



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS  
DE SERGIPE - FANESSE  
CURSO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**

**ANA CARLA SANTOS ANDRADE**

**USO DO BAGAÇO DE CANA *IN NATURA* E QUIMICAMENTE  
TRATADO PARA REMOÇÃO DE CORANTE EM REJEITO  
LÍQUIDO DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**Aracaju – Sergipe  
2012.1**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Andrade, Ana Carla Santos

Uso do bagaço de cana in natura e quimicamente tratado para remoção de corante em rejeito líquido da indústria têxtil/ Ana Carla Santos Andrade. – 2012.

41f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas

1. Absorção 2. Bagaço de cana-de-acúcar 3. Corante reativo I. Título

CDU 658.567(813.7)

**ANA CARLA SANTOS ANDRADE**

**USO DO BAGAÇO DE CANA *IN NATURA* E QUIMICAMENTE  
TRATADO PARA REMOÇÃO DE CORANTE EM REJEITO  
LÍQUIDO DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração  
e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito e elemento obrigatório para  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período de  
2011.2**

**Aprovado com média: \_\_\_\_\_**

---

**Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas  
(Orientador)**

---

**Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia  
2º Examinador**

---

**Prof. Dr. Roberto Souza Rodrigues  
3º Examinador**

**Aracaju (SE), Junho 2012**

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço a Deus por ter permitido mais essa conquista em minha vida.**

**Quero agradecer os ensinamentos que meus pais me proporcionaram ao longo das dificuldades que encontrei nesta caminhada**

**Obrigada minha mãe pela dedicação, pelo amor, pelo cuidado, por me tratar sempre como sua menininha, te amo.**

**Obrigada meu pai pelo amor, pelos conselhos, obrigada pelas broncas na hora certa, você é meu exemplo, te amo.**

**Obrigada ao meu irmão, também te amo viu.**

**Obrigada ao meu namorado pela compreensão (Everton).**

**Obrigada aos meus familiares, minhas origens, obrigada a todos por tudo.**

**Obrigada aos meus amigos, em especial quero agradecer a Bruno que me ajudou muito para finalização de meu TCC, quero agradecer aos amigos e amigas da FANESE, minha grande amiga Lara.**

**Quero agradecer ao meu chefe, Prof. Carlos Alexandre por permitir que meu estágio e TCC fossem realizados no LQA, obrigada por confiar em mim e por disponibilizar todos os materiais que precisei.**

**Um imenso obrigada à professora e amiga Helenice, fui aluna em duas disciplinas e orientou-me no estágio, aprendi muito com a senhora em todos os sentidos, a senhora é uma mulher admirável, nunca vou esquecer seus ensinamentos, seu carinho, sua dedicação, adoro-te.**

**Agradeço ao Professor Jefferson pela orientação no TCC, pela paciência, pela ajuda, para que o trabalho ficasse melhor. Obrigada.**

**Obrigada a todos, eu amo minha profissão.**

*A mente que se abre  
a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original*  
'Albert Einstein'

## RESUMO

A indústria têxtil é responsável pela geração de um efluente que apresenta corantes sintéticos com alta solubilidade em água em sua composição, que altera a aparência natural rios e lagos, bem como apresentando alta toxicidade aos seres humanos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi determinar as melhores condições para remoção de corante têxtil em meio aquoso, por adsorção em batelada e coluna de leito fixo, utilizando bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente com cloreto de zinco ( $\text{ZnCl}_2$ ) para adsorver o corante Turquesa Remazol G 133% em solução aquosa. Os adsorventes foram caracterizados pela técnica espectroscópica de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), sendo possível a identificação dos grupos funcionais presentes na superfície do material responsáveis pela remoção do corante, porém não houve diferença entre os grupos funcionais, mas houve um aumento de sinal no espectro onde evidencia o efeito favorável da ativação superficial. Determinando o melhor pH para remoção do corante, maiores valores de capacidade de adsorção foram obtidos em pH=2, obtendo  $8,3 (\pm 0,09) \text{ mg g}^{-1}$  utilizando o bagaço de cana tratado quimicamente com  $\text{ZnCl}_2$  e  $6,7 (\pm 0,08) \text{ mg g}^{-1}$  utilizando o bagaço *in natura*. O tempo de equilíbrio foi alcançado rapidamente utilizando o adsorvente tratado quimicamente (120 minutos), onde foi eficaz ao processo de remoção do corante comparando com o adsorvente utilizado *in natura*, com tempo de equilíbrio atingido em 240 minutos. Os estudos de adsorção em coluna de leito fixo mostraram melhor tempo de retenção do corante pela adsorvente utilizando fluxo de percolação de  $2,0 \text{ mL min}^{-1}$ ; a altura do leito e o efeito da concentração inicial do corante não influenciaram significativamente no processo adsorptivo. Por fim, esse trabalho mostrou a importância da utilização de um subproduto da agricultura como alternativa para resolução de um problema ambiental relacionado às indústrias têxteis.

**Palavras-chave:** adsorção, bagaço de cana-de-açúcar, corante reativo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Foto do agitador utilizado nos experimentos-----	21
Figura 02	Espectro de infravermelho (FTIR-ATR)-----	23
Figura 03	Estrutura monomérica da glicose-----	24
Figura 04	Espectro de adsorção -----	25
Figura 05	Estudo da influência do pH -----	26
Figura 06	Estudo cinético de adsorção do corante -----	27
Figura 07	Influência do fluxo de percolação na coluna de leito fixo-----	29
Figura 08	Influência da altura do leito na adsorção do corante-----	30
Figura 09	Influência das concentrações na coluna de leito fixo-----	31

# SUMÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

1	INTRODUÇÃO-----	8
1.1	Situação problema-----	8
1.2	Objetivos-----	9
1.2.1	Objetivo geral-----	9
1.2.2	Objetivos específicos-----	9
1.3	Justificativa-----	9
1.4	Caracterização da empresa-----	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA-----	11
2.1	Processos da indústria têxtil e meio ambiente-----	11
2.2	Corante-----	12
2.3	Processos de tratamento-----	14
2.4	Adsorção-----	15
2.5	Produção de cana-de-açúcar no Brasil-----	17
3	METODOLOGIA-----	19
3.1	Coleta e preparo do adsorvente-----	19
3.2	Caracterização do adsorvente-----	20
3.3	Experimento de adsorção-----	20
3.4	Experimento de adsorção em coluna de leito fixo-----	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	23
4.1	Espectroscopia na região do infravermelho-----	23
4.2	Influência do pH na adsorção-----	24
4.3	Estudo cinético de adsorção-----	26
4.4	Experimento de adsorção em coluna de leito fixo-----	28
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS-----	32
	REFERÊNCIAS-----	33



## 1 INTRODUÇÃO

As estratégias ambientais nas indústrias, atualmente, equivalem-se em nível de importância às estratégias de produção. Um processo eficiente, e ambientalmente correto, possibilita a empresa um diferencial não somente em termos de qualidade e produtividade, mas em política de *marketing* para permanência no mercado.

A análise de processo em uma empresa deve ser voltada para os critérios não somente quanto ao tipo de matéria prima e produto final, mas, principalmente, quanto à formação, tratamento e destino final dos resíduos de seus processos.

No que concerne aos resíduos de um processo, a política da qualidade e ambiental devem estar intimamente ligadas. Um processo com qualidade pode ser interpretado como sendo aquele processo em que os resíduos são tratados e dados o destino final adequado.

