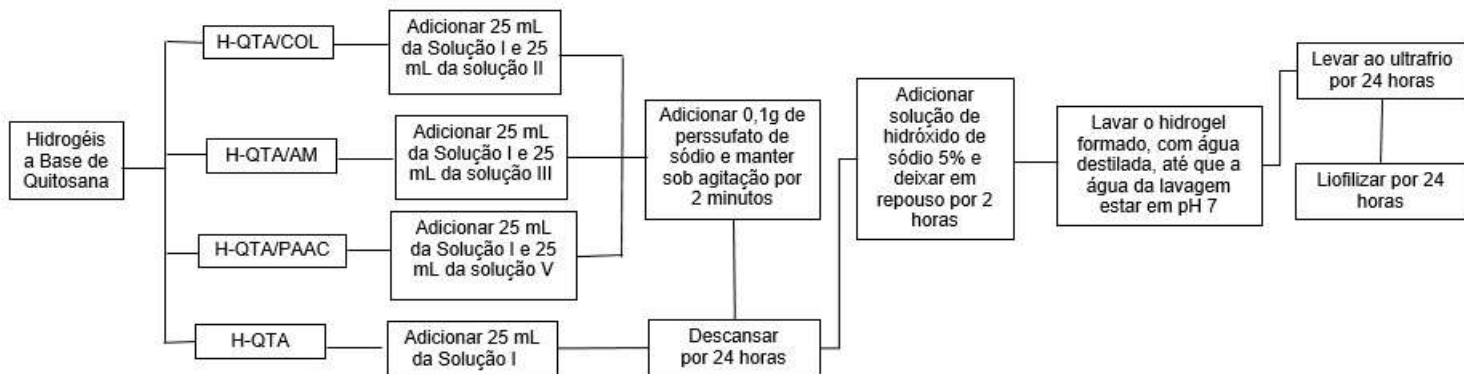


FIGURA 1. Procedimento para a preparação dos hidrogéis a base de quitosana. Fonte: Autoria Própria.

A Figura 2, apresenta os procedimentos utilizados para a preparação dos hidrogéis a base de colágeno.

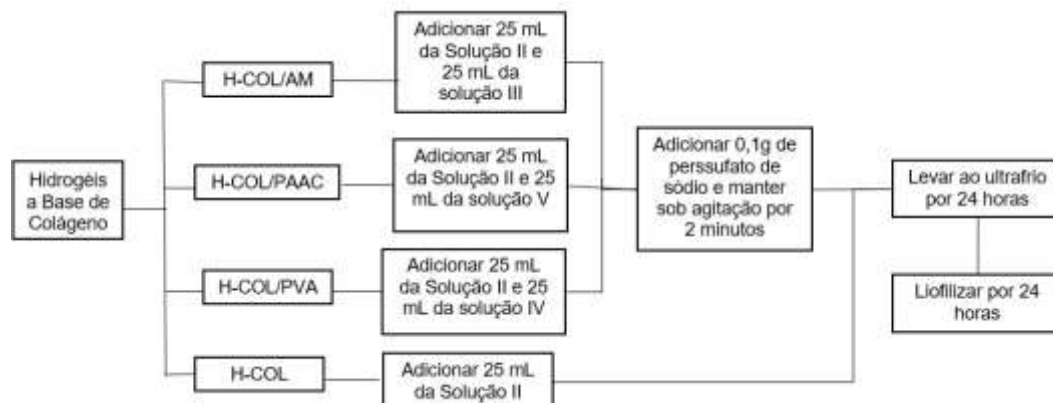


FIGURA 2. Procedimento para a preparação dos hidrogéis a base de colágeno. Fonte: Autoria Própria.



2.2.1 Ensaio de Intumescimento

Amostras dos hidrogéis liofilizados, foram imersas em 50 mL de água destilada, contida em um bequer de 100 mL. Após realizar esse procedimento mediu-se a massa das amostras a 30, 60, 90, 120, 150 e 180 min. Esse ensaio foi realizado em triplicata.

