

ÁREA e SUB-ÁREA: QUÍMICA / QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL

ANÁLISE DE ADSORÇÃO DAS FIBRAS DO MESOCARPO DO COCO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E BUCHA VEGETAL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES

Maria Alice Spadarotto Neves AGUIAR¹; Maria Eduarda Azevedo NOLASCO¹; Maria Regina Magalhães de SOUZA¹, Juliana Vanir de Souza CARVALHO²

¹*Discentes do Curso Técnico em Química do Instituto Federal Fluminense campus Itaperuna - RJ; e-mail: mariareginamagalhaes1999@gmail.com*

²*Professora Mestre do Instituto Federal Fluminense campus Itaperuna - RJ;*

RESUMO

A água contaminada tem gerado muitas doenças e problemas para o meio ambiente. Dentre as variadas maneiras pelas quais ela pode se contaminar, destaca-se a contaminação por corantes. Estes podem ser submetidos a alguns tipos específicos de tratamento com adsorventes para sua remoção. Nestes casos, a técnica de adsorção é bastante utilizada por sua eficiência, porém, alguns adsorventes utilizados nas indústrias possuem um custo elevado e, isso faz com que muitas delas desistam de implantar uma gestão ambiental adequada. Este trabalho teve como objetivo analisar adsorventes naturais alternativos para o processo de tratamento de águas contaminadas por corantes. A análise foi feita por meio do processo de biossorção, onde o composto biológico é o adsorvente, tendo sido utilizados os adsorventes: carvão ativado comercial, padrão de referência, o bagaço de cana-de-açúcar, a bucha vegetal e o mesocarpo do coco. Inicialmente, cada adsorvente foi testado com o corante azul de metileno em diferentes tempos de contato e valores de pH da solução, a fim de descobrir qual deles apresentavam melhor desempenho. A partir dos resultados, aplicaram-se os procedimentos num efluente de lavanderia local. O nível de corante retirado foi medido através do valor da absorbância pelo equipamento de espectrofotometria UV-Vis. As análises mostraram que o bagaço de cana-de-açúcar e o mesocarpo do coco foram os adsorventes com maior potencial, para remover corantes.

PALAVRAS-CHAVE: Biossorção; Cana-de-açúcar; Bucha vegetal; Coco.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade do tratamento da água em determinadas situações específicas como, por exemplo, a contaminação por corantes estão cada vez mais presentes nas indústrias e, quando estes são descartados de forma incorreta, prejudicam a vida dos seres aquáticos, além de causar doenças. “Com suas intensas colorações, os corantes restringem a passagem de radiação solar, diminuindo a atividade fotossintética natural, e causando toxicidade aguda e crônica destes ecossistemas” (SOUZA, 2009).

Anualmente, as indústrias têxteis consomem cerca de 20 toneladas de corantes e 2/10 deles são descartados. Isso é ocasionado, principalmente, pela fixação incompleta do corante às fibras. (KUNZ et al., 2002; DALLAGO & SMANIOTTO, 2005). Estes são submetidos a alguns tratamentos para sua remoção da água, dando ênfase ao uso de adsorventes.

A técnica de adsorção é muito utilizada por ser simples e eficaz, fundamentando-se na transferência e adesão de um composto na fase líquida para a superfície de uma fase sólida, sendo reversível na maioria dos casos. (MARINHO, 2015). É usada frequentemente em indústrias têxteis para retirar resquícios de corantes nos efluentes, pela quimissorção, formando a ligação resultante de uma reação química. (NASCIMENTO et al., 2014). Porém, alguns adsorventes trazem preços elevados e, isso faz com que muitas fábricas desistam de implantar uma gestão ambiental descente (CUNICO et al., 2009).

Diante desses obstáculos, diversos estudos têm sido realizados aspirando encontrar a forma mais econômica de tratamento, dentre eles a biossorção, que é determinada como uma subcategoria da adsorção, sendo o adsorvente um composto biológico. Os principais aspectos convenientes são o baixo custo e a capacidade de regeneração dos adsorventes, ampla eficiência e baixo investimento inicial visto que a obtenção na matéria prima vem de resíduos industriais (FERREIRA, 2014), ou seja, uma boa alternativa sustentável para as indústrias.

Independentemente do processo – físico ou químico – é preciso considerar os vários fatores que a adsorção compreende, como: natureza do adsorvente, do adsorvato e das condições operacionais. As características do adsorvente incluem: área superficial, tamanho do poro, densidade, grupos funcionais presentes na superfície e hidrofobicidade do material. Por outro lado, a natureza do adsorvato depende da polaridade, do tamanho da molécula, da solubilidade e da acidez ou basicidade. As condições operacionais incluem, principalmente, temperatura, pH e natureza do solvente (NASCIMENTO et al., 2014).