Em termos de indústria, à têxtil destaca-se como aquela que possui uma grande contaminação ambiental. Nesta, em algumas etapas de processamento, ocorre a geração de um resíduo líquido que deve ser tratado. Quando o efluente gerado é descartado inadequadamente em corpos hídricos, sua contaminação é perceptível, pois, ocorre o aparecimento de uma descarga líquida colorida. Esta coloração é, muitas vezes, provocada por compostos orgânicos, e, em sua maioria, são muito tóxicos, sendo bastante prejudicial ao ser humano e ao meio ambiente.

Em termos de tratamento para este tipo de efluente, a adsorção é uma das técnicas mais utilizadas, pois tem a característica de remover quase que 100% dos constituintes nocivos, existentes num efluente oriundo da indústria têxtil.

O presente trabalho propõe um estudo de adsorção de corante em coluna de leito fixo em escala laboratorial

### 1.1 Situação Problema

No laboratório de química analítica ambiental situado na Universidade Federal de Sergipe, onde se realizou esta pesquisa, verificou-se a necessidade de utilizar materiais alternativos, por causa do baixo custo, para a técnica de adsorção.

Diante da situação encontrada, será utilizado como adsorvente neste estudo, o bagaço de cana-de-açúcar, questiona-se: Até que ponto encontra-se a eficiência do bagaço de cana-de-açúcar, *in natura* e tratado quimicamente, na remoção de corante reativo têxtil em solução aquosa?

Uma visão de sustentabilidade envolvida no desenvolvimento de pesquisa experimental impõe trabalhos cada vez mais voltados para interação instituição de ensino-indústria-sociedade. Neste contexto, este trabalho apresenta os seguintes objetivos:

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar a eficiência do bagaço de cana-de-açúcar, *in natura* e tratado quimicamente, na remoção de corante reativo têxtil em solução aquosa.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Caracterizar os adsorventes por espectroscopia no infravermelho;

Determinar a capacidade de adsorção do bagaço de cana-de-açúcar, *in natura* e tratado quimicamente;

Analisar o efeito do pH e cinética do corante.

## **1.3 Justificativa**

Atualmente, as legislações ambientais vigentes fazem com que exista uma grande preocupação das indústrias no que diz respeito à geração e disponibilidade de seus efluentes no solo, água e ar. Um planejamento de gestão ambiental visa

identificar métodos remediadores para que os contaminantes gerados nas etapas de processo sejam tratados, à medida que se enquadrem nos limites permitidos pela portaria regulamentadora.

O carvão ativado usado como adsorvente na técnica de adsorção tem um custo altíssimo, por isso a ideia de utilizar materiais alternativos para remoção do corante em meio aquoso por possuir baixo custo e muitas vezes uma alta eficiência quando comparados ao carvão ativado. E esses são os principais objetivos das empresas atuais, onde se almeja a qualidade utilizando um menor custo.

Assim, este trabalho visa à avaliação do desempenho do bagaço de cana-de-açúcar, *in natura* e tratado quimicamente, como adsorvente na remoção do corante Azul Turquesa Remazol G 133% em solução aquosa em processos de batelada e coluna de leito fixo com o objetivo de minimizar os danos causados ao meio ambiente por medidas viáveis economicamente.

#### **1.4 Caracterização do laboratório que foi realizado este trabalho**

O Laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA) está ligado ao Departamento de Química e tem como principal objetivo atender a demanda interna do Grupo de Pesquisa em Química Analítica Ambiental no tocante a pesquisa e pós-graduação da UFS.

O LQA é, também tem interação com a comunidade externa através da prestação de serviços, projetos, convênios e contratos com empresas e indústrias. O laboratório é dotado de completa estrutura de pesquisa e professores especializados, integrando-se às necessidades de desenvolvimento regional, com projetos de prestação de serviços à comunidade e programas que aliam qualidade de ensino, extensão e pesquisa acadêmica buscando otimizações em coletas, tratamento, segregações e destinos finais para os resíduos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa. Além do amplo conhecimento existente em técnicas de tratamento de água e monitoramento de efluentes.

O LQA atua nas áreas de desenvolvimento de novos procedimentos e métodos analíticos de monitoramento e conservação do meio ambiente, bem como identificação de problemas ambientais.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão descritas, sucintamente, teorias de autores relacionados ao tema de trabalho, incluindo aspectos relacionados a indústria têxtil e utilização da adsorção como técnica de tratamento de efluentes.

### **2.1 Processos da indústria têxtil e meio ambiente**

A indústria têxtil é composta por várias etapas através do processo de produção, as quais podem ser causadoras de degradação ambiental caso não sejam tomados os cuidados necessários. Os efluentes gerados por esse processo devem ser tratados adequadamente para então serem descartados no meio ambiente.

Os processos da indústria têxtil são constituídos de diferentes etapas de produção, conforme descritos por alguns pesquisadores. Para Vasconcelos (2006), a indústria têxtil constitui-se em 7 etapas de produção: a fiação é o processo no qual os fardos de algodão em pluma, já descaroçados, são preparados para se tornarem fios; a malharia é onde acontece a transformação do fio em tecido; o beneficiamento é o processo que envolve as etapas de alvejamento e tingimento do tecido; o acabamento é a etapa do processo em que se detém para a melhoria da qualidade do tecido gerado; a estamparia é o procedimento utilizado para adição de desenhos, marcas e logotipos aos tecidos; na confecção se processa as peças acabadas; a embalagem é a etapa final para estocagem do produto.

De acordo com Sobreira (2011), a água é um dos bens importantes ao meio ambiente e é um dos elementos básicos para o processo de produção da indústria têxtil, principalmente nas etapas de beneficiamento da malha de algodão, onde ocorre o tingimento da malha, o qual provoca modificações na qualidade da água utilizada, devido as substâncias químicas que fazem parte do processo. A melhor forma encontrada para que a água não volte, contaminada, para fonte onde foi captada é

utilizar equipamentos que são chamados de estação de tratamento de efluente conhecido também como ETE.

Segundo Moraes (1999), o sector têxtil é conhecido por apresentar potencial poluente elevado, abrangendo cinco campos distintos: efluentes líquidos, emissões de gases e partículas, resíduos sólidos, odores e ruídos. O grande consumo de água durante as etapas do processo de fabrico dos tecidos gera água residual com efeito poluidor bastante significativo devido às elevadas vazões e toxicidade, além do volume e composição variáveis (Vandevivere et al., 1998). Quando este efluente é descartado pode causar impactes no corpo receptor oriundo da sua carga poluente, além de contaminações (Kunz, 1999), pois os efluentes têxteis possuem elevados valores para níveis de coloração, demanda química e bioquímica de oxigénio, sólidos suspensos e baixas concentrações de oxigénio dissolvido (SCHONBEREGER, 1999).

As possíveis infiltrações por água contaminada, na industria têxtil, são constantes ameaças para a qualidade do solo e águas naturais. Para isso, é importante que medidas preventivas sejam tomadas para que efluentes oriundos da indústria têxtil não sejam disponibilizados de modo irregular no meio ambiente.

Tratando-se da descontaminação de efluentes em meio aquoso, o material mais comumente utilizado nas indústrias é o carvão ativado, por apresentar características bastante favoráveis na remoção de poluentes, como elevada área superficial e volume de poros. Porém, cada indústria possui sua norma para tratamento de seus efluentes visando adequação de seus contaminantes gerados, para posterior descarte, de acordo com a legislação vigente.

## **2.2 Corantes**

Corantes são substâncias orgânicas utilizadas na indústria têxtil para coloração dos vários tipos de fibra do tecido, apresentando características como alta estabilidade a luz e aos processos de lavagens.