2.2.2 Ensaio de Sorção

O Ensaio de sorção foi adaptado do trabalho de Lucena (2013). Para o corante do tipo direto - encontrado na forma sólida- o método utilizado consistiu em preparar uma solução de 1 g de corante em 100 mL de água em seguida diluiu-se essa solução 8 vezes. Para o corante do tipo branqueador óptico - encontrado na forma líquida- foi preparado uma solução de 1 mL do corante para 100 mL de água e em seguida diluiu-se essa solução 16 vezes, (tais diluições são necessárias para ser possível realizar as análises em espectroscopia na região do ultravioleta visível).

Depois de realizadas a diluições transferiu-se 10 mL de cada solução preparada para béqueres de 50 mL e adicionaram-se as amostras dos hidrogéis em cada béquer. Depois de realizar esse procedimento a concentração de corante foi determinada por espectroscopia na região do ultravioleta visível (UV/vis) em 30, 60, 90, 120, 150 e 180 min. Esse ensaio foi realizado em triplicata.

3 Resultado de Discussão

Antes de passar pelo processo de liofilização os hidrogéis a base de colágeno e quitosana apresentaram uma estrutura macia e flexível, como mostra a Figura 3.



FIGURA 3. Hidrogéis produzidos: A) H-COL, B) H-COL/PVA, C) H-COL/PAAC, D) H-COL/AM, E) H-QTA, F) H-QTA/COL, G) H-QTA/PAAC, H) H-QTA/AM. Fonte: Autoria Própria.

Após ficarem 24 horas em um freezer ultrafrio, os hidrogéis foram liofilizados. O processo de liofilização é um processo de estabilização, na qual uma substância é em um primeiro momento congelada, para que a quantidade de solvente (geralmente água) seja reduzida, primeiro por sublimação e posteriormente por dessecamento (TERRONI *et.al.* 2011).



Depois de passar pelo processo de liofilização, os hidrogéis apresentavam uma forma rígida mais resistente à deformação, entretanto após intumescidos, os hidrogéis. A Figura 4 apresenta os hidrogéis liofilizados.



FIGURA 4. Hidrogéis produzidos liofilizados: A) H-COL, B) H-COL/PVA, C) H-COL/PAAC, D) H-COL/AM, E) H-QTA, F) H-QTA/COL, G) H-QTA/PAAC, H) H-QTA/AM. Fonte: Autoria Própria.

Após liofilizados, foi realizado o ensaio de intumescimento uma importante forma de caracterização de hidrogéis, tendo em vista que o grau de intumescimento é a medida da quantidade de água que o hidrogel, consegue absorver em um determinado tempo em relação a sua massa seca, como discute Peppas (2000) em sua pesquisa. Segundo Bornhausen *et.al.* (2011), o grau de intumescimento é obtido através da razão entre a massa do hidrogel intumescido pela massa do hidrogel seco, como descreve a Equação 1.

$$Q = \text{Massa(Hidrogel intumescido)} / \text{Massa(Hidrogel seco)} \quad (1)$$

O processo de intumescimento de um hidrogel ocorre devido a fatores físicos e químicos, tais como, a presença de grupos hidrofílicos (-OH, -NH₂, -COOH, -CONH₂, -SO₃H) na cadeia polimérica, confere a esse hidrogel uma menor densidade de reticulação e uma grande flexibilidade da rede polimérica e portanto são fatores que contribuem para um aumento no grau de intumescimento desse hidrogel. No entanto a presença de grupos hidrofóbicos gera uma maior densidade de reticulação e a presença de íon gera uma diminuição do grau de intumescimentos (BRITO *et.al.*, 2013).

Através do grau de intumescimento pode-se observar que os hidrogéis estudados apresentaram grande capacidade de absorção de água, já que foi observado um aumento de massa dos hidrogéis variando entre 5 a 18 vezes em relação sua massa seca. Além disso, com o grau do intumescimento é possível construir curvas de intumescimentos, para estudar o aumento de massa em diferentes tempo. Figura 5, apresenta as curvas de intumescimento dos hidrogéis estudados.

