

## Avaliação da Adsorção de Efluente Têxtil por Compósitos de Quitosana

Layla F. A. Freire, Washington J. F. Formiga, Mônica G. Lagden, Aline S. de Luna; Fernanda de L. Alves; Marcelo de A. Corrêa & Marcos Aurélio Gil Santos

Este estudo avaliou a remoção de cor de um efluente têxtil pelo processo de adsorção em compósitos de quitosana reticuladas e não reticuladas. Os resultados mostraram a influência da reticulação do material polimérico com Tripolifosfato de sódio (TPP) 1% na remoção de cor. No processo de adsorção, utilizando esferas de quitosana/poliamida reticuladas, pH natural do efluente e temperatura ambiente foi obtida remoção de cor acima de 82,8%.

**Palavras-chave:** *quitosana; poliamida; carvão.*

This study evaluated the color removal of textile effluent by the processo of adsorption in reticulated and non-reticulated chitosan composites. The results show the influence of polymeric material reticulation with sodium tripolyphosphate (TPP) 1% in color removal. In the process of adsorption using reticulated chitosan/polyamide spheres, natural pH of the effluent and ambient temperature, 82,8% color removal was achieved.

**Keywords:** *chitosan; polyamide; coal.*

## Introdução

A contaminação dos recursos hídricos pode ser apontada como um dos grandes problemas dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Sendo a água uma necessidade básica a sobrevivência dos seres vivos e tendo que ser de boa qualidade e disponível para o consumo humano, o seu tratamento tornam-se essencial. Os processos industriais contribuem significativamente e, dentre as várias fontes de contaminação, existem as indústrias têxteis devido à grande geração de efluentes com elevada carga poluente. A partir dos impactos gerados, as indústrias têm aumentado sua preocupação na reutilização dos banhos de descarte, procurando utilizar o mínimo de água possível de forma a viabilizar a produção sem afetar os custos nem a qualidade do produto. Dessa forma, o tratamento e reutilização de água nas indústrias tem sido colocado em pauta como mais um processo, e não só como um veículo na etapa de tingimento.

Efluentes da indústria têxtil possuem uma composição e concentração variadas, de acordo com o processo de produção utilizado; no geral, as águas residuais contêm inúmeros compostos dissolvidos, desde sais orgânicos, ácidos e bases, usualmente tóxicos, e fortemente coloridas. Além do volume excessivo de água necessária para os processos, ainda há o agravante dos contaminantes, principalmente dos corantes empregados.

Por apresentarem altas concentrações e toxicidade, os corantes tornam-se uma prioridade na questão de tratamento de efluentes. Vários métodos físicos e químicos são empregados para o tratamento de efluentes contaminados com corantes, tais como adsorção, eletroquímica, precipitação química, ozonização, separação por membranas seletivas e processos biológicos, sendo os processos de sorção o mais apropriado e utilizado.

Nas técnicas de adsorção, para remoção do corante, são empregados inúmeros materiais sendo o carvão ativado o mais utilizado comercialmente neste método, porém seu uso é limitado devido ao seu alto custo.<sup>1-8</sup> Materiais alternativos e de baixo custo vêm sendo estudados em substituição ao carvão ativado, como amido de milho ou quitosana. Estes materiais tendem a reagir com tipos

específicos de corantes, de acordo com sua composição química e interações formadas.

A quitosana (poli- $\beta$ - (1  $\rightarrow$  4) -2-amino-2-desoxi-D-glicose) é um polissacarídeo nitrogenado produzido em grandes quantidades pela desacetilação da quitina, em meio alcalino, sendo o principal componente presente no exoesqueleto dos artrópodes, Figura 1.4 É considerada um dos materiais mais promissores devido às suas propriedades físicas (estrutura macromolecular, não toxicidade, biocompatibilidade, biodegradabilidade, baixo custo) e aplicações em muitos campos (biotecnologia, medicina, membranas, cosméticos, indústria alimentar, etc.). É também aplicada em processos de adsorção, graças à presença de grupos amino e hidroxila em suas moléculas, que podem ser modificados quimicamente, a fim de aumentar sua capacidade de sorção contribuindo para possíveis interações entre quitosana e poluentes, tais como: corantes, metais, íons, fenóis, pesticidas, herbicidas, corantes e etc.