De acordo com Guaratini e Zanoni (1999) os corantes são classificados de acordo com sua estrutura química (antroquinona, azo, etc.) ou de acordo com o método utilizado para fixação na fibra têxtil, sendo eles:

Corantes reativos: possuem um grupo eletrofílico capaz de formar ligação covalente com grupos funcionais das fibras celulósicas, como grupo hidroxila, amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas e também com grupos amino das poliamidas;

Corantes diretos: são solúveis em água, tingem diretamente as fibras de celulose, lã e poliéster através das interações de van der Waals (aproximação dos orbitais  $\pi$  das moléculas do corante e da molécula da fibra);

Corantes azóicos: são compostos coloridos, insolúveis em água, que são sintetizados sobre a fibra durante o processo de tingimento, onde a fibra é impregnada com um composto solúvel em água, chamado de agente de acoplamento, que apresenta alta afinidade pela celulose das fibras ;

Corantes ácidos: correspondem a um grupo de corantes aniônicos portadores de um a três grupos sulfônicos, substituintes ionizáveis que tornam o corante muito solúvel em água e têm muita importância no método de impregnação do corante em fibras protéicas e fibras de poliamidas sintéticas;

Corantes à cuba: classe de corantes muito importante e aplicados na indústria têxtil. São aplicados praticamente insolúveis em água, mas sofre um tipo de redução química tornando-os solúveis, sendo comumente utilizados no algodão por apresentar excelente propriedade de fixação;

Corante de enxofre: classe de corantes que apresenta em sua estrutura química ligação de polissulfetos, os quais são altamente solúveis em água após redução química, e reoxidados quando em contato com a fibra pela ação do oxigênio do ar. São comumente utilizados na tinturaria de fibras celulósicas.

Corantes dispersivos: classe de compostos insolúveis em água aplicados em fibras de celulose e em outras fibras hidrofóbicas, nos quais, durante o processo de tinturaria são hidrolisados e depositados lentamente na fibra na forma dispersa.

Corantes branqueadores: são substâncias que quando aplicadas em tecidos levemente amarelados proporcionam alta reflexão de luz, inclusive de comprimento de onda não visíveis que são transformados em visíveis por excitação e retorno de elétrons aos níveis normais.

De acordo com Jesus *et al* (2011) e Guaratini e Zanoni (1999), no meio ambiente, os corantes apresentam grandes desvantagens, pois devido a sua natureza química, até em concentrações muito baixas podem ser detectáveis a olho nu. Levando

em consideração que no processo de tingimento nem todo o corante em solução aquosa é fixado à fibra têxtil, isso leva a um elevado volume de efluentes a ser tratado e/ou descartado no meio ambiente.

De acordo com Guaratini e Zanoni (1999) a remoção desses compostos dos rejeitos industriais é um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil, isto se justifica considerando que os corantes não pertencem a uma única classe de compostos químicos, mas apresentam grupos funcionais diferenciados, com grande variedade na reatividade, solubilidade, volatilidade e estabilidade. Deste modo faz-se necessária a remoção desses corantes dos efluentes da indústria têxtil, principalmente os reativos (classe do corante em estudo neste trabalho), por possuírem elevada estabilidade para degradação química e microbiológica.

### **2.3 Processos de Tratamento**

Várias técnicas são conhecidas para tratamento de resíduos têxteis, dentre elas se destacam tratamento biológico, coagulação, flotação, adsorção, fotodegradação, e ultrafiltração (CASAS, 2004).

Na literatura encontram-se muitas técnicas para processo de tratamento de efluentes industriais. Silva (2008), por exemplo, abordou a técnica de tratamento de corante reativo usando argila como adsorvente, apresentando resultados satisfatórios para remoção do corante.

De acordo com Kunz (2001), existem tendências para tratamento de efluente têxtil envolvendo processos físicos e químicos. Os químicos são a biodegradação, tratamento com ozônio, fotocatalise heterogênea e os físicos são os processos combinados. A biodegradação consiste em uma busca contínua de microorganismos versáteis capazes de degradar de maneira eficiente um grande número de poluentes a um baixo custo operacional.

O tratamento com ozônio, agente oxidante poderoso, pode ocorrer através da oxidação direta e oxidação indireta. Na direta as moléculas podem reagir diretamente com outras moléculas orgânicas ou inorgânicas via adição eletrofílica; na oxidação indireta o ozônio pode reagir através de reação radicalar, que é gerada pela

decomposição do ozônio (KUNZ, 2001). Entretanto, a degradação de poluentes orgânicos com ozônio pode gerar aumento da toxicidade do efluente.

De acordo com Menezes (2005) a técnica de degradação fotocatalítica mostra-se eficiente na remoção de corantes quando utiliza um reator de tubos concêntricos com irradiação UV fornecida por uma lâmpada germicida apresentando bons resultados na degradação de corantes em meio aquoso, sendo sua eficiência avaliada por parâmetros como acidez do meio e carga do catalisador, provando ser essa técnica viável economicamente na descoloração do efluente têxtil.

A adsorção é um fenômeno físico, chamada também de fisiossorção ou adsorção de Van der Waals, este tipo de adsorção não é específica, e é facilmente reversível. Além disso, a adsorção física não altera as propriedades dos materiais, nem do adsorbato e nem do adsorvente, um dos adsorventes mais usados é o carvão ativado, também tem a quitosana, o bagaço de cana-de-açúcar, a casca de *eucalyptus*, entre outros (Andre, 2009). Para tratamento de efluentes têxteis, esse processo se mostra o mais adequado, por conta da presença de corantes que, normalmente, são resistentes a degradação nos sistemas convencionais de tratamento (KUNZ, 2001).

## 2.4 Adsorção

Adsorção é uma técnica físico-química de separação que possui duas fases, na qual a substância que é adsorvida é chamada de adsorbato e a superfície onde ocorre a adsorção é chamada de adsorvente. A tendência de aumento de concentração e acumulação de uma substância sobre a superfície do adsorvente é o que caracteriza o processo de adsorção (SCHIMMEL, 2008).

Segundo Alice (2003) a interação, a adsorção pode ser caracterizada como adsorção física ou fisiossorção - interação não específica, rápida e reversível, onde o adsorbato encontra-se ligado à superfície somente por forças de van der Waals (força dipolo-dipolo e forças de polarização, envolvendo dipolos induzidos) -, e a adsorção química ou quimiossorção - interação específica que envolve a formação de um composto bidimensional, como por exemplo, quando gases entram em contato com superfícies metálicas. Este último fenômeno consiste de um processo termodinâmico



que é explicado pelas forças de atração perpendiculares ao plano da superfície da fase sólida.

Falando-se de adsorventes, o mais utilizado no tratamento de efluentes nas indústrias por apresentar elevada área superficial e inúmeros poros é o carvão ativado. Uma das grandes desvantagens na utilização desse material em processos de batelada nas indústrias é o seu custo elevado ( $\sim$ US\$ 1.1 kg<sup>-1</sup>), Volesk (2001) quando comparado a adsorventes naturais e sem valor agregado, mas apresentando capacidade adsorvente eficiente (ALBERTO, 2009).

De acordo com Machado (2011) a técnica de adsorção foi utilizada para remoção do corante azul turquesa remazol G 133% utilizando fibra de coco como adsorvente. A técnica apresentou um eficiente resultado para remoção do corante, obtendo mais de 92% da remoção da cor da solução em apenas 10 minutos.

Estudos realizados utilizando argila esmectita *in natura* e modificada quimicamente como adsorventes na remoção de corantes têxteis mostraram bons resultados e diferença significativa após tratamento. Foi observado que a ativação ácida aumenta substancialmente sua capacidade de adsorção e reduz muito o tempo de estabelecimento do equilíbrio, indicando possibilidade de sua utilização em processos contínuos sob operação em regime permanente (HONORÓRIO, 2005).