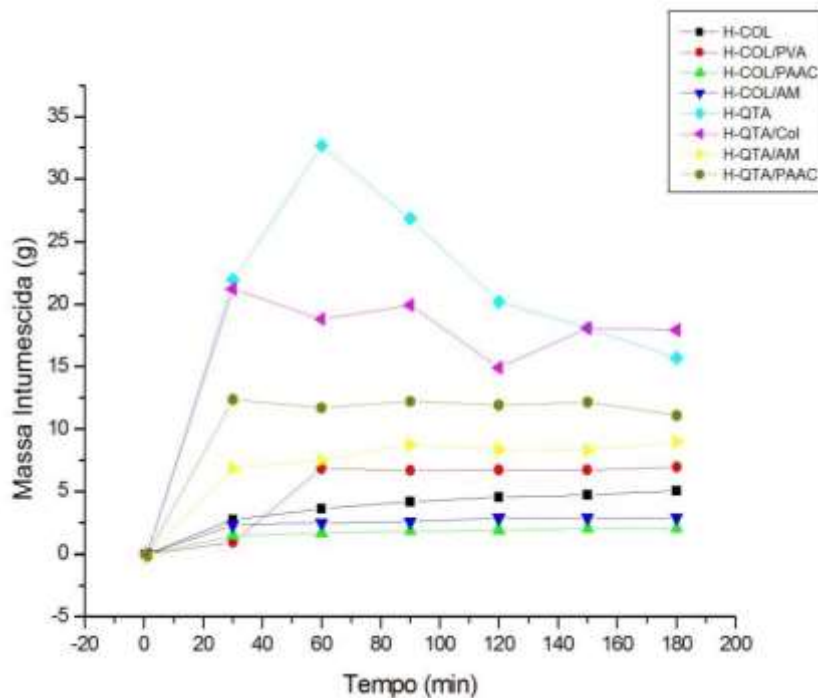


Figura 5. Curva de intumescimento dos hidrogéis a base de colágeno e quitosana. Fonte: Autoria Própria.

Pode-se observar através da Figura 5 que o hidrogel H-QTA, apresentou o maior coeficiente de intumescimento no tempo de 60 minutos, no entanto o grau do intumescimento sofre um decaimento com o passar do tempo. O hidrogel H-QTA/COL, apresentou um decaimento após 30 minutos, que vai até cerca de 120 minutos, quando ocorre um pequeno aumento no grau de intumescimento, seguido de uma estabilização. Os demais hidrogéis a base de quitosana não apresentam decaimento expressivos.

O decaimento expressivo observado no hidrogel composto apenas por quitosana podem estar como o equilíbrio de absorção de água e, além disso, pode estar ligado ao relaxamento da matriz polimérica que resulta na expulsão de água. Os demais hidrogéis a base de quitosana, sofrem o mesmo que o hidrogel composto apenas por quitosana, contudo apresentam em sua composição outro material polimérico que continuará absorvendo água (BORTOLIN *et. al.* 2009 e HOFFMAN, 2002);

Os hidrogéis a base de colágeno, apresentaram um grau de intumescimento, próximo, o que está associado a densificação da rede polimérica, ou seja, hidrogéis que possuem colágeno em sua composição possuem redes poliméricas mais densas o que interfere na absorção de água, contudo os hidrogéis a base de colágeno, não apresentando decaimento e também não atingirão o equilíbrio de absorção de água que deverá ocorrer em um tempo acima de 180 minutos.

Para determinar a concentração dos corantes, absorvidos pelos hidrogéis foi realizado uma leitura da varredura no equipamento que realiza espectroscopia na região do ultravioleta visível, para determinar qual comprimento de onda apresentava melhor absorvância referente a coloração apresentada pelos corantes. Ambas as leituras realizadas percorreram a faixa entre 900 a 300 nm. A curva obtida para os corantes estudados são apresentadas na Figura 6.