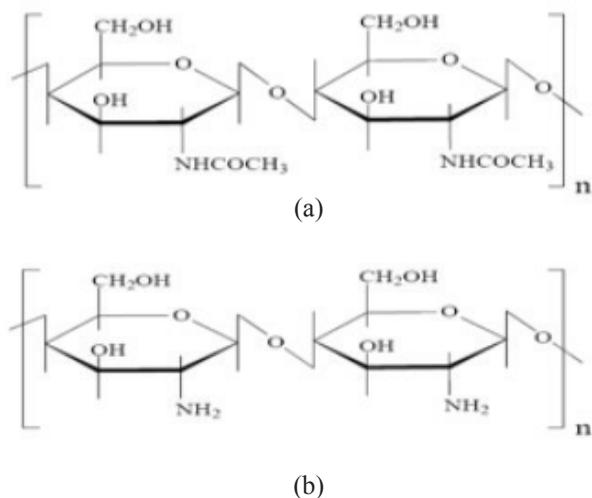
A quitosana possui ao longo de sua cadeia grupos amino, insolúveis em água. Em meio ácido (em torno de pH = 3), estes grupos sofrem protonação, se tornando solúveis em água e nestas condições apresentam afinidade com certos corantes, cuja composição normalmente apresentam grupos sulfônicos, estes corantes são denominados corantes ácidos ou aniônicos, que por sua vez possuem afinidade de interação por fibras amídicas, como de poliamidas (nylon 6.6), Figura 2.

Blendas de PAN/quitosana mostraram uma afinidade maior pelo corante ácido do que a quitosana pura em pó e o carvão ativado. Foi observado que a aplicação da quitosana em concomitância com um polímero sintético, aumentou a adsorção do corante devido a uma maior superfície de contato que proporcionou uma melhor interação. Uma blenda náilon 6,6/quitosana 80/20 apresentou uma alta afinidade com corantes ácidos, sendo obtidos valores de remoção da cor superior a 95%.

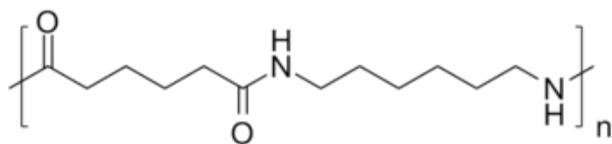
Quanto aos corantes, suas interações com a fibra têxtil normalmente se dão por uma espécie de adsorção. No caso dos corantes ácidos, que estão normalmente na forma de sais de sódio, possuindo o grupo sulfônico (-SO<sub>3</sub>H), que é

um eletrólito forte, completamente dissociado em pH ácido. Para o completo tingimento, homogêneo e permanente de fibras de poliamida, como o nylon, é necessário um meio ácido no qual todos os grupos amídicos encontram-se protonados, desta forma sendo um sítio ativo alvo para ataque nucleofílico dos corantes aniônicos ácidos, Figura 3, ocasionando uma reação ácido-base, característica deste tipo de adsorção.

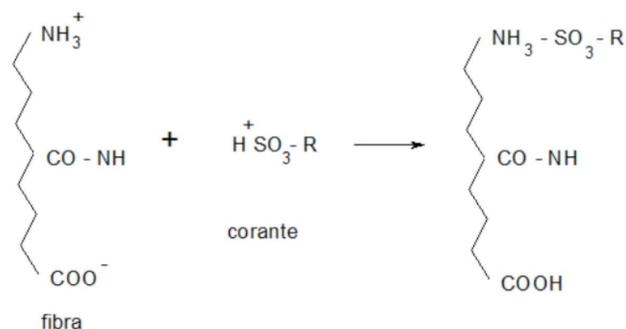
O que limita o uso da quitosana como material adsorvente, devido a sua solubilização, é o descarte de efluentes têxteis em meio fortemente ácido. Ao serem modificadas com agentes reticulantes, tais como o tripolifosfato de sódio (TPP), Figura 4, passam a apresentar uma maior estabilidade química, resistência mecânica e acaba por retardar a degradação química e biológica.