Esses resultados satisfatórios obtidos na remoção de corantes utilizando adsorventes alternativos mostram a importância da pesquisa utilizando uma técnica muito simples, que é a adsorção, na busca de materiais que antes eram considerados subprodutos e atualmente apontam perspectivas eficazes para remediação ambiental.

Neste trabalho, os experimentos foram realizados em coluna de leito fixo que são usados nos processos de purificação, onde esta coluna é empacotada com o adsorvente para remover a umidade de uma corrente grossa, ou ainda remover impurezas de uma corrente líquida, como por exemplo um efluente industrial. Exemplos mais comuns de tais processos são os chamados processos de purificação, no qual utiliza geralmente uma coluna de leito fixo empacotada com adsorvente para remover umidade de uma corrente gasosa, ou ainda remover impurezas de uma corrente líquida, como por exemplo de um efluente industrial.

O escoamento no leito fixo depende da permeabilidade do material e da viscosidade do fluido que resulta na velocidade superficial, sendo que a taxa de fluxo

para escoamento é proporcional à queda de pressão e inversamente proporcional a viscosidade e ao comprimento.

Existe também o tipo de coluna de leito fluidizado que geralmente refere-se a um leito de sólidos finamente dividido através dos quais um passa-se um gás ou um líquido e este comporta-se num estado intermediário entre um leito estático e um em que os sólidos estejam suspensos num fluxo gasoso, assim como ocorre no transporte pneumático, a formação do leito fluidizado se dá quando um fluxo adequado de gás inicia o percurso por entre um leito material acarretando a fluidização. Primeiras bolhas deste gás passam por entre o leito de material criando uma condição de rápida mistura, ou turbulência, (CAVALCANTE, 1998).

## **2.5 Produção de cana de açúcar no Brasil**

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Assim o presente estudo tem como objetivo mostrar que o Brasil tem o maior setor sucroalcooleiro do mundo, trabalhando em harmonia com o meio ambiente. A produtividade média brasileira de cana-de-açúcar tem apresentado significativa elevação de 50% nos últimos 20 anos, de 44 para 67 toneladas de cana por hectare, observa-se que muito ainda pode ser melhorado, em relação ao setor sucroalcooleiro. A produção de cana-de-açúcar contribui com o meio ambiente, com a sustentabilidade em cadeias produtivas. Sua utilização sistemática pode promover o progresso técnico e induzir o advento de mudanças positivas no impacto ecológico -e nas condições de trabalho. Além do mais a cana-de-açúcar seqüestra CO<sub>2</sub> da atmosfera diminuindo o efeito do aquecimento global (ORLANDO FILHO, 2007).

Nas últimas décadas o Brasil dobrou sua área de cana plantada, basicamente em função da produção do álcool carburato, essa expansão ocorreu principalmente em regiões de solo fértil e climas favoráveis (TAKESHI, 2008).

Conforme Brugnaró 1986, a combinação entre clima, solo e variedades determina a produtividade da cana-de-açúcar. Desta forma, as maiores produtividades são atingidas utilizando-se a variedade indicada ao seu ambiente de cultivo, em um solo com propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas.

O planejamento agrícola começa bem antes do plantio e não termina na colheita, e é extremamente importante para sua exploração econômica. Deve-se fazer, portanto, uma análise de todos os componentes de produção, inclusive dos custos de implantação. Este estudo deverá considerar determinados fatores, como:

- manejo (solo, pragas, doenças, plantas daninhas, irrigação);
- tipos de técnicas a serem adotadas;
- insumos;
- máquinas e implementos;
- variedades a serem escolhidas;
- distribuição das variedades nos tipos de solos a serem explorados;
- ambiente de produção;
- épocas de plantio;
- elaboração do cronograma físico-financeiro;
- serviços em geral.

### **3 METODOLOGIA**

Para Marconi e Lakatos (2003, p."186"), estudo de caso é uma pesquisa de campo que tem como finalidade conseguir informações ou conhecimentos para resolver um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese, que se queira comprovar, ou ainda, descobrir novos fenômenos ou a relação entre eles. O interesse da pesquisa de campo está voltado para o estudo de indivíduos, grupos, comunidade, instituições e outros campos, visando à compreensão de vários aspectos da sociedade.

Neste sentido, o presente trabalho mostra o desenvolvimento de uma pesquisa experimental da avaliação da remoção de corante têxtil em solução aquosa pela técnica de adsorção. Logo, esse estudo é caracterizado como sendo um estudo de caso, apresentando o envolvimento do autor na coleta e interpretações de dados obtidos experimentalmente, tendo como diferencial o adsorvente utilizado, o tipo de tratamento do adsorvente e o tempo de equilíbrio atingido, conforme planejamento mostrado abaixo.

#### **3.1. Coleta e preparo do adsorvente**

O bagaço de cana-de-açúcar foi coletado em feiras livres na cidade de Aracaju-Sergipe, e levado ao Laboratório de Química Analítica Ambiental (LQA), onde foi lavado com água destilada. Após lavagem foi colocado em uma bandeja de polietileno e seco em estufa de circulação durante 48 horas na temperatura de 60°C. Depois de seco foi triturado com auxílio de moinho de bolas, peneirado em malhas de 48 *mesh* e armazenado em frascos de polietileno.

O tratamento químico do bagaço de cana-de-açúcar foi realizado conforme procedimento desenvolvido por Namasivayan e Sangeetha (2006), com algumas modificações, onde 10 g do bagaço de cana-de-açúcar foram colocados em contato em uma solução aquosa de cloreto de zinco na concentração de  $1,6 \cdot 10^5 \text{ mg L}^{-1}$  e mantido sob agitação constante, durante 24 horas, na temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Após agitação, o adsorvente foi lavado com uma solução de HCl 2,5 % (v/v) para que os íons proveniente da solução de cloreto de zinco fossem retirados e, em seguida, foi lavado com água destilada para eliminar o excesso de íons  $\text{H}^+$  e traços de  $\text{ZnCl}_2$  presentes no adsorvente.

### 3.2 Caracterização do adsorvente

A caracterização foi feita através da técnica de Infravermelho com transformada de Fourier de transmissão (FTIR)

Os espectros de FTIR das amostras de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente foram obtidos pelo modo de reflectância total atenuada (*do inglês*, ATR), utilizando um equipamento Varian 640-IR. Os espectros foram varridos de  $4000$  e  $600 \text{ cm}^{-1}$ , utilizando-se resolução de  $4 \text{ cm}^{-1}$ , aquisição de 32 scans por amostra e empregando-se o espectro do ar como “background”.

### 3.3 Experimentos de Adsorção

Uma solução estoque do corante Turquesa Remazol G 133% na concentração de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  foi preparada. Todas as soluções foram preparadas a partir da solução estoque através de diluição usando água destilada. Os experimentos de adsorção em bateladas foram realizados em temperatura  $25^\circ \text{C} \pm 1$ . Volumes de 20,0 mL das soluções aquosas do corante foram pipetados e adicionadas em frascos de polietileno com massa fixa de 0,1 g de bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e modificado quimicamente, individualmente.

A Figura 1 mostra o equipamento que foram feitos os experimentos em batelada. Primeiro foi feito o estudo do pH, para este experimento foi utilizado a solução de corante na concentração de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  foi ajustado pH entre 2 e 6 com adição de HCl e NaOH  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ . Os frascos foram submetidos à agitação constante em *shaker* na velocidade de 150 rpm, por 3 horas.

**Figura 1. Agitador termostaticado utilizado nos experimentos de adsorção**



Fonte: Laboratório de Química Analítica (ambiente da realização deste trabalho)

Os estudos cinéticos de adsorção foram realizados com solução aquosa do corante na concentração de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , pH 2, submetidos à agitação na velocidade de 150 rpm, em tempos estabelecidos variando entre 5 a 300 minutos.