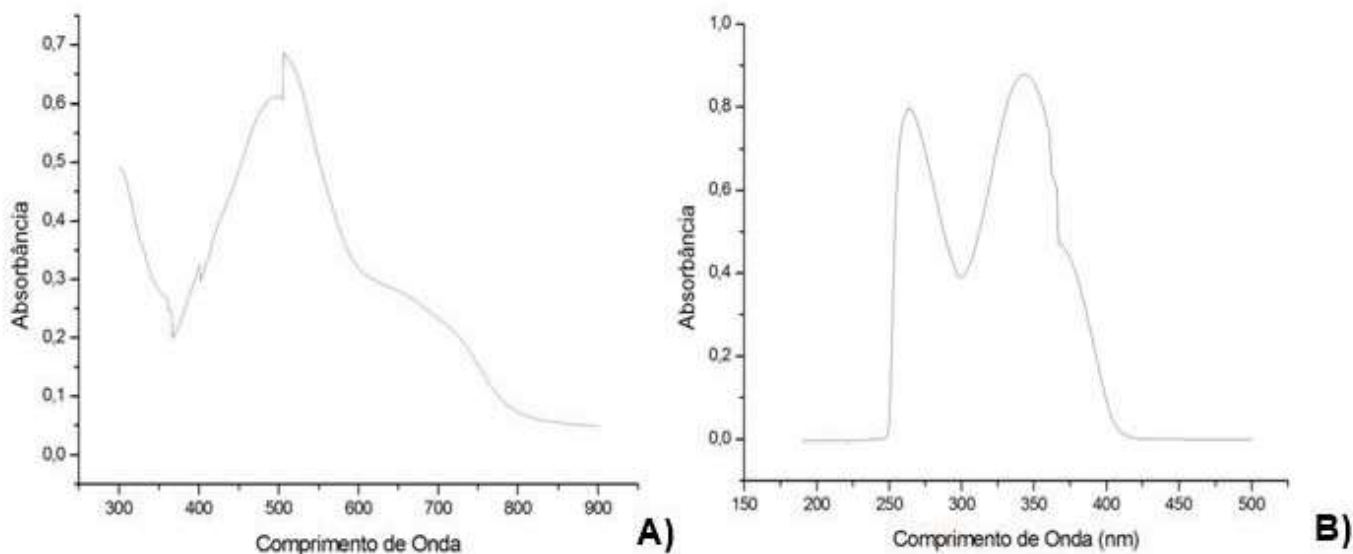


FIGURA 6. Gráficos das varreduras dos corantes: A) corante direto B) corante branqueador óptico. Fonte: Autoria Própria.

Na varredura para o corante tipo direto, foi observado uma descontinuidade no pico, devido a composição do corante, desta forma utilizou-se o comprimento de onda de maior absorvância, mais próximo da descontinuidade, sendo este de 560 nm, já a varredura para o corante tipo branqueador óptico foi observado dois picos de absorvância, sendo um deles na região do 344 nm e um próximo 300 nm, este caso, foi utilizado o pico correspondente ao maior comprimento de onda observado.

A partir dos comprimentos de onda determinados, realizou-se a leitura da absorvância de diferentes concentrações da solução padrão de corante a fim de construir uma curva de calibração, para a determinação da concentração dos corantes com o decorrer do tempo. As curvas de calibração do corante direto e do branqueador óptico são apresentadas na Figura 7.

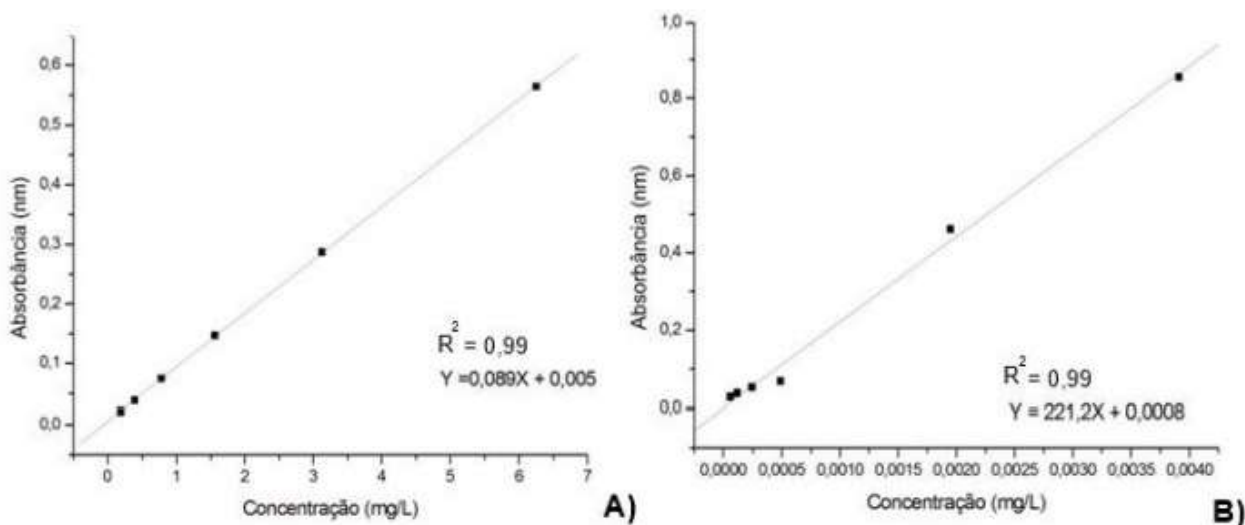


FIGURA 7. Curva de calibração dos corantes: a) corante direto b) corante branqueador óptico. Fonte: autoria própria