Algumas distorções ocorrem nas análises devido a interferências, como: tempo, pH e área superficial. No tempo é mostrado quando o sistema biossorvente e adsorvente encontram o equilíbrio, acontecendo após o adsorvente atingir sua capacidade máxima de adsorção (VAGHETTI, 2009). A influência de pH é dada pela concorrência por grupos funcionais dispostos na superfície do biossorvente (VAGHETTI, 2009), que a partir da afinidade proporcionam interações eletrostáticas, devendo ocorrer com cargas opostas, visto que com cargas semelhantes decorrem repulsões eletrostáticas (NASCIMENTO et al., 2014). Já na área superficial, a adsorção está envolvida com a relação de contato entre superfícies, logo, área superficial e adsorção são equipotentes (NASCIMENTO et al., 2014).

Sendo um corante de diversas utilidades, o azul de metileno, é muito aplicado em tecidos de roupas, tintas provisórias de cabelo e até nas folhas de papel. Por ser muito aderente a materiais fibrosos sólidos, o azul é muito manipulado nos testes com retirada de corantes. Visto como modelo, ele atua junto com o solvente para realizar estes processos.

São exemplos eficientes de biossorventes: a bucha vegetal, o bagaço da cana-de-açúcar e o mesocarpo do coco; pois além de serem facilmente encontrados e descartados, tornando-se futuros poluentes, possuem alta capacidade adsorvativa.

A bucha vegetal, também conhecida como *Luffacylindrica*, é uma fibra forte, porosa, fina e resistente, composta por celulose e hemicelulose. Juntamente a pectina, celulose e glicoproteínas, essas cadeias formam as paredes celulares vegetais. Apresenta características significantes, como: baixa densidade, alta porosidade, resistência a altas temperaturas, alto volume específico, fonte natural e renovável, biodegradável e baixo custo (MEDRADO, 2011; ANTUNES, 2016).

O bagaço de cana-de-açúcar ou *Saccharumofficinarum* L é o resíduo obtido após a moagem da cana e é rico em fibras orgânicas e em polissacarídeos, como a celulose e a hemicelulose. Também está contida nessa massa orgânica a lignina, que compõe mais de 75% da biomassa vegetal e conferem resistência mecânica à planta. O restante da biomassa é composta por substâncias como proteínas, óleos vegetais e minerais (SOARES, 2012). Além da geração de energia elétrica, o bagaço pode ser utilizado ainda para a produção de papel e papelão, aglomerados, ração animal e adubo.

As fibras do mesocarpo do coco (*Cocos nucifera* L) apresentam estruturas firmes e rígidas (MATHAI, 2005). Segundo Corradini, et al. (2009), a fibra do coco verde por ser constituída de carboidratos como lignina e celulose, podem ser utilizadas na obtenção de açúcares fermentáveis para a preparação de etanol lignocelulósico. Mas por possuir nível elevado de tanino, um elemento tóxico, o mesocarpo não é visto como algo viável para os agricultores de campo em usos alternativos. O mesmo acredita-se prejudicar no crescimento de alguns vegetais (PEDRA et al., 2006).

Este trabalho tem por objetivo obter adsorventes naturais alternativos para o processo de tratamento de águas contaminadas com corantes por meio do processo de adsorção, utilizando-se como adsorventes: carvão ativado comercial (padrão de comparação), bagaço da cana-de-açúcar, bucha vegetal e mesocarpo do coco, a fim de descobrir quais os melhores biossorventes e as melhores condições de pH e tempo para a remoção de corante, posteriormente aplicando numa amostra real de efluente de lavanderia local.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Adsorção

A adsorção fundamenta-se na transferência e adesão de um composto na fase líquida para a superfície de uma fase sólida. Convencionou-se que a fase sólida é chamada de adsorvente e a fase líquida de adsorvato. Essa técnica normalmente é reversível quando não há alterações nas suas condições iniciais, como temperatura, pH e pressão (MARINHO, 2015).

A adsorção pode ser classificada em: física (fisissorção) e química (quimissorção). No caso de adsorção física, a ligação do adsorvato à superfície do adsorvente envolve uma interação relativamente fraca que pode ser atribuída às forças de Van der Waals, que são similares às forças de coesão molecular. Diferentemente, a quimissorção, a qual envolve a troca ou partilha de elétrons entre as moléculas do adsorvato e a superfície do adsorvente, resultando em uma reação química. Isso resulta essencialmente numa nova ligação química e, portanto, bem mais forte que no caso da fisissorção (NASCIMENTO et al., 2014).

A biossorção é determinada como uma subcategoria da adsorção, sendo o adsorvente um composto biológico. Os principais aspectos convenientes são o baixo custo e a capacidade de regeneração dos adsorventes, ampla eficiência e baixo investimento inicial visto que a obtenção na matéria prima vem de resíduos industriais (FERREIRA, 2014). É um processo que depende de vários fatores tais como: natureza do adsorvente, do adsorvato e das condições operacionais. As características do adsorvente incluem: área superficial, tamanho do poro, densidade, grupos funcionais presentes na superfície e hidrofobicidade do material. Por outro lado, a natureza do adsorvato depende da polaridade, do tamanho da molécula, da solubilidade e da acidez ou basicidade. As condições operacionais incluem, principalmente, temperatura, pH e natureza do solvente (NASCIMENTO et al., 2014).