Após o tempo de agitação estabelecido, a solução sobrenadante foi recolhida para subsequente determinação da concentração final, utilizando espectrofotômetro UV-vis da marca Biochrom S12/USA, no comprimento de onda máximo 664 nm, determinado pelo espectro de absorção da solução do corante varrido de 400 a 800 nm. A capacidade de adsorção,  $q \text{ (mg g}^{-1}\text{)}$ , do bagaço de

cana-de-açúcar *in natura* e tratada quimicamente foi determinada pela equação  $q = \{(C_i - C_f) / v\} / m$

Sendo  $q$  a capacidade de adsorção em  $\text{mg g}^{-1}$  na razão adsorbato-adsorvente;  $C_i$  e  $C_f$ , são concentração inicial e final do corante, respectivamente;  $v$  é o volume em litro da solução e  $m$  é a massa do adsorvente em grama.

### 3.4 Experimentos de adsorção em colunas de leito fixo

Os experimentos em coluna de leito fixo foram realizados utilizando a melhor condição do adsorvente, mostrado nos experimentos em batelada.

Uma coluna de vidro com altura de 30 cm e diâmetro de 3 cm foi empacotada com o adsorvente, e uma solução aquosa do corante na concentração  $80 \text{ mg L}^{-1}$  foi utilizada nos experimentos em coluna de leito lixo, com  $\text{pH} = 2$  ajustado pela adição de  $\text{HCl } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ .

Para se obter as melhores condições em coluna de leito fixo, foram testados parâmetros como altura do leito fixo utilizando 3,0, 5,0 e 7,0 cm, equivalente a 2,0, 3,0 e 4,0 g do adsorvente, respectivamente. O fluxo de percolação da solução foi variado utilizando vazões de 2,0, 4,0 e 6,0  $\text{mL min}^{-1}$ . Uma bomba peristáltica (modelo Miniplus 3, Gilson) foi utilizada para alimentar continuamente a coluna com a solução aquosa do corante Azul Turquesa Remazol 133% na concentração de  $80 \text{ mg L}^{-1}$ , e as amostras foram coletadas na saída da coluna com um sistema de amostragem manual, em diferentes intervalos de tempo, os quais variaram de 5 a 360 minutos.

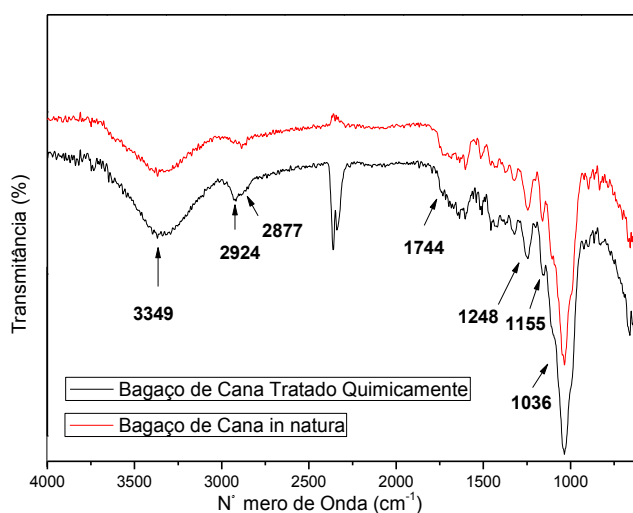
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Espectroscopia na região do Infravermelho com Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR)

A utilização da técnica espectroscopia no infravermelho por reflectância total atenuada (FTIR/ATR) possibilitou a elucidação de grupos funcionais superficiais presentes no bagaço de cana-de-açúcar que sejam capazes de adsorver espécies orgânicas como corantes têxteis em solução aquosa, mostrada na figura 2.

Não foram observados deslocamentos ou surgimento de novas bandas de absorção no espectro do infravermelho após tratamento do adsorvente com solução aquosa de cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) conforme observado na figura 2, todavia em termos quantitativos, o aumento na intensidade dos picos atribuídos a grupos funcionais ligados a oxigênio evidencia o efeito favorável da ativação superficial (LUZ, 2003).

**Figura 2. Espectro de infravermelho (FTIR-ATR) do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente com  $ZnCl_2$ .**



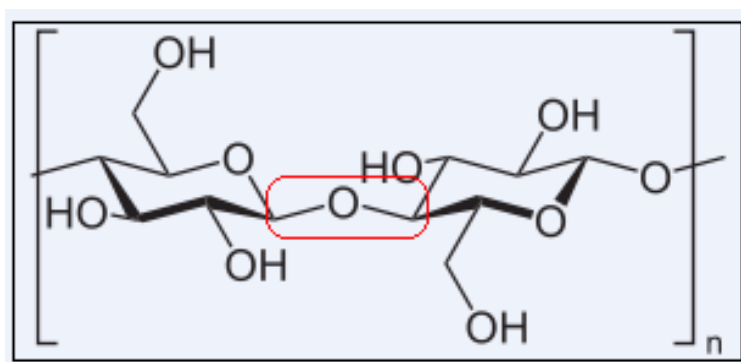
Fonte: produzido pelo próprio autor.



As principais regiões das bandas de absorção, e respectivas atribuições, identificadas no espectro obtido para o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente foram: banda de absorção em  $3349\text{ cm}^{-1}$  de estiramentos de ligações O-H em ligação de hidrogênio;  $2924\text{-}2877\text{ cm}^{-1}$  de estiramentos C-H de grupos alifáticos; uma pequena banda (ombro) em  $1744\text{ cm}^{-1}$  de estiramentos C=O (carbonila);  $1248$  e  $1036\text{ cm}^{-1}$  são associados aos estiramentos e vibrações de C-O, respectivamente (PAVIA *et al.*, 2010).

A região compreendida entre  $1651\text{-}1593\text{ cm}^{-1}$  corresponde à região de estiramento da ligação C=C de aromáticos. A região em  $1115\text{ cm}^{-1}$  é associada à vibração de estiramento assimétrico C-O-C (éter dialquílico), provavelmente das unidades de hemiceluloses e celulose mostrada na Figura 3.

**Figura 3. Estrutura monomérica da glicose, constituinte da celulose.**



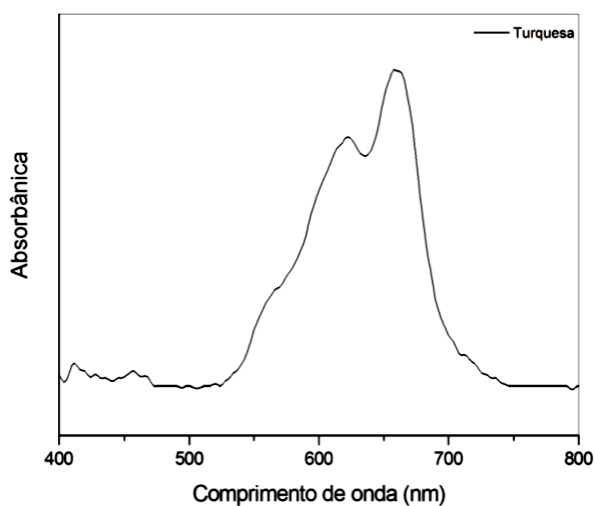
Fonte: Moraes S.A.L. 2005

## 4.2 A influência do pH na adsorção

O comprimento de onda máximo do corante foi determinado em solução aquosa na concentração de  $50\text{ mg L}^{-1}$ , obtendo valor máximo de absorção em  $664\text{ nm}$

(Figura 4), sendo este então fixado para determinação da concentração nos estudos posteriores.