Para determinar a cinética de sorção do corante pelos hidrogéis, foi utilizado a diferença de concentração entre as concentrações do corante antes e após o experimento de sorção, para isso utilizou-se a Equação 2. O termo sorção é utilizado quando ocorrem os processos de absorção e adsorção de formas simultâneas ou quando não é possível distinguir a absorção da adsorção ou vice-versa. Uma isoterma de sorção é uma representação gráfica da concentração sorvida pela concentração remanescente em uma solução após um determinado período de tempo em equilíbrio estático (MORAIS, 2007, SOBRINHO, 2014).

$$q_e = ((C_o - C_e) * V) / M \quad (2)$$

Na qual q_e é a concentração do corante sorvido, C_o é a concentração inicial do corante, C_e é a concentração de equilíbrio no tempo t , V é o volume da solução utilizado e M é a massa do sorvente. A Figura 8 apresenta as isotermas de sorção para o corante do tipo direto para os hidrogéis a base de colágeno e quitosana.

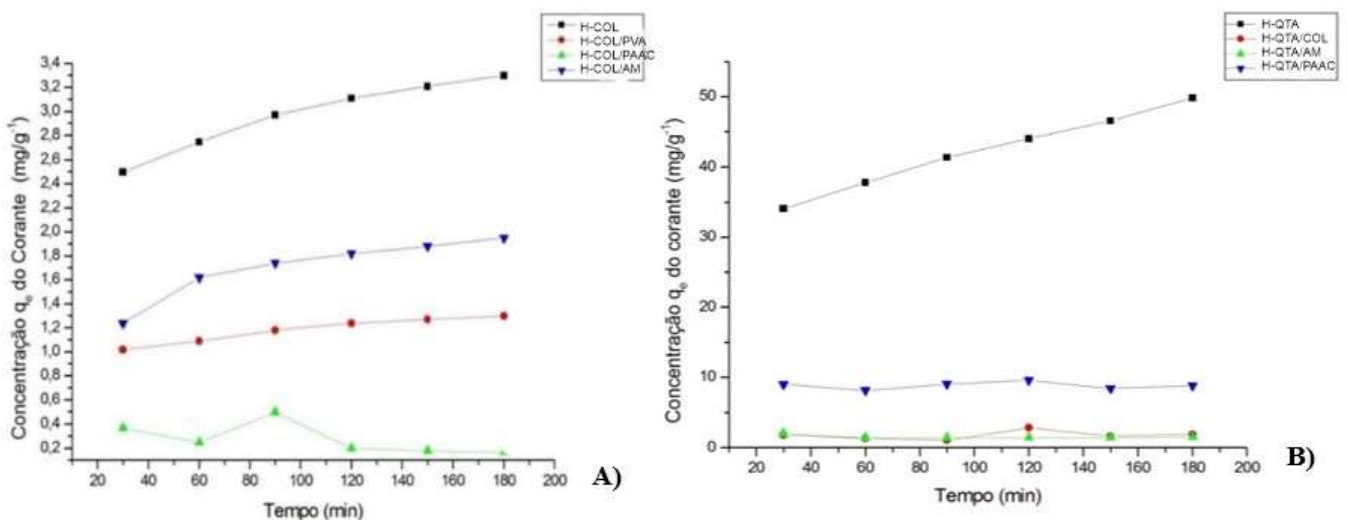


FIGURA 8. Isotermas de sorção para do corante direto com os hidrogéis a base de: A) Colágeno, B) Quitosana. Fonte: Autoria Própria.