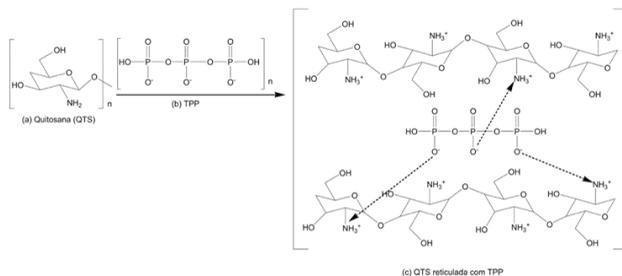
**Figura 1.** (a) Estrutura química da quitina; (b) Estrutura química da quitosana.



**Figura 2.** Estrutura química do monômero do nylon 6.6.



**Figura 3.** Mecanismo de tingimento da fibra poliamídica com corante ácido.



**Figura 4.** Representação da reticulação das cadeias de quitosana pela reação com o tripolifosfato de sódio (TPP).

A utilização de blendas contendo quitosana como adsorvente de corantes ácidos presentes em efluentes têxteis acaba gerando uma proposta alternativa; reduzindo os impactos causados por tais rejeitos no meio ambiente, visando à economia do consumo de água pela sua reutilização. Além disso, torna menor o consumo de corantes e produtos auxiliares pelo setor têxtil no processo de tingimento.

O presente trabalho tem como objetivo a formação de microesferas a partir da quitosana com material adsorvente como carvão vegetal e a poliamida. Assim o intuito do trabalho é promover o tratamento de efluente têxtil através da adsorção de corantes ácidos e possível reuso da água em outros processos como enxágues ou limpeza dentro da própria indústria.

## Experimental

### MATERIAIS

No presente estudo foi empregado o biopolímero quitosana com grau de desacetilação 85%, Polymar, Ácido Acético glacial P.A - A.C.S (CH<sub>3</sub>COOH, Audaz Brasil), Hidróxido de Sódio Micropérola (NaOH, Synth, P.A., MM= 40,00 g mol<sup>-1</sup> - teor: 98%), Álcool etílico P.A. Tripolifosfato de sódio- TPP, 85% (Sigma Aldrich), Carvão vegetal e Poliamida (Extraída de resíduos têxteis)<sup>9-20</sup>, efluente coletado a partir do tingimento da Lycra com corante ácido- Azul Telon BRL (Acid Blue 324), Figura 5, na Planta Piloto de Inovação do Senai Cetiqt - Unidade: Riachuelo.

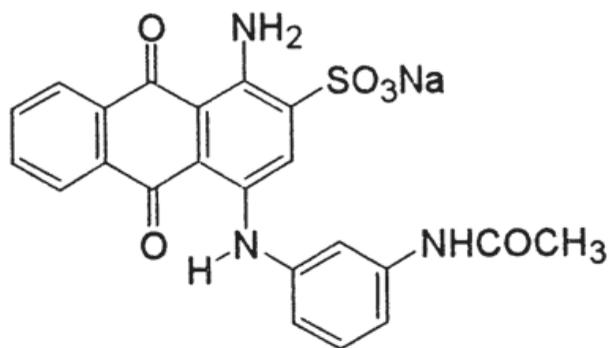


Figura 5. Estrutura molecular do corante Azul Telon BRL.

### PREPARO DO MATERIAL ADSORVENTE

Para a formação do compósito polimérico foram utilizados poliamida e carvão vegetal. A poliamida, extraída do resíduo da indústria têxtil, foi lavada com em álcool etílico P.A. e seca a 75°C por 20 minutos. O carvão vegetal utilizado foi macerado obtendo assim o carvão em pó.

### FORMAÇÃO DAS ESFERAS DE QUITOSANA

As esferas de quitosana foram preparadas utilizando duas metodologias distintas. Foram utilizados 5g do polímero dissolvidos em 100 mL de uma solução de ácido acético glacial P.A. (VETEC) 3% (v/v). Após 24 horas em repouso e à temperatura ambiente, 25°C, obteve-se uma solução viscosa. À esta solução viscosa foi adicionada massa de poliamida ou de carvão de forma a se obter uma solução com 5% (m/m).