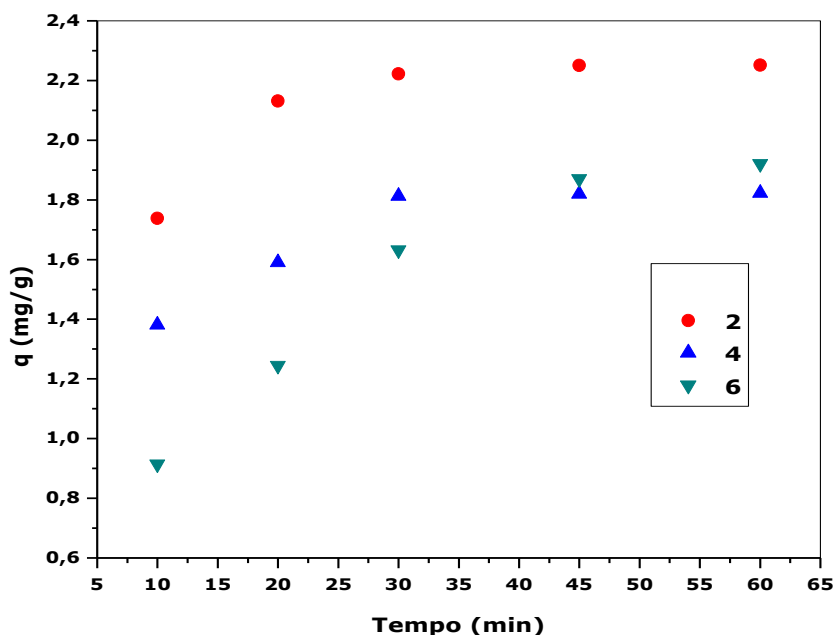
**Figura 4. Espectro de Absorção na região do UV-Vis da solução aquosa do corante Turquesa Remazol G 133%.**



Fonte: produzido pelo próprio autor.

O pH da solução aquosa do corante Azul Turquesa Remazol G 133%, na concentração de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , foi variado entre 2 e 6, obtendo maiores valores na capacidade de adsorção ( $q$ ) em pH 2, sendo de  $6,7 (\pm 0,08)$  e  $8,3 (\pm 0,09) \text{ mg g}^{-1}$  utilizando o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente, respectivamente, o que representa um percentual de 75,9 e 92,5% de remoção, mostrado na figura 5.

**Figura 5. Estudo da influência do pH na adsorção do corante Turquesa Remazol G 133%.**



Fonte: produzido pelo próprio autor.

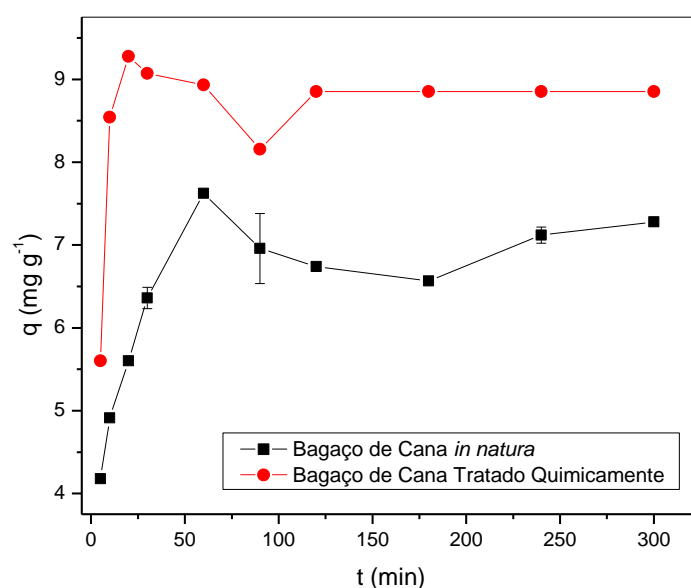
De acordo com Jesus *et al* (2011), Gupta e Suhas (2009), Santhy e Selvapathy (2006), altos valores da capacidade de adsorção de corantes têxteis em solução aquosa, utilizando adsorventes naturais, são obtidos em condições ácidas no caso de corantes aniônicos, pois o aumento da carga positiva na superfície do adsorvente favorece a atração eletrostática de corantes reativos aniônicos.

O corante Turquesa Remazaol G 133% tem comportamento aniônico em solução aquosa; assim, em valores de pH menores aumenta-se a concentração de prótons  $H^+$  na solução e os grupos funcionais presentes na superfície do adsorvente, como O-H e C-O, são protonados, favorecendo o processo de adsorção por atração eletrostática entre a relação adsorvente/adsorvato. Isto explica os maiores valores na capacidade de adsorção em pH 2 (excesso de  $H^+$ ).

### 4.3 Estudo Cinético de Adsorção

Foi observado que adsorção do corante na superfície do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente com  $\text{ZnCl}_2$  aumentou com o tempo de contato. Foi observado que, já nos primeiros 5 minutos o valor de  $q$  foi de  $4,2 \text{ mg g}^{-1}$  para o bagaço *in natura* e  $5,6 \text{ mg g}^{-1}$  para o bagaço tratado quimicamente, mostrando o melhor desempenho do adsorvente tratado com  $\text{ZnCl}_2$  nos tempos iniciais do experimento.

**Figura 6. Estudo cinético de adsorção do corante Turquesa Remazol G 133%**



Fonte: produzido pelo próprio autor.

O tempo de equilíbrio de adsorção (onde o valor de  $q$  torna-se constante) foi de 120 minutos utilizando o bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente, em contrapartida ao tempo de 240 minutos utilizando o adsorvente *in natura*. Isso representa um processo com rápida cinética de adsorção quando se faz uso do bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente e uma melhora da estabilidade do desse adsorvente na remoção do corante Turquesa Remazol G 133%. Ahmad e Rahman

(2011) estudaram a adsorção do corante reativo Remazol Brilliant Orange 3R em carvão ativado feito a partir da casca de café e obtiveram tempo de equilíbrio de 5 horas (300 minutos), utilizando em concentração de 25-50 mg L<sup>-1</sup> em solução aquosa.

Cardoso *et al.* (2011) testaram a casca do fruto do pinheiro *in natura* e o respectivo carvão ativado na remoção do corante Remazol Black B e obtiveram tempo de equilíbrio de 12 horas (720 minutos) e 4 horas (240 minutos), respectivamente, neste trabalho foi encontrado um tempo de equilíbrio de 120 minutos, sendo um importante diferencial.

Comparando o tempo de equilíbrio obtido no presente estudo com os apresentados da literatura, afirma-se que o processo possui uma rápida cinética de adsorção utilizando o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratado quimicamente.

Como mostrado na Figura 6, o maior valor na capacidade de adsorção foi obtido utilizando o bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente ( $q = 8,8 \text{ mg g}^{-1}$ ) em comparação ao *in natura* ( $q = 7,1 \text{ mg g}^{-1}$ ) e, juntamente com a rápida cinética de adsorção obtida utilizando o adsorvente tratado quimicamente (120 minutos), pode-se deduzir que o tratamento químico com ZnCl<sub>2</sub> produziu alguma modificação física na superfície do material adsorvente a qual favoreceu maior estabilidade ao processo de adsorção. Isto pode ser um fato que mostre a viabilidade da utilização do bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente em escala industrial, onde o tempo e eficiência do processo são requeridos.