Através das isotermas, apresentadas na Figura 8, pode observar que apenas um hidrogel a base de colágeno entrou em equilíbrio, sendo esse o hidrogel de H-COL/PAAC no tempo de 120 minutos. Os demais hidrogéis não entraram em equilíbrio de sorção, ou seja, conseguem absorver mais corante em um tempo maior que 180 minutos. Através dos dados obtidos pela isoterma, pode verificar que o hidrogel H-COL, apresentou mais afinidade com as moléculas do corante direto.

Já os hidrogéis a base e quitosana, o hidrogel H-QTA, apresentou o maior valor de sorção do corante, enquanto os demais hidrogéis entraram em equilíbrio no tempo de 120 minutos, logo pode-se afirmar que as moléculas do corante direto, possuem mais afinidade como as moléculas de quitosana, do que com os outros materiais poliméricos.

A Figura 9 apresenta as isotermas de sorção para o corante do tipo branqueador óptico para os hidrogéis a base de colágeno e quitosana.

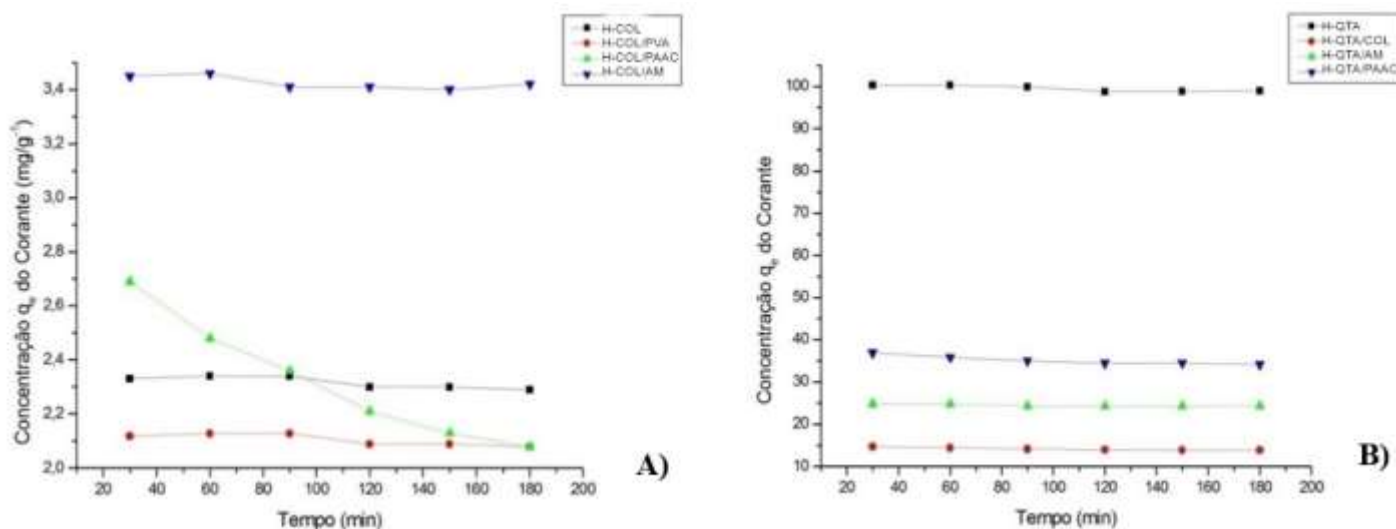


FIGURA 9. Isotermas de sorção para do corante branqueador óptico com os hidrogéis a base de: A) Colágeno, B) Quitosana. Fonte: Autoria Própria

Através das isotermas, apresentadas na Figura 9, pode-se observar que a tanto os hidrogéis a base de colágeno, com os a hidrogéis a base de quitosana apresentaram um certo equilíbrio, desde de 20 minutos, menos o hidrogel H-COL/PAAC, que apresentou um decaimento, indicando assim uma incompatibilidade entre as moléculas do corante e a matriz polimérica do hidrogel.

Contudo cabe destacar que o hidrogel H-COL/AM e o H-QTA, apresentaram grande afinidade com as moléculas do corante, sendo esses os hidrogéis que sorveram, mais corante entre os hidrogéis estudados para o corante do tipo branqueador óptico. A Tabela 1 apresenta a faixa de concentração de corante sorvida pelos hidrogéis.