No primeiro método de preparo, após a adição da poliamida ou do carvão, a solução foi gotejada em uma solução de NaOH, 2 mol.L<sup>-1</sup>. As esferas obtidas foram lavadas abundantemente com água destilada até que a água de lavagem atingisse pH 7,0. No segundo método de preparo, após a lavagem das esferas que foram formadas em solução de NaOH, essas foram transferidas para uma solução de Tripolifosfato de sódio com concentração de 1% (m/v) e mantidas em repouso por 24 horas. Posteriormente, todas as esferas foram secas à temperatura ambiente. A Tabela 1 apresenta as condições de preparo para as esferas.

### CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

A caracterização físico-química do efluente foi realizada por análises de pH, utilizando o pHmetro Tecnal TR107 PT-100. A Demanda química de oxigênio (DQO) foi determinada seguindo a metodologia do *Standard Methods*. As leituras de absorvância da análise de DQO foram realizadas no espectrofotômetro UV-visível (Global Analyzer, GTA- 96) no comprimento de 600 nm. A análise da absorvância máxima foi determinada utilizando o do comprimento de espectrofotômetro UV-visível (Global Analyzer, GTA- 96) no comprimento de onda máxima de 604 nm.

### GRAU DE RETICULAÇÃO

O grau de reticulação foi determinado através da massa seca das esferas não reticuladas e das esferas reticuladas. Para determinação do grau de reticulação, utilizou-se da Equação 1 a seguir. Em que m<sub>2</sub> e m<sub>1</sub> correspondem às massas das microesferas reticuladas secas e das microesferas não reticuladas secas, respectivamente.

## ENSAIO DE MICROGRAFIA ELETRÔNICA

As análises microscópicas foram realizadas por meio do microscópio binocular (BioBlue.Lab - Euromex) com a intenção de observar a morfologia das esferas.

## ENSAIO DE ADSORÇÃO

Os ensaios de adsorção foram realizados em reator de vidro de 100mL, sob agitação mecânica constante de 150 rpm. As esferas de quitosana, 0,5g, foram adicionadas a 40 mL de efluente. Nos ensaios, foram avaliados os seguintes parâmetros: as esferas, o pH, tempo e temperatura. Ao término de cada ensaio, foi analisada a remoção de cor através da absorbância, em 604nm, por espectroscopia UV-Vis. A Tabela 2, apresenta os ensaios realizados.

$$GR(\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

Tabela 1. Condições de preparo das esferas de quitosana.

Ensaio	Esferas	Condições de preparo
1	ESF 1	Quitosana gotejadas em NaOH.
2	ESF 2	Quitosana gotejadas em NaOH + TPP1%.
3	ESF 3	Quitosana + Poliamida gotejadas em NaOH.
4	ESF 4	Quitosana + Poliamida gotejadas em NaOH + TPP1%.
5	ESF 5	Quitosana + Carvão gotejadas em NaOH.
6	ESF 6	Quitosana + Carvão gotejadas em NaOH + TPP1%.

Tabela 2. Parâmetros estudados nos ensaios de adsorção.

Ensaio	Tipo de material	pH	Tempo	Temperatura (°C)
1	ESF 1	3,0	18	25
2	ESF 1	8,0	18	25
3	ESF 1	4,0	15	25
4	ESF 2	4,0	15	25
5	ESF 3	4,0	15	25
6	ESF 4	4,0	15	25
7	ESF 5	4,0	15	25
8	ESF 6	4,0	15	25
9	ESF 1	4,0	9	40
10	ESF 3	4,0	9	40
11	ESF 5	4,0	9	40
12	ESF 2	4,0	9	25
13	ESF 4	4,0	9	25
14	ESF 6	4,0	9	25
15	ESF 2	4,0	9	40
16	ESF 4	4,0	9	40
17	ESF 6	4,0	9	40
18	ESF 2	4,0	9	60
19	ESF 4	4,0	9	60
20	ESF 6	4,0	9	60

## Resultados e Discussões

O efluente do tingimento da Lycra possui pH igual a 4,1, demanda química de oxigênio igual a 2824 mg O<sub>2</sub>/L. A absorbância máxima foi obtida no comprimento de onda de 604nm. As análises de remoção de cor foram efetuadas neste comprimento de onda.