Algumas distorções ocorrem nas análises devido a interferências como:

A) Influência do Tempo – Os tempos mostram quando o sistema biossorvente e adsorvente encontram o equilíbrio, acontecendo quando o adsorvente estiver atingido sua capacidade máxima de adsorção (VAGHETTI, 2009).

B) Influência do PH – A interferência é dada pela concorrência por sítios ativos (grupos funcionais dispostos na superfície do biossorvente) (VAGHETTI, 2009), que a partir da afinidade/carga proporcionam interações eletrostáticas. Essa relação deve ocorrer com cargas opostas, visto que com cargas semelhantes decorrem repulsões eletrostáticas (NASCIMENTO et al., 2014).

C) Influência da Área Superficial – Adsorção está relacionada a relação de contato entre superfícies, logo, área superficial e adsorção são equipotentes (NASCIMENTO et al., 2014).

2.2 Os corantes e a poluição

A origem dos corantes têxteis é incerta, mas sabe-se que a arte do tingimento é muito antiga (GUARATINI et al., 1999). Atualmente, aproximadamente 10.000 corantes são produzidos em escala industrial. Destes, cerca de 2.000 encontram-se disponíveis para a indústria têxtil. Anualmente, as indústrias têxteis no Brasil consomem cerca de 20 toneladas de corantes e 20% deles são descartados. (DALLAGO, 2005). Isso é ocasionado, principalmente, pela fixação incompleta do corante às fibras.

Nos últimos tempos, muito tem se discutido sobre a preservação ambiental, principalmente devido ao grande aumento da atividade humana e industrial que tanto degrada o meio ambiente. Os corantes são grandes poluentes hídricos, que além da poluição visual, também causam danos a biota local. "Com suas intensas colorações, os corantes restringem a passagem de radiação solar, diminuindo a atividade fotossintética natural, e causando toxicidade aguda e crônica destes ecossistemas" (SOUZA, 2009).

Para combater essa poluição, existe uma crescente busca por métodos alternativos para remoção de corantes. Destaca-se a adsorção, que além de ser efetiva, possui baixíssimo custo. Diversos biossorventes que, geralmente, são descartados como lixo, podem ser aplicados no processo de adsorção. Entre eles estão o bagaço da cana, madeira, mesocarpo do coco verde, bucha vegetal, etc. Além disso, em alguns casos, por não se tratar de um método destrutivo, possibilita a recuperação do corante sem perda de sua identidade química (CUNICO et al., 2009).

Sendo um corante de diversas utilidades, o azul de metileno, representado na Figura 1, é muito aplicado em tecidos de roupas, tintas provisórias de cabelo e até nas folhas de papel. Por ser muito aderente a materiais fibrosos sólidos, o azul é muito manipulado nos testes com retirada de corantes. Visto como modelo, ele atua junto com o solvente para realizar estes processos.

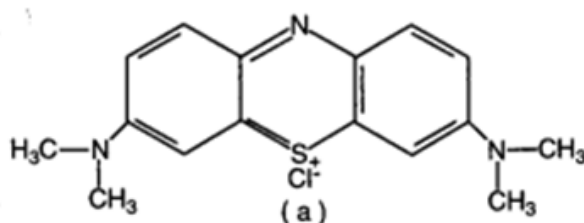


Figura 1: Estrutura molecular do azul de metileno.

A necessidade do tratamento da água surge muito em função desses corantes que estão cada vez mais presentes nas fábricas e, por serem descartados de forma incorreta, prejudicam a vida dos seres aquáticos. Devido a sua toxicidade, pesquisas são realizadas para mudar essas condições nocivas. De acordo com MERCK & CO (1952),

O corante denominado "azul de metileno" tem em química a nomenclatura "cloridrato de metiltiamina" ou "cloreto de 3,7-Bis(dimetilamino)fenilatianium", de composição química $C_{16}H_{18}SN_3Cl \cdot 3H_2O$. Trata-se de um corante catiônico, ou seja, que em solução aquosa dissocia-se em ânions cloreto e cátions "azul de metileno".

2.3 Fibras vegetais

2.3.1 Fibras da bucha vegetal

A bucha vegetal, também conhecida como *Luffacylindrica*, é uma fibra forte, porosa, fina e resistente, composta por celulose - monômeros de glicose que juntos, geralmente, constituem a parede celular das plantas. Outro componente essencial é a hemicelulose, que é a junção de polissacarídeos, esses por sua vez, formados por cadeias de pentoses e frutoses. Juntamente a pectina, celulose e glicoproteínas, essas cadeias formam as paredes celulares vegetais. Apresentam características significantes, como: baixa densidade, alta porosidade, resistência a altas temperaturas, alto volume específico, fonte natural e renovável, biodegradável e baixo custo (MEDRADO, 2011; ANTUNES, 2016).