TABELA 1. Faixa de Concentração de sorção dos corantes pelos hidrogéis

Hidrogel	Corante Direto	Corante Branqueador Óptico
	Faixa Concentração sorvida (mg/g^{-1})	
COL	2,4 á 3,4	2,2 á 2,4
COL e PVA	1,0 á 1,6	2,0 á 2,2
COL e PAAC	0, á 0,6	2,8 á 0
COL e AM	1,2 á 2,0	Acima de 3,4
QTA	30 á 50	Acima de 100
QTA e COL	0 á 5	10 á 20
QTA e AM	0 á 5	20 á 30
QTA e PAAC	0 á 10	30 á 40

Fonte: Autoria Própria



Através dos dados analisados, pode-se observar que os hidrogéis de H-COL e o de H-QTA apresentam maior sorção para o corante direto, e os hidrogéis HCOL/AM e H-QTA, apresentam uma maior sorção para o corante branqueador óptico, isso ocorrer devido a interação entre os grupos funcionais presentes na matriz polimérica e os grupos presentes nos corantes.

O hidrogéis de H-COL/PAAC, foi o que apresentou uma menor taxa de sorção, desta forma podemos dizer que não houve compatibilidade entre a estruturado hidrogel e do corante. Pode-se associar a sorção dos hidrogéis, com a composição dos corantes, assim como ocorre com a água no processo de intumescimento, substâncias que possuem grupos $-COOH$, NH_2 , possuem uma interação maior com a rede polimérica dos hidrogéis.

4 Considerações Finais

Os hidrogéis propostos apresentaram um bom grau de intumescimento, ou seja, apresentaram uma boa sorção de água, sendo que a massa intumescida aumentou cerca de 5 a 18 vezes de tamanho em relação a massa seca, ou seja, são bons sorventes em solução aquosa. Os hidrogéis a base de quitosana apresentaram um grau de intumescimento maior que os hidrogéis a base de colágeno, isso ocorre devido à densidade da matriz polimérica, enquanto os hidrogéis a base de quitosana apresentaram uma matriz mais leve, os hidrogéis a base de colágeno, apresentam uma matriz mais densa o que dificulta a sorção de solução aquosa, contudo os hidrogéis, a base de colágeno não apresenta decaimento do grau de intumescimento.

Foi observado que os hidrogéis H-QTA e H-COL, apresentaram uma maior sorção do corante direto sendo os valores sorvidos de 30 a 50 mg/g^{-1} , e 2,4 a 3,4 mg/g^{-1} respectivamente, além do fato desses hidrogéis não terem entrado em equilíbrio no tempo de 180 min, isso significa que se o hidrogel ficasse mais tempo em contato com a solução de corante ele poderia sorver uma quantidade maior de corante. Para os hidrogéis de H-QTA e H-COL/AM, apresentaram melhor sorção que os demais para o corante branqueador óptico, sendo dos valores sorvidos acima de 3,4 mg/g^{-1} e acima de 100 mg/g^{-1} respectivamente.

Com os resultados obtidos, pode-se dizer que hidrogéis a base de colágeno e quitosana, podem ser utilizados como alternativa para a remoção de corante do tipo direto e branqueador óptico. Esses resultados ainda possibilitam o estudo do uso de hidrogéis para os diferentes tipos de corantes utilizados pelas industriais têxteis.

Referências

COSTA JUNIOR, E. S. *Desenvolvimento de matriz de Quitosana/PVA, quimicamente reticulado para aplicação potencial em engenharia de tecido epitelial*. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2008.

COSTA, R. C. C.; LELIS, M. F. F.; OLIVEIRA, L. C. A.; FABRIS, J. D.; ARDISSON, J. D.; RIOS, R. V. A.; SILVA, C. N.; LAGO, R.M. Degradation of reactive dyes I. Remarkable effect of Co and Mn on the activity of $Fe_{3-x}M_xO_4$ promoted oxidation of organic contaminants in aqueous medium with H_2O_2 . *Catal Commun.* V.4, n. 10, p. 525-529, 2003.