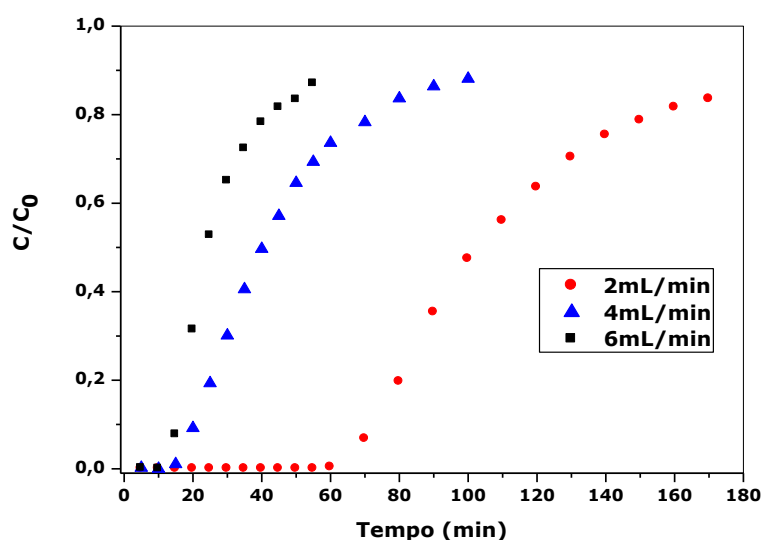
#### **4.4 Experimentos de adsorção em coluna de leito fixo**

O processo de adsorção em colunas de leito fixo tem elevada importância laboratorial, pois além de apresentar vantagens como simples operação, existe a possibilidade de tratamento de grandes volumes de efluentes (VALDMAN *et al.*, 2001).

Assim, investigações dos parâmetros operacionais da adsorção do corante Azul Turquesa Remazol G 133% na coluna de leito fixo foram realizadas conforme descrito na seção 3.2.

A Figura 7 mostra as curvas de ruptura para a remoção do corante Azul Turquesa Remazol G 133% avaliando a influência do fluxo no ciclo de adsorção.

**Figura 7. Influência do fluxo de percolação da solução do corante na coluna de leito fixo utilizando bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente.**



Fonte: produzido pelo próprio autor.

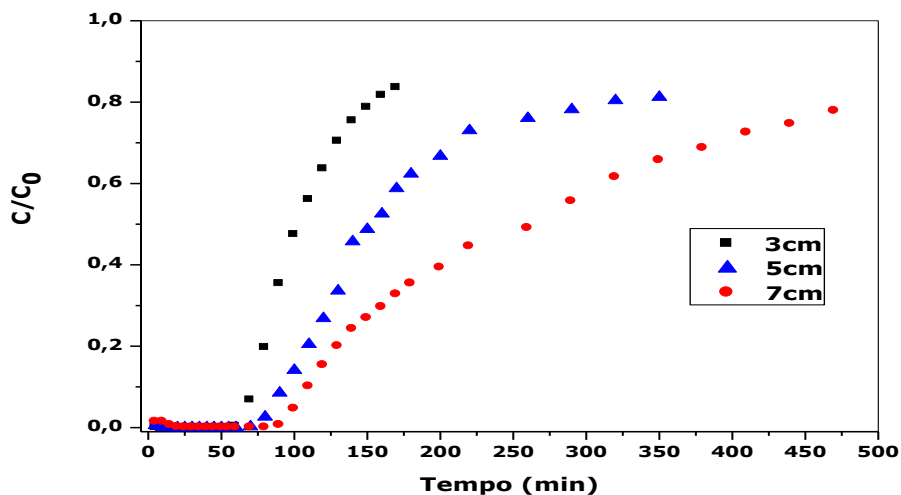
As condições para figura 7 foram: altura do leito: 3,0 cm (2,0g); concentração da solução do corante: 80 mg L<sup>-1</sup>.

Foi observado que o fluxo de percolação tem grande influência nos experimentos de adsorção. Não foi detectado a presença do corante na solução até o tempo de percolação de 60 minutos, utilizando fluxo de adsorção em 2,0 mL min<sup>-1</sup>, em contrapartida ao fluxo de 4,0 e 6,0 mL min<sup>-1</sup>, onde não se observava a presença de corante em solução, até 15 e 10 minutos, respectivamente. O maior tempo de ruptura se deu no menor fluxo devido o maior tempo de contato entre as moléculas do corante e o adsorvente, o qual proporcionou maior interação entre os grupos funcionais presentes na superfície do material os quais são responsáveis pelo processo adsortivo.

A altura do leito foi avaliada em estudo, utilizando alturas de 3,0, 5,0 e 7,0 cm (Figura 8). Foi observado que com o aumento do leito da coluna o corante começou a ser detectado em solução em 100 minutos, utilizando altura de 7,0 cm. Utilizando altura de 5,0 cm o corante foi detectado inicialmente no tempo de 80 minutos, em contrapartida a altura de 3,0 cm, no qual o tempo obtido foi de 70 minutos. A diferença foi devida a maior massa do adsorvente utilizada no experimento, consequentemente, maior quantidade de sítios adsorptivos livres para interagir com as moléculas do corante em solução. Porém, pode-se analisar que não há uma diferença significativa quanto a utilização de maiores alturas do leito fixo no estudo em coluna, não sendo necessária a escolha da altura de 7,0 cm para estudos finais.

**Figura 8. Influência da altura do leito na adsorção do corante Azul Turquesa Remazol G 133% em bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente.**

**Condições: conc. 80 mg L<sup>-1</sup>, massa adsorvente: 2,0g, temp. 25°C.**

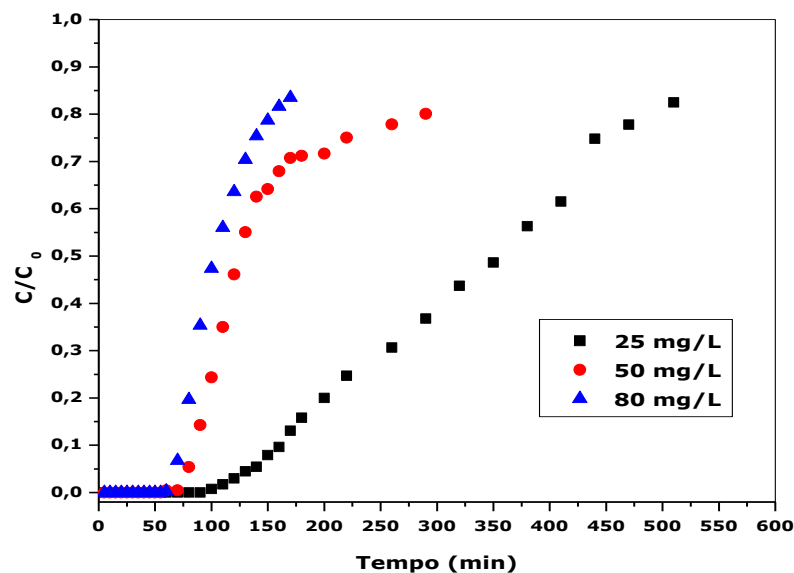


Fonte: produzido pelo próprio autor.

Para o estudo da influência da concentração inicial do corante foram utilizadas soluções com concentrações de 25, 50 e 80 mg L<sup>-1</sup> e altura do leito de 3,0 cm. Não foi observada diferença significativa para o tempo de ruptura de 70 e 80

minutos, utilizando concentrações de 80 e 50 mg L<sup>-1</sup>, equivalendo a C/C<sub>0</sub> de 5,3 % no tempo de 80 minutos e C/C<sub>0</sub> de 6,3% para 70 minutos. Já para a concentração de 25 mg L<sup>-1</sup> a concentração do corante foi inicialmente detectada em 100 minutos, representando 0,81% em C/C<sub>0</sub>. Maiores tempos de retenção foram obtidos para utilizando o corante na concentração de 25 mg L<sup>-1</sup> pelo fato de que em menores concentrações as moléculas do corante não ocupam completamente os grupos funcionais presentes na superfície do material, existindo ainda sítios disponíveis para interação de outras moléculas no meio.