2.3.2 Fibras da cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar ou *Saccharumofficinarum* L é o resíduo obtido após a moagem da cana e é rica em fibras orgânicas e em polissacarídeos (açúcares complexos), como a celulose e a hemicelulose. Também está contida nessa massa orgânica a lignina (biomassa lignocelulósica), que compõe mais de 75% da biomassa vegetal e conferem resistência mecânica à planta. O restante da biomassa é composta por substâncias como proteínas, óleos vegetais e minerais (SOARES, 2012).

No intuito de utilizar o bagaço de cana-de-açúcar de forma mais sustentável, muitas pessoas têm se dedicado a desenvolver estudos sobre o assunto. Segundo COELHO (2007), a cana contém cerca de 40-45% de celulose, 30-35% de hemicelulose e 25% de lignina. Além da geração de energia elétrica, o bagaço pode ser utilizado ainda para a produção de papel e papelão, aglomerados, ração animal e adubo. O excedente de bagaço que é descartado como lixo gera poluição, portanto pode ser considerado um problema ambiental.

2.3.3 Fibras do coco

Compostas em sua maioria por lignina e celulose, as fibras do mesocarpo do coco apresentam estruturas firmes e rígidas (MATHAI, 2005). Por essas características, essa fibra é muito estudada nos dias de hoje, a fim de aproveitá-la em vez de descartá-la como resíduo (FLORENTINO et al, 2011).

“A fibra, bem como seu pó, é obtida por meio da dilaceração, moagem e secagem do seu volumoso e fibroso mesocarpo. A fibra do coco verde por ser constituído de carboidratos como lignina e celulose, podem ser utilizadas na obtenção de açúcares fermentáveis (monossacarídeos) para a preparação de etanol lignocelulósico.” (CORRADINI et al., 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Revisão Bibliográfica

Realizou-se um trabalho de revisão bibliográfica sobre o tema, através da busca na literatura de artigos, que foram devidamente fichados, sendo possível escolher as fibras, os padrões e variações físico-químicas mais utilizadas para adsorção de corantes têxteis.

3.2 Obtenção e preparo dos Biossorventes

As fibras escolhidas como biossorventes para o desenvolvimento do estudo foram: *Luffaegyptiaca* (bucha vegetal), *Saccharumofficinarum* L (bagaço da cana-de-açúcar) e *Cocos nucifera* L (mesocarpo do coco verde). O bagaço da cana-de-açúcar e o coco verde foram coletados

pelo descarte de comerciantes, enquanto a bucha vegetal foi coletada na área rural do município de Itaperuna-RJ.

O mesocarpo de coco e o bagaço de cana de açúcar coletados foram desfiados e secos em estufa a 50 °C por 24 horas. Posteriormente, triturados em liquidificador, a fim de obter as fibras em pó ou em menor granulometria possível, aumentando assim sua superfície de contato.

A bucha vegetal foi usada in natura, já que possui alta porosidade (TANOBE et al., 2005) e grande superfície de contato. Portanto, só foi recortada com tesoura em pequenos fragmentos.

3.3 Construção da Curva de Calibração

Curva Padrão foi realizada a fim de obter as correlações entre absorvância e as concentrações do padrão. A partir da solução padrão de 100 mg/L de Azul de Metileno foram feitas diluições com propósito de obter os valores de absorvância das seguintes concentrações: 0 mg/L; 2 mg/L; 4 mg/L; 6 mg/L; 8 mg/L; 10 mg/L; 12 mg/L; 15 mg/L; 18 mg/L e 20 mg/L. A curva padrão foi construída no comprimento de onda de 665 nm, e os resultados foram ajustados em uma equação do primeiro grau ($y = ax + b$), onde Y é o valor da absorvância e X é a concentração.

3.4 Experimentos de adsorção com corante Azul de Metileno

O primeiro Experimento de Adsorção (1º EA) foi construído visando explorar os principais fatores que influenciam a adsorção. Foram elaborados 16 ensaios, onde variou-se e avaliou-se fatores como a qualidade da fibra (bucha, cana, coco), o valor de pH da solução de corante (4 e 9) e o tempo de contato entre a solução de corante e a fibra (3 e 4 horas). Além disso, foram realizados ensaios utilizando carvão ativado, que é largamente conhecido como bom adsorvente, para servir de comparação com os demais.

Pesou-se aproximadamente 0,2 g de cada biossorvente, em seguida adicionou-se 25,0 mL de soluções de Azul de Metileno (100 mg/L), sendo que as soluções tiveram os valores de pH ajustados previamente, onde para o pH ácido (pH 4) utilizou-se HCl e para o básico (pH 9) utilizou-se NaOH.