As esferas produzidas para o ensaio de adsorção podem ser observadas. As esferas de quitosana e quitosana/poliamida possuem cor amarelo claro e após o processo de secagem obtiveram cor marrom. Já as esferas contendo quitosana/carvão possuem cor cinza antes e após a secagem. A adição de poliamida e carvão a quitosana torna, visivelmente, as esferas mais resistentes. Tais adições

tiveram o objetivo de aumentar a eficiência da quitosana no processo de adsorção.

Foi observado no processo de secagem que as esferas diminuíram significativamente o seu tamanho, devido à perda de água, adquirida no processo de produção. Tabela 3 apresenta a porcentagem de massa, referente à umidade, perdida no processo de secagem em temperatura por 6 dias, peso constante.

**Tabela 3.** Perda de umidade das esferas no processo de secagem.

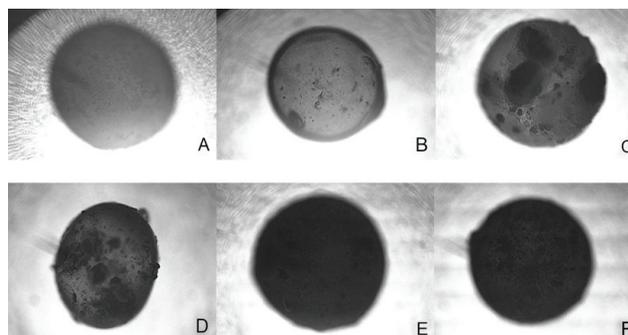
Ensaio	Esferas	Perda de umidade (%)
1	ESF 1	88,9
2	ESF 2	93,3
3	ESF 3	87,3
4	ESF 4	93,4
5	ESF 5	80,9
6	ESF 6	88,7

A análise do grau de reticulação mostrou que as esferas sofreram reticulação acima de 93,0%. A Tabela 4 apresenta o grau de reticulação para as esferas de quitosana, quitosana/poliamida e quitosana/carvão.

**Tabela 4.** Grau de reticulação das microesferas de quitosana, quitosana/poliamida e quitosana/carvão.

Tipo de adsorvente	Grau de reticulação (%)
Quitosana + TPP 1%	94,5%
Quitosana/poliamida + TPP 1%	93,0%
Quitosana/carvão + TPP 1%	93,7%

Com as esferas secas, foram realizadas as análises de micrografia com a finalidade de observar o formato e opacidade das esferas, Figura 6. Foi observado que as amostras possuem forma esférica, com variações de cor e textura dependendo da sua origem de formação.



**Figura 6.** Esferas secas no microscópio: (A) Quitosana; (B) Quitosana + TPP 1%; (C) Quitosana/Poliamida; (D) Quitosana/Poliamida + TPP 1%; (E) Quitosana/Carvão; (F) Quitosana/Carvão + TPP 1%.

Como abordado na parte experimental, foram realizados 20 ensaios de forma a alterar alguns parâmetros como o pH, temperatura e tempo de contato, que podem interferir nos resultados da adsorção. Segundo Barcellos et al. (2008)<sup>4</sup>, o pH ácido entre 3-4 do efluente seria favorável à remoção de cor. Contudo, foi verificado no ensaio preliminar para o processo de adsorção que o pH alcalino ou ácido não influenciou na remoção de cor. A Tabela 5 apresenta o ensaio realizado em pH 3,0 e pH 8,0, temperatura ambiente e tempo de 18 horas.