BORNHAUSEN K.; SILVA, J.F.; DOMICIANO, M.G.; GON R. L. R.; SILVA, R. Síntese de hidrogéis de amido e colágeno através de ciclos de congelamento e descongelamento. In: 34º Reunião Anual da Sociedade



- Brasileira de Química, 2011, Florianópolis. Disponível em: <
<http://sec.sbgq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T2718-2.pdf>> acesso 18 de setembro de 2018 as 13:30.
- BORTOLIN A.; AOUADA F. A.; ELSON MATTOS E. L. L. H. C. Investigação do Processo de Absorção de Água de Hidrogéis de Polissacarídeo: Efeito da Carga Iônica, Presença de Sais, Concentrações de Monômero e Polissacarídeo, *Polímeros*, v 22, n4, p. 311-317, 2012.
- BRITO, C. W. Q.; RODRIGUESF. H. A.; FERNANDES, M. V. S.; SILVA, L. R. D.; RICARDO, N.M.P.S.; FEITOSA, J. P. A., MUNIZ, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. *Química Nova*, v. 36, n 1, 40-45, 2013.
- DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A.; OLIVEIRA, L.C.A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio *Quim. Nova*, v. 28, n.3, p.433-437, 2005.
- DOMICIANO, M.G.; SILVA, J.F.; BORNHAUSEN, K.; GON R. L. R.; SILVA, R. Hidrogéis para retenção e disponibilização de água para cultivo agrícola. *Revista brasileira de pesquisa em alimentos*, v.1,n. 2, p.121-124, 2010.
- GUARATINI, C. I. C.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p.71-78, 2000.
- HOFFMAN, A.S. Hydrogel for biomedical applications. *Adv. Drug Delivery Rev.*,v. 43, p.18-23 2002.
- HOUK, S. V. The genotoxicity of industrial wastes and effluents A review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicolog*, v. 277, n. 2, p. 91-138, 1992.
- KUNZ, A.; ZAMORA-PERALTA, P.; MORAES, S.G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n.1, p. 78-82, 2002.
- LEGRINI, A.; OLIVEROS, E.; BRAUN, A. M.; *Chem. Rev.* v.93, n. 2, p. 671-698, 1993.
- LUCENA, L. G.; SILVA, A. G.; HONÓRIO, L. M. C.; SANTOS, V. D. Remoção de corantes têxteis a partir de soluções aquosas por quitosana modificada com tioacetamida, *Ambi-Agua*, v. 8, n. 1, p. 144-154, 2013
- MORAES, P. R. F. S. de. *Estudo comparativo da membrana e do hidrogel de celulose bacteriana com colágeno em dorso de ratos*. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia- Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2013.
- MORAIS, A.W; *Estudo de sorção de um corante aniônico modelo de partículas de quitosana reticulada*. 109 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2007.
- PEPPAS N.A, BURES P, LEOBANDUNG W, ICHIKAWA H. *Eur J PharmBiopharm Hidrogels in pharmaceutical formulations*, v. 50, n1, p.27-46, 2000
- ROSOLEN, L. A.; MONTEIRO, R. T. R.; DELLAMATRICE, P.M.; KAMIDA, H.M. Biodegradação de efluente têxtil e nove corantes técnicos utilizando fungos basidiomicetos. *Química Têxtil*, n.75, p.44-53, 2004.
- ROYER, B. *Remoção de corantes têxteis utilizando casca de semente de Araucária angustifolia como biossorvente*. 68 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2008.
- SOBRINHO, N. G. A. *Estudo da sorção e da contribuição da troca iônica na dinâmica do ¹³⁷cs em solos altamente intemperizados*. 101 f. Dissertação (Radioecologia) – Pós-Graduação em Radioproteção e Dosimetria do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, – IRD, Rio de Janeiro, 2014.
- TERRONI, H. C.; JESUS, J.M.; ARTUZO, L.T.; VENTURA, L.V.; SANTOS, R.F.; DAMY-BENEDETTI, P. Liofilização. *Revista Científica UNILAGO*, p. 271-284, 2011.
- ZAMORA-PERALTA, P.; KUNZ, A.; MORAES, S.G.; PELEGRINI, R.; MOLEIRO, P. C.; REYES, J, DURÁN, N. Degradation of reactive dyes I. A comparative study of ozonation, enzymatic and photochemical processes. *Chemosphere - Global Change Science*, v. 38, n. 4, p. 835-852 2004.
- ZANONI, M. V. B.; CARNEIRO, P. A. O descarte dos corantes têxteis. *Revista Ciência Hoje*, v. 29, n. 174, p. 61-64, 2001.