As fibras ficaram em contato com as soluções de corante durante 3 e 4 horas, com o objetivo de ajustar o melhor tempo de equilíbrio. Após o tempo pré-estabelecido, as amostras dos ensaios foram centrifugadas para separar o adsorvente da solução residual do corante, assim não gerando interferência de sólidos suspensos na análise do equipamento espectrofotômetro. Na sequência, as amostras foram quantificadas por espectrofotometria molecular no comprimento de onda de 665 nm. De posse dos valores de absorvância, os dados foram aplicados às curvas de calibração padrão, efetuando os cálculos das concentrações das soluções de corante residual.

De acordo com os resultados do primeiro Experimento de Adsorção (1º EA), realizou-se um segundo Experimento de Adsorção (2º EA), onde buscou-se adequar o tempo de equilíbrio da adsorção com as melhores condições observadas no experimento anterior. Assim, ajustou-se os ensaios para o melhor valor de pH para cada uma das biofibras estudadas (cana e bucha em pH básico e coco em pH ácido). Todos os procedimentos de preparação dos adsorventes, curva padrão, e ensaios de adsorção seguiram as mesmas recomendações anteriormente apresentadas, apenas organizou-se o experimento para estudar o tempo de equilíbrio de adsorção, onde foram montados ensaios com tempo de contato com a solução de: 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 180 minutos. A solução residual de cada ensaio foi centrifugada, teve sua absorvância analisada no espectrofotômetro (665 nm), na sequência foram feitos os cálculos da concentração.

3.5 Experimentos de adsorção aplicados em efluente de lavanderia

Os resultados dos experimentos realizados com o corante Azul de Metileno, foram decisivos para ajustar as possíveis melhores condições para adsorção do corante presente, no efluente gerado

em uma lavanderia da cidade de Itaperuna-RJ. Não foi possível identificar o corante específico contido no efluente, uma vez que pode ser composto por muitos, assim a escolha do Azul de Metileno se deu pela semelhança na coloração azul apresentada pelo mesmo.

Não foi construída uma curva de calibração padrão para o corante do efluente de lavanderia, pois a composição e concentração do efluente são desconhecidas.

No experimento de adsorção foram utilizadas 0,2 e 0,4 gramas de cada fibra estudada. Às fibras, foram adicionados 25,0 mL de efluente de lavanderia, o qual apresentou pH neutro 7,8.

Os tempos de equilíbrio de adsorção escolhidos foram de 3 e 4 horas, para garantir a maior adsorção possível. A solução residual de cada ensaio foi centrifugada, teve sua absorvância analisada no espectrofotômetro (600 nm), na sequência foram feitos os cálculos da remoção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do primeiro Experimento de Adsorção estão apresentados na Tabela 1 para comparar o efeito sobre a adsorção dos diversos fatores avaliados.

Tabela 1: Experimento de Adsorção com as variáveis: fibra, valor de pH e tempo de contato com a solução de corante Azul de Metileno.

Nº	Fibras	Massa (gramas)		pH	Tempo (horas)	Concentração (mg/L)		Conc. média (mg/L)	Desvio
1	Bucha	0,2034	0,1990	4	3	7,28	9,82	8,55	± 0,847
2	Bucha	0,1991	0,2011	9	3	3,43	4,08	3,76	± 0,217
3	Cana	0,2018	0,2003	4	3	18,54	15,65	17,10	± 0,963
4	Cana	0,2070	0,1997	9	3	4,67	6,91	5,79	± 0,747
5	Carvão	0,2044	0,2056	4	3	0	0	0	0
6	Carvão	0,1998	0,2045	9	3	0	0	0	0
7	Coco	0,2040	0,2032	4	3	0,47	0,48	0,48	± 0,003
8	Coco	0,2083	0,2003	9	3	0,81	0,44	0,63	± 0,123
9	Bucha	0,2015	0,2089	4	4	6,75	7,06	6,91	± 0,103
10	Bucha	0,2078	0,2036	9	4	3,16	3,16	3,16	± 0,000
11	Cana	0,2021	0,2028	4	4	16,68	17,58	17,13	± 0,300
12	Cana	0,2024	0,1997	9	4	5,32	5,81	5,57	± 0,163
13	Carvão	0,2006	0,2006	4	4	0	0	0	0
14	Carvão	0,2091	0,2006	9	4	0	0	0	0
15	Coco	0,2050	0,2080	4	4	0,47	0,50	0,49	± 0,010
16	Coco	0,2054	0,2042	9	4	0,56	0,57	0,57	± 0,003

Fonte: Dados da pesquisa.