**Tabela 5.** Resultados dos ensaios em pH ácido e em pH alcalino no processo de adsorção.

Ensaio	Tipo de Adsorvente	pH	(%) Remoção de Cor
1	ESF1	3,0	53,7
2	ESF2	8,0	53,4

O efluente obtido através do tingimento do tecido de Lycra possui o pH igual a 4,1. Conforme o resultado obtido nos ensaios preliminares, foi determinado que o pH de estudo seria o pH do efluente na saída do processo de tingimento.

Após a escolha do pH ótimo, foi avaliado em pH 4,1, o tipo de adsorvente em 15 horas de processo de adsorção à temperatura de 25°C.

**Tabela 6.** Resultados dos ensaios de adsorção em pH 4,1, para a avaliação do tipo de esferas em 15 horas de adsorção.

Ensaio	Tipo de Adsorvente	(%) Remoção de cor
3	ESF 1	45,7
4	ESF 2	85,3
5	ESF 3	50,3
6	ESF 4	83,2
7	ESF 5	46,8
8	ESF 6	83,6

Nos ensaios de 3 a 8, observou-se que as esferas que passaram pelo processo de reticulação (ESF2, ESF4 e ESF6) foram mais eficientes. A remoção de cor utilizando essas esferas foi superior a 83,0% e as esferas não reticuladas promoveram remoção de cor de aproximadamente 46%. Este fator foi observado supostamente devido à melhor organização da molécula de quitosana causado pela ação reticulante do TPP, como pode-se observar na Figura 5, expondo de forma mais uniforme os grupos amino carregados positivamente responsáveis pela interação com o corante ácido adsorvido. Após a verificação de que as esferas com reticulação removeram a cor do efluente com maior eficiência, foi avaliado o tempo de adsorção.

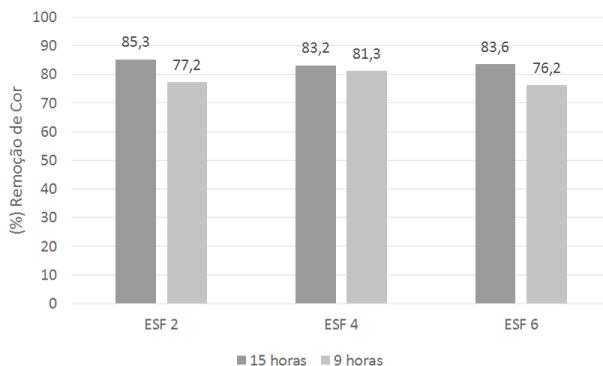
A Figura 7 apresenta os resultados de remoção de cor em pH 4,0, temperatura igual a 25°C e tempo de adsorção de 15 horas e 9 horas. Pode-se verificar que para as esferas de quitosana e quitosana/carvão houve um aumento da remoção de aproximadamente de 8% e para as esferas de quitosana/poliamida não houve aumento significativo.

A variação da temperatura também foi um parâmetro estudado com as esferas reticuladas com TPP 1%. Os ensaios de adsorção foram feitos em temperaturas iguais a 25°C, 40°C e 60°C com a finalidade de avaliar a influência do aumento da temperatura na remoção da cor do efluente. A Figura 8 apresenta os resultados obtidos na avaliação da influência da temperatura no processo de adsorção.

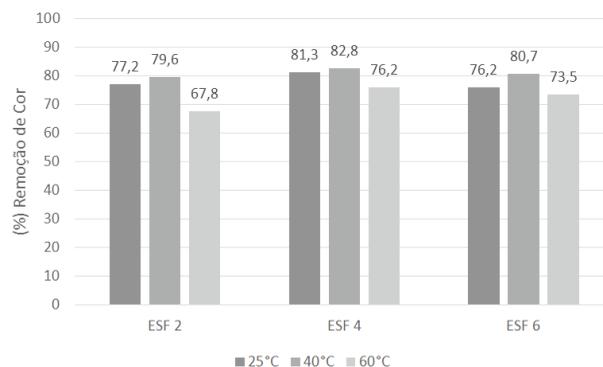
O tempo de contato estipulado segue condizente como determinado por estudos da cinética química, e das temperaturas empregadas, as de 40°C foram as que

obtiveram melhores resultados. Já nas de 60°C, por ser uma temperatura mais elevada, pode ocasionar a solubilização da quitosana não sendo tão eficiente na remoção de cor.