**Figura 9: Influência das concentrações na coluna de leito fixo na adsorção do corante Turquesa Remazol G 133% em bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente. Condições: conc. 80 mg L<sup>-1</sup>, massa adsorvente: 2,0g.**



Fonte: produzido pelo próprio autor.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os experimentos de adsorção mostraram ser o bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente com cloreto de zinco ( $\text{ZnCl}_2$ ) um adsorvente em potencial, quando comparado ao *in natura*, para remover o corante Azul Turquesa Remazol G 133% em solução aquosa quando se ajustava o pH no menor nível (pH 2).

O equilíbrio de adsorção foi atingido rapidamente no tempo de adsorção de 120 minutos utilizando o bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente, classificando o processo como uma rápida cinética de adsorção, em contrapartida ao tempo de 240 minutos utilizando o bagaço de cana-de-açúcar *in natura*.

Maior valor para a capacidade de adsorção foi alcançado utilizando o bagaço de cana-de-açúcar tratado quimicamente com  $\text{ZnCl}_2$ , sugerindo uma modificação física na superfície adsorvente após contato um composto químico.

O Brasil é o maior produtor de cana, com capacidade de dobrar seu potencial, visando a máxima produção e o lucro. Além é claro de trabalhar em harmonia com o meio ambiente.

Por fim, esse trabalho mostrou a importância da utilização de um subproduto da agricultura como alternativa para resolução de um problema ambiental relacionado às indústrias têxteis.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, M.A.; RAHMAN, N.K. Equilibrium, kinetics and thermodynamic of Remazol Brilliant Orange 3R dye adsorption on coffee husk-based activated carbon. **Chemical Engineering Journal** v.170, p.154-161, 2011.

ALICE M. S. S. 2003, **Efeito da Força iônica da solução de equilíbrio na adsorção de Cd em Latossolos brasileiros**, Artigo em periódico indexado (ALISEDE)/EMBRAPA. Informação Tecnológica (SCT).

ALICE M. S. S. Isoterma de Adsorção, Universidade Federal de Santa Maria, 2003  
Alves O. L. **Material reduz impacto ambiental da indústria têxtil**, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

ANDRE I. H. S. **Adsorventes naturais para a melhoria da qualidade das águas**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

ANTONIALI N. ET AL., **Caracterização e Propostas de tratamento para efluentes de indústria têxtil**, Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2009.

BRUGNARO, C.; SBRAGIA, R. (Coord.) *Gerência agrícola em destilarias de álcool*. 2. ed. Piracicaba: Ministério da Indústria e do Comércio, 1986. 212 p.

CARDOSO, N.F., PINTO, R.B., LIMA, E.C., CALVETE, C., AMACISCA, C.V., ROYER, B., CUNHA, M.L., FERNANDES, T.H.M., PINTO, I.S. **Removal of remazol black B textile dye from aqueous solution by adsorption**. *Desalination* (269), p. 92-103, (2011).

CASAS 2004, **Tratamento de Efluente industriais utilizando a radiação ionizante de acelerador industrial de elétrons e por adsorção com carvão ativado. Estudo comparativo**. Instituto de pesquisa energética e nucleares. Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2004.

GUARANTINI E ZANONI. **Corantes Têxteis**. Departamento de Química Analítica, UNESP, 1999.

GUPTA, V.K., SUHAS. **Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review**. *Journal of Environmental Management* (90), p. 2313-2342, 2009.

HONÓRIO G. S. ET AL, II 245 **Estudo da Cinética de Adsorção de um Corante de Efluente de Indústria Têxtil por Argilas Esmeclitas da região do Araripe PE**, 2005.

HONORORIO S., **Estudo da cinética de adsorção de um corante de efluente de indústria têxtil por argilas esmeclitas da região do Araripe-PE**, Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

JESUS, A.M.D., ROMÃO, L.P.C., ARAÚJO, B.R., COSTA, A.S., MARQUES, J.J. **Use of humin as an alternative material for adsorption/desorption of reactive dyes**. Desalination (274), p.13-21, 2011.

K. SANTHY, P. SELVAPATHY, **Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon**, Bioresource Technology (97), p.1329–1336, 2006.

KUNZ, A. 2001, **Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis**, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, 2001.

KUNZ, A. 1999. **“Remediação de Efluente Têxtil: Combinação entre Processo Químico (ozônio) e Biológico (p. chrysosporium)”**, Tese de Doutorado do Instituto de Química, Unicamp, Campinas SP, p130.

KUNZ, P. PERALTA-ZAMORA, S. G. MORAES, N. DURÁN. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química Nova (25), p.78-82, 2002.

MACHADO F. M. **Adsorção do corante sintético vermelho reativo 194 de efluente aquoso por nanotubos de carbono de paredes múltiplas e por carvão ativo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011

LUZ, E, R, SILVA, M.I.P., TELLEZ, C.A.S. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro departamento de Química. **Predição de propriedades de gasolinas usando espectroscopia FTIR e regressão por mínimos quadrados parciais 2003**. Dissertação Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química, Rio de Janeiro, 2003.

MARCONI E LAKATOS, **Manual de metodologia da Pesquisa Científica**, Rio de Janeiro, Centro de Pesquisa e Estudo de pessoal, 2003.

MENEZES I. C. **Degradação fotocatalítica de efluentes líquidos colorido, usando um reator de tubos concêntricos**, 23º congresso de engenharia sanitária e ambiental, 2005.

MORAES, S. G. 1999. **“Processo fotocatalítico combinado com sistemas biológicos no tratamento de efluentes têxteis”**, Tese de Doutorado do Instituto de Química, Unicamp, Campinas SP, p 141.

MORAIS S. A. L. **Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis.** Revista árvore vol.29 número 3 Viçosa 2005

NAMASIVAYAM, C., SANGEETHA, D. **Removal of molybdate from water by adsorption onto ZnCl<sub>2</sub> activated coir pith carbon.** *Bioresource Technology* (97), p. 1194-1200, 2006.

ORLANDO FILHO, J.A. **produção da cana**, 2007. Disponível em: .Acesso em: 02 jun 2009-06-25.

P.C., BIANCHI, R., VESTRAETE, W. 1998. **“Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: review of emerging technologies”**, *J. Chemical Technology and Biotechnology*, No.72, p 289-302.

PAVIA, D.L., LAMPMAN, G.M., KRIZ, G., VYVYAN, J. **Introdução à Espectroscopia.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PIRILLO, S. , PEDRONI, V., RUEDA, E., FERREIRA, M.J. **Elimination of dyes from aqueous solutions using iron oxides and chitosan as adsorbents.** A comparative study. *Química Nova* (32), p.1239-1244, 2009.

SANTOS, S. **Impacto Ambiental causado pela Industria Têxtil**, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

SCHONBEREGER, H. 1999. **“Pollution Prevention and Waste Reduction in the Textile Industry”**. Gottenheim, Germany, p. 8-71.

SOBREIRA, M. A. S. **Reuso Industrial de Têxteis como alternativa sustentável**, Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, 2011.

TAKESHI, H. **Cana no estado e São Paulo**, 2008. Disponível em: <http://www.takeshi.inf.br>. Acesso em: 02 jun 2009.

VALDMAN, E.; ERIJMAN, L.; PESSOA, F.L.P.; LEITE, S.G.F. **Continuous Biosorption of Cu and Zn by Immobilized Waste Biomass *Sargassum* sp.** *Process Biochemistry*, (36), p.869-873, 2001.

VASCONCELOS, EVA, **Análise da Industria Têxtil e o do Vestuário**, Espinoff acadêmico, Universidade do Minho, 2006.

VOLESKY, B. **Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century**, *Hydrometallurgy* (59) p. 203–216, 2001.