Pelos dados da Tabela 1, pode-se observar que as fibras de Cana e Bucha apresentaram os melhores valores de adsorção em meio básico, enquanto a fibra do Coco teve os valores de adsorção muito próximos, contudo relativamente melhores em meio ácido. De maneira geral, as fibras vegetais adsorvem melhor em meio básico o corante azul de metileno, por este se tratar de um corante catiônico (OLIVEIRA, et al., 2013), assim as cargas opostas favorecem a adsorção física (NASCIMENTO, et al., 2014).

Em relação ao tempo de equilíbrio, nota-se que de modo geral 3 horas de contato entre a fibra e a solução de corante foi suficiente para garantir a adsorção máxima possível.

O carvão ativado é largamente aplicado como um excelente adsorvente, e no presente estudo foi utilizado como padrão de referência, assim pode-se notar que a fibra do coco apresentou a

melhor adsorção frente às demais fibras. Assumindo que o carvão ativado foi capaz de adsorver 100% do corante, a fibra do coco pode adsorver aproximadamente 99,5% do corante da solução, sendo tão eficiente quanto o carvão, com a vantagem de ser um produto reutilizado e de baixo custo.

A Tabela 1 mostra que a bucha vegetal e o bagaço da cana-de-açúcar atuam melhor em meio básico, apresentando mais de 50% de eficiência comparada a sua atuação em meio ácido. Já o mesocarpo do coco apresenta ótimos resultados nos dois meios, porém o meio ácido exerce maior influência sobre o mesmo devido ao seu ponto isoelétrico ser próximo ao pH 3 (PINHEIRO, 2015).

De maneira geral, todas as fibras, nas melhores condições de pH, apresentaram o mesmo perfil de adsorção, sendo que próximo ao tempo de 180 minutos todas apresentavam concentrações próximas (entre 2 e 3 mg/L), o que significa uma adsorção entre 97-98% do corante da solução.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados do segundo Experimento de Adsorção (2º EA), onde se buscou adequar o tempo de equilíbrio da adsorção com as melhores condições observadas no experimento anterior. Assim, ajustou-se os ensaios para o melhor valor de pH para cada uma das biofibras estudadas.

Tabela 2: Experimento sobre o tempo de equilíbrio entre as fibras vegetais e a solução de corante azul de metileno.

Fibra / Condição	Nº	Tempo (min)	Massa (g)		Concentração (mg/L)		Conc. Média (mg/L)	Desvio
Bucha pH= 9	1	0	0,2027	0,2040	49,05	45,68	47,37	± 2,383
	2	15	0,2040	0,2062	33,05	32,83	32,94	± 0,156
	3	30	0,1996	0,1995	26,14	23,50	24,82	± 1,867
	4	45	0,1999	0,2018	17,97	17,43	17,70	± 0,382
	5	60	0,1993	0,1995	13,93	13,61	13,77	± 0,226
	6	90	0,2009	0,2064	9,96	7,76	8,86	± 1,556
	7	120	0,1989	0,1998	3,89	5,10	4,50	± 0,856
	8	180	0,2078	0,1996	3,29	3,22	3,26	± 0,049
Cana pH= 9	9	0	0,2036	0,0203	33,65	32,20	32,93	± 1,025
	10	15	0,2004	0,2014	7,30	8,90	8,1	± 1,131
	11	30	0,2009	0,2000	5,38	5,79	5,59	± 0,290
	12	45	0,2006	0,2005	5,21	4,28	4,75	± 0,658
	13	60	0,2006	0,2034	4,95	4,28	4,62	± 0,474
	14	90	0,2000	0,2020	5,21	4,02	4,62	± 0,841
	15	120	0,2028	0,2014	3,78	3,29	3,54	± 0,346
	16	180	0,2020	0,2012	3,29	2,01	2,65	± 0,905
Coco pH= 4	17	0	0,2035	0,2014	47,99	42,81	45,4	± 3,663
	18	15	0,2018	0,2001	12,08	20,46	16,27	± 5,926
	19	30	0,2005	0,2031	8,66	13,76	11,21	± 3,606
	20	45	0,2027	0,2017	9,74	9,70	9,72	± 0,028
	21	60	0,2030	0,2002	4,37	7,80	6,09	± 2,425
	22	90	0,2020	0,2031	4,06	4,04	4,05	± 0,014
	23	120	0,2018	0,1999	4,06	4,37	4,22	± 0,219
	24	180	0,2012	0,2003	2,72	3,03	2,88	± 0,219

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir das curvas apresentadas na Figura 2 pode-se afirmar que as fibras da cana e coco apresentaram uma resposta de adsorção mais rápida em comparação à fibra da bucha, tal fato pode ser explicado pelo tratamento aplicado na preparação dos bioadsorventes, onde tanto a fibra de coco como a de cana foram secas em estufa e trituradas, enquanto que a fibra de bucha apenas foi recortada (FERREIRA, 2014).