Apesar de os resultados serem bastante próximos, à temperatura de 40°C se mostrou de forma ideal para aplicação da técnica de adsorção como mencionado na literatura. A combinação da quitosana com a poliamida e carvão vegetal também se mostram eficientes em relação à quitosana pura.



**Figura 7.** Remoção de cor utilizando as esferas de quitosana reticuladas com TPP1% (ESF2), quitosana/poliamida reticuladas com TPP1% (ESF4) e quitosana/carvão reticuladas com TPP1% (ESF6).



**Figura 8.** Resultado da remoção de cor com o aumento da temperatura utilizando as esferas de quitosana reticuladas com TPP1% (ESF2), quitosana/poliamida reticuladas com TPP1% (ESF4) e quitosana/carvão reticuladas com TPP1% (ESF6).

## Conclusão

Dentre as amostras analisadas, as que obtiveram resultado mais satisfatório foram as esferas compostas por quitosana com adição de poliamida e reticuladas com TPP a 1%, em todas as condições de temperatura testadas. Portanto, comparando a eficiência de ambas, a que possui melhor resultado no tratamento do efluente é a analisada na temperatura de 40°C, em que se obteve a remoção de cor de 82,8% do efluente contendo o corante ácido Azul Telon BRL. Porém, a partir da análise dos resultados, o aumento da temperatura torna-se desnecessário para um aumento de 1,5% de diferença para a amostra de 25°C, concluindo que o dispêndio de energia não proporciona uma otimização significativa do resultado obtido sem aquecimento.

O trabalho apresentado procura sugerir questões de reaproveitamento, como a utilização de rebarbas de tecidos de poliamida; a utilização da carapaça dos crustáceos, que são recursos abundantes na indústria pesqueira e que em muitos casos são considerados poluentes, para a síntese da quitosana; reutilização dos banhos de tingimento pós tratamento de forma a diminuir o consumo de água e matéria-prima utilizados por esse processo; além de minimizar os impactos ambientais gerado pelo descarte errôneo desses.