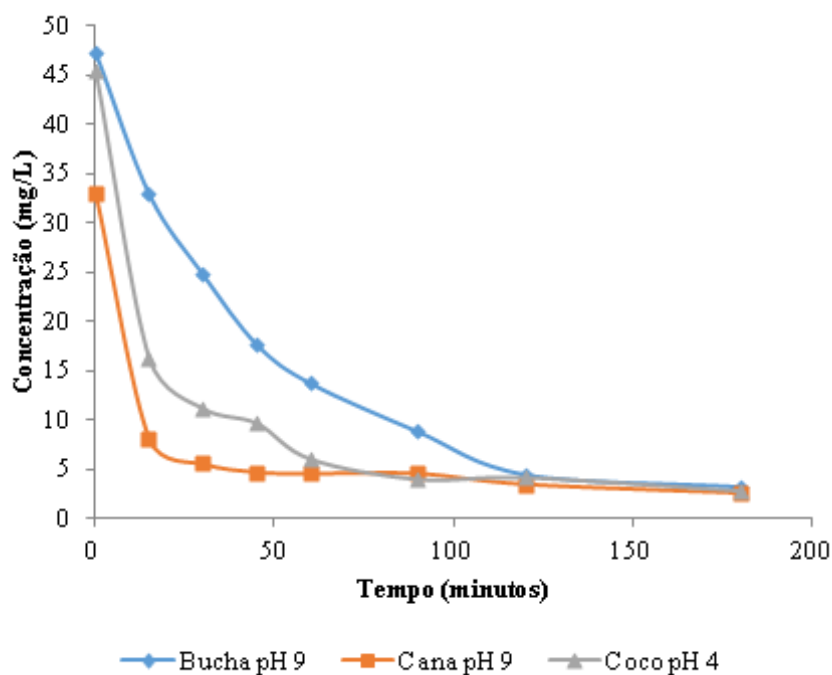


Figura 2: Comparação entre as curvas de equilíbrio de adsorção do corante Azul de Metileno com as biofibras: Bucha, Cana e Coco. Fonte: Dados da pesquisa.

Com a finalidade de aplicar os resultados levantados neste trabalho, montou-se um experimento com utilização das biofibras aplicadas a um efluente de lavanderia local da cidade de Itaperuna-RJ (amostra real). Assim, a Tabela 3 mostra os resultados obtidos pelas as fibras estudadas, nas melhores condições, com o intuito de comparar os resultados de remoção do corante presente no efluente de lavanderia.

Para encontrar o comprimento de onda mais adequado, favorecendo uma maior absorbância sobre a amostra, foi feita a análise com o espectrofotômetro para os seguintes comprimentos: 600, 620, 650, 700 e 750 nm. Os mesmos obtiveram as respectivas absorbâncias: 0,471; 0,443; 0,438; 0,388 e 0,342. Diante desses resultados, adotou-se 600 nm para as futuras amostras do efluente de lavanderia, levando em conta seu maior valor de absorbância, ponto maior de aproveitamento da amostra.

Como mostra a Tabela 3, a variação na massa do adsorvente não gerou mudanças significativas visto que a modificação tem particularidades positivas, como propiciar aumento no número de sítios ativos, e negativas de modo a provocar junção nos pontos de adsorção, fazendo com que o mesmo diminua (VAGHETTI, 2009).

Tabela 3: Experimento de adsorção das biofibras aplicadas ao efluente de lavanderia local.

Fibras / Condições	Tempo horas	Massa em gramas		Absorbância Efluente In natura	Absorbância (600nm)			Taxa de Remoção %
					Rep. 1	Rep. 2	Média	
Bucha pH 7,8	3	0,2095	0,1994	0,453	0,380	0,398	0,389	15,1%
	3	0,3011	0,2912		0,397	0,396	0,397	12,4%
	4	0,2031	0,2006		0,394	0,386	0,390	13,9%
	4	0,3005	0,3096		0,431	0,431	0,431	4,9%
Cana pH 7,8	3	0,2067	0,2113		0,176	0,150	0,163	64,0%
	3	0,4097	0,4032		0,158	0,157	0,158	65,1%
	4	0,2009	0,1957		0,163	0,202	0,183	59,6%
	4	0,4013	0,4077		0,238	0,200	0,219	51,7%
Coco pH 7,8	3	0,2097	0,2015		0,246	0,233	0,240	47,0%
	3	0,4030	0,4010		0,454	0,312	0,383	15,5%
	4	0,2019	0,2045		0,220	0,286	0,253	44,2%
	4	0,4040	0,4035		0,286	0,400	0,343	24,3%

Fonte: Dados da pesquisa.

Por se tratar de um efluente desconhecido não foi possível trabalhar com resultados em concentrações. Por isso, calculou-se a porcentagem de remoção através dos valores finais em detrimento da absorbância do efluente *in natura* (antes de ser tratado). Por conseguinte, o bagaço de cana-de-açúcar (em ambas massas de adsorvente) e o mesocarpo do coco (quando em 0,2 g de adsorvente) apresentaram significativo efeito na adsorção do efluente, sendo eficiente na remoção de 47% a 65%, respectivamente, da cor do mesmo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, o bagaço da cana-de-açúcar e a bucha vegetal, obtiveram seus melhores resultados em meio básico, enquanto o mesocarpo do coco se sobressaiu em meio ácido. Porém, satisfatoriamente todos mostraram alta adsorção com o pH mais elevado. Referente às análises de tempo, três horas foram suficientes para as fibras atingirem o equilíbrio.

Os objetivos propostos foram alcançados, diante do sucesso dos testes com o corante estudado, o que possibilitou o conhecimento dos bioadsorventes e sua futura aplicação no efluente utilizado.

De maneira geral, os adsorventes com maior potencial de remoção foram o bagaço de cana-de-açúcar e mesocarpo do coco e podem ser considerados eficientes, reafirmando que o processo de bioadsorção é produtivo e aplicável neste contexto de preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Figura 1: Estrutura molecular do azul de metileno. Fonte: 159270 | AZUL DE METILENO (C.I. 52015). M IS NOW MERCK. Disponível em: <http://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Methylene-blue-%28C.I.-52015%29,MDA_CHEM159270?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com.br%2F&bd=1>. Acesso em: out.2017.

Figura 2: Comparação entre as curvas de equilíbrio de adsorção do corante Azul de Metileno com as biofibras: Bucha, Cana e Coco. Fonte: Dados da pesquisa.

ANTUNES, Angela; ARPINI, Cezar; MELLO, Francine. **Avaliação da potencialidade de adsorção da bucha vegetal (Luffacylindrica) para remoção de corante de meios aquoso**, TECNOLÓGICA, Santa Cruz do Sul, v.20, n.2, p.72-79, Jul/Dez. 2016.

COELHO, T. C. **Avaliação das condições de imobilização de células de Candidaguilliermondii FTI 20037 em bucha vegetal (Luffacylindrica) visando a produção dexilitol.**[Dissertação] Biotecnologia Industrial. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2007.

CUNICO, P.; MAGDALENA, C. P.; CARVALHO, T. E. M.; FUNGAROD, D. A. **Adsorção de Corante Reativo Preto 5 em Solução Aquosa Utilizando Cinzas Leves de Carvão.** São Paulo, 2009.

DALLAGO, Rogério Marcos; SMANIOTTO, Alessandra; OLIVEIRA, Luiz Carlos Alves de. **Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso.** Quim. Nova, v. 28, n. 3, p. 433-437, 2005.

FERREIRA, Raquel. **Aplicação de biossorvente no tratamento de rejeitos radioativos líquidos.** [Tese] Tecnologia Nuclear. Autarquia associada à Universidade de São Paulo, SP. 2014

GUARATINI, Claudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B. **Corantes têxteis.** Química nova, 23(1), p. 71, 2000.

HONORATO, Andressa C; MACHADO, Jocasta M; CELANTE, Gizele. **Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais.** Centro de Engenharias e Ciências Exatas/Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.7, p.705-710. UAEE/UFCG. Campina Grande, PB, 2015.

MARINHO, Idayana. **Otimização dos fatores que influenciam a biodegradação e adsorção do alquilbenzeno linear sulfonado no tratamento anaeróbio.** [Dissertação] Engenharia Civil. Universidade de Pernambuco, Recife, PE. 2015.

MEDRADO, Lais. **Adsorção de íons Cromo (VI) proveniente de efluentes de costumes em bucha vegetal (Luffacylindrica) modificado com ácido cítrico.**[Monografia] Química Industrial. Coordenação de Química da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2011.

NASCIMENTO, R. F. DO; LIMA, A. C. A. DE; VIDAL, C. B.; MELO, D. DE. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais.** Fortaleza: UFC. 2014. 258 pp.

OLIVEIRA, S. P; SILVA, W. L. L; VIANA, R. R. **Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio.** Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Fernando Corrêa, v. 59, p. 338-344. Mato Grosso, 2013.

PINHEIRO, A. D. T., BRÍGIDA, A. I. S., GONÇALVES L. R. B. **Influência do pH no processo de imobilização de lipase em fibra da casca de coco verde.** VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica; fev. de 2015.

SILVA, A. C; Reaproveitamento da casca de coco verde. Universidade Estadual do Maranhão. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, dez. 2014, p.4077-4086; **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas.** UFSM, Santa Maria. Maranhão, 2014.

SOARES, L. C. S. R. **Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos.**[Dissertação] Mestrado em Ciências. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.

SOUZA, Janilson Lima. **Mesocarpo do coco verde (cocos nucifera) como adsorvente para os corantes turquesaremazol e azul remazol.** São Luís, 2009.

VAGHETTI, Júlio César. **Utilização de Biossorvente para Remediação de efluentes aquoso contaminados com íons metálicos.**[Tese] Química. Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, junho de 2009.