## Referências

1. Barcellos, O. Ivonete; ANDREAUS, Jürgen; BORGES, K. Josélia. Blenda de Náilon-6,6/ Quitosana como Adsorvente de Corantes Ácidos para Reutilização das Soluções de Corantes Tratadas em Tingimentos de Poliamida. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* [online]. **2008**, vol.18, n.3, pp. 215-221. Departamento de Química, FURB.
2. Battisti, A. Maria. Estudo da adsorção de corantes ácidos em blendas de poliamida-6,6/quitosana e reutilização das soluções em tingimentos de poliamida. *Dissertação de Mestrado, Universidade Regional de Blumenau, Brasil, 2006*.
3. Andrade, Sônia M. B.; Ladchumananandasivam, Rasiah. Biopolímero Quitina: Extração E Caracterização. *11º Congresso Brasileiro de Polímeros, Campos do Jordão, São Paulo- SP*.
4. Kimura, Y. Irene. Remoção de Corantes Reativos Contendo Grupos Vinilsulfona e Triazina por Adsorção e Coagulação/Floculação com Quitosana. *Tese do curso de Pós-Graduação em Química, UFSC. Florianópolis, SC. 2001*.
5. Santos, André Luiz; Siqueira, Marcelo da Cruz. *Processo de Hidratação em Poliamidas Injetadas- Trabalho de conclusão de Curso, São José dos Campos, 2011*.
6. Santos, Renata Alves; Oliveira, José Ricardo Loiola. *Minicurso Sobre Tingimento De Fibras De Poliamida E Poliéster: Uma Contribuição Para Formação Do Técnico Em Química- Trabalho de conclusão de curso, Barbacena- MG, 2014. Fernandes, C. Suellen; Vieira, C. Iolanda. Imobilização Da Lacase Em Micropartículas De Quitosana Obtidas Por Spray Drying E Usadas Na Construção De Biossensores. Quim. Nova, Vol. 32, No. 5, 1195-1201, 2009*.
7. Laranjeira, Mauro C. M. e Fávère, Valfredo T. *Quitosana: Biopolímero Funcional Com Potencial Industrial Biomédico. Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 672-678, 2009*.
8. Paciello, P. D. Igor; Hercules, A. Izabella; BOIA, B. Thais; Formiga, Washington. *Estudo da destinação dos descartes de poliamida e serragem para fabricação de compósitos polifenólicos. Projeto final de curso, Senai Cetiqt, Rio de Janeiro*.
9. Guaratini, C. I. Cláudia; Zanoni B. V. Maria. *Corantes Têxteis. Química Nova* [online]. **2000**, vol.23, n.1, pp.71-78. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, UNESP. Araraquara, SP.
10. F. S. de O. Cruz, F. T. Vieira, A. B. dos Reis. *Obtenção De Esferas De Quitosana Para Estudo Do Comportamento Em Águas Poluídas Artificialmente Com Metais Pesados. COBEQ, 12 a 22 de outubro de 2014, Florianópolis/SC*.
11. Rejane Celi Goy; ODILIO B.G. Assis; SÉRGIO P. Campana- Filho. *Produção de Esferas de Quitosana. Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, São Paulo, n° 33, Julho/ Dezembro 2004*.
12. Costa Jr, S. Ezequiel; MANSUR, Herman Sander. *Preparação E Caracterização De Blendas De Quitosana/Poli(Álcool Vinílico) Reticuladas Quimicamente Com Glutaraldeído Para Aplicação Em Engenharia De Tecido. Quim. Nova, Vol. 31, No. 6, 1460-1466, 2008*
13. Felipe, O. Lorena; RABELLO A., Lucas; SANTOS, Igor José B. *Quitosana: da Química Básica à Bioengenharia. Quim. Nova. – São Paulo-SP, BR. Vol. 39, N° 4, p. 312-320, NOVEMBRO 2017*.
14. Silva, F. Divânia; LUNA, B. Carlos. *Blendas Poliméricas: Conceitos, Obtenção E aplicações. Revista de Engenharia e Tecnologia. Vol. 8, No. 1, Abr/2016*.
15. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (1992). New York APHA AWWA WPCF*.
16. Lima, Cristina Federicci. *Potenciais aplicações da quitosana nas áreas de biotecnologia, agroindústria e farmacêutica. Monografia de conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Química - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2015*.

17. Beppu, Marisa M.; Arruda, Eduardo J. e Santana, Cesar C. Síntese e Caracterização de Estruturas Densas e Porosas de Quitosana. *Polímeros: Ciência e Tecnologia - Out/Dez - 99*.
18. Maria Batista Chagas, P.; Esteves Nogueira, G. (USP) e Ariel Torres, J. Caracterização Das Esferas De Quitosana. 53º Congresso Brasileiro de Química no Rio de Janeiro/RJ, de 14 a 18 de outubro de **2013**.
19. Porto, Ledilege C.; Cristiano Cláudia M. Z. e Soldi, Valdir. Efeito Do Processo De Reticulação Em Filmes Formados Por Gelatina E Poli(Acrilamida-co- Ácido Acrílico) Com Potencial Aplicação Em Embalagens. 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. 7 a 11 de outubro de **2007**, Campina Grande/PB.
20. Gonçalves, Vanessa Lima; Laranjeira, Mauro C. M.; Fávere, Valfredo, Drago, Valderes. Liberação De Ferro (III) De Microesferas Reticuladas De Quitosana. *Visão Acadêmica, Curitiba*, v.6, n.1, Jan. - Jul./**2005**.

---

Layla F. A. Freire\*, Washington J. F. Formiga, Mônica G. Lagden, Aline S. de Luna; Fernanda de L. Alves; Marcelo de A. Corrêa & Marcos Aurélio Gil Santos

Coordenação da Escola Técnica, Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, Rua Magalhães Castro, 174, Riachuelo, Rio de Janeiro – RJ, 200961-020.

\*E-mail: [lfreire@cetiqt.senai.br](mailto:lfreire@cetiqt.senai.br)