



**II-196 - ADSORÇÃO DOS CORANTES LARANJA 2 GL 250%, AZUL TURQUESA GLL 160% E MISTURA DOS CORANTES EM CARVÃO ATIVADO GRANULAR E PÓ DE SERRAGEM DE PINUS SP.**

**Felipe Rangel Neves**

Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Barbara Costa Formica**

Acadêmica de Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Patricia Balestrin Brudzinski**

Acadêmica de Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (UTFPR).

**Fernando Hermes Passig**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DAQBI/UTFPR).

**Karina Querne de Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre e Doutora em Engenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba (DACOC/UTFPR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 - Ecoville - Curitiba - PR - CEP: 81280-340 - Brasil - Tel: (41) 3279-4500 - e-mail: kaquerne@utfpr.edu.br

**RESUMO**

Corantes são compostos orgânicos utilizados para dar cor e/ou conferir brilho a outras substâncias, sendo amplamente empregados nas indústrias de cosméticos, celulose, têxteis, alimentos dentre outros. No entanto, o complexo aromático presente na estrutura destes compostos torna-os altamente estáveis. Além disso, alguns tipos de corantes podem ser tóxicos ou até mesmo carcinogênicos, assim, o tratamento de efluentes contaminados por tais compostos é imprescindível. Atualmente os resultados de tratamentos dos efluentes do setor têxtil não tem sido satisfatório, processos de tratamento por adsorção visando à remoção de corantes têm sido estudados, isto porque, em geral, oferecem custos moderados em relação a outras técnicas pesquisadas, menor tempo de processamento e poucas variáveis a serem controladas.

Baseado nestes fatores, o âmbito deste trabalho foi avaliar a capacidade de adsorção de corantes, usados rotineiramente na indústria têxtil, usando carvão ativado granular e pó de serragem como adsorventes. Os adsorventes foram caracterizados e em seguida foram realizados ensaios com corantes puros e também a mistura entre eles. Com o objetivo de encontrar condições mais adequadas para a remoção, verificou-se a influência do pH, tempo de contato e concentração. Os estudos realizados mostraram que a serragem de madeira tem potencial de adsorção que pode ser explorado na remoção dos corantes diretos utilizados, e fatores como o pH podem otimizar a eficiência de remoção de cor, assim como outros fatores relacionados à interação entre adsorvente, adsorvato e meio reacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concentração, Eficiência de Remoção, Solução Aquosa, pH, Granulometria, Tempo de Contato.

**INTRODUÇÃO**

A contaminação ambiental e a poluição têm se tornado um problema cada vez mais crítico e frequente na sociedade. De acordo com a Lei 6.938/81 do Ministério do Meio Ambiente, define-se poluição como a degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais. Pode-se definir poluição como descarte de lixo orgânico industrial, gases poluentes e elementos químicos na água, solo e ar. Estes contaminantes prejudicam o



funcionamento dos ecossistemas, chegando a matar várias espécies de animais e vegetais, além de prejudicarem os recursos hídricos. Com isso uma crescente preocupação com o ambiente tem incentivado pesquisa e desenvolvimento de tecnologias cada vez mais eficientes e de baixo custo para promover controle e prevenção da poluição.

A contaminação de águas é um fator cada vez mais evidenciado e seu uso racional nos processos produtivos tem sido motivo de atenção das indústrias, principalmente daquelas que possuem maior demanda de água. A indústria têxtil consome cerca de 15% da água, gerando rejeitos na maioria dos casos extremamente contaminados depois dos processos. A presença de corantes que não se fixam na fibra tornam os efluentes têxteis altamente coloridos (TWARDOKUS, 2005).

Os corantes são visualmente detectáveis e causam problemas de natureza estética nos corpos de água receptores, mesmo quando presentes em pequenas quantidades. Além disso, a maioria dos corantes é resistente à biodegradação, à fotodegradação e à ação de agentes oxidantes e alguns podem induzir efeitos carcinogênicos e/ou mutagênicos (NEUMANN, 2000).

A escolha de um método adequado para eliminar os poluentes dos efluentes depende do tipo de substância a ser removida, composição, concentração e fluxo de produção do efluente. Dentre os métodos de tratamento, a adsorção tem se destacado como uma técnica de separação, principalmente por ser um processo de alta seletividade, a nível molecular, demonstrando-se eficaz e econômica (BELISÁRIO et al., 2009).

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência de remoção de cor de solução aquosa contendo os corantes Laranja 2 GL 250%, Azul Turquesa GLL 160% e mistura destes em igual proporção (bicromia) por adsorção com carvão ativado granular (CAG) e pó de serragem (PS) de *Pinus sp.*, visto que são corantes utilizados na etapa de tingimento de indústrias têxteis e que são lançados em corpos hídricos, imprimindo cor as águas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização físico-química do CAG e do pó de serragem compreendeu as determinações de pH (ASTM D 3838-80/1999), teor de umidade (ASTM D 2867/2004), teor de material volátil (ASTM D 5832-98/2003), teor de cinzas (ASTM D 2866-94/1999), densidade aparente (ABNT NBR 12076/1991), massa específica (método do frasco de Le Chatelier - NBR NM 23/2000 e picnômetro - NBR 6457/1996), número de iodo (ABNT NBR 12073/1991), porosidade (NBR 53/2009 e NBR 9778/1987) e granulometria (NBR NM 248/2001).

A varredura espectral foi realizada para determinar o comprimento de onda dos corantes Laranja 2 GL 250%, Azul Turquesa GLL 160% e da bicromia em solução de 0,15 g/L no espectrofotômetro Hach uv-vis modelo DR 5000 com preparo de 8 soluções da diluição da solução do corante. Com os resultados, foi possível construir a curva da concentração (g/L) versus absorvância (nm) e obter a equação de ajuste linear e o coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de cada corante e da bicromia.

Em cada ensaio de adsorção, 100 mL da solução aquosa de 0,15 g/L foram adicionados a massas de CAG e PS (0,10 g, 0,25 g, 0,5 g, 0,75 g e 1,0 g) em erlenmeyers de 125 mL. Os ensaios foram conduzidos na mesa agitadora Shaker modelo SL222 sob agitação constante de 120 rpm e temperatura de 30 °C.

Alíquotas de 10 mL das amostras foram retiradas dos erlenmeyers em intervalos de tempo pré-determinados (15, 30, 60, 90, 120, 135 e 150 min) e o adsorvente foi separado da solução por filtração em papel qualitativo e determinada a absorvância. A concentração residual foi determinada usando valores de absorvância medidos antes e após o ensaio de adsorção.

Posteriormente foram realizados ensaios de adsorção com variação de pH, determinando-se o pH da solução de 0,15 g/L de cada corante com auxílio de um pHmetro de bancada PHTEK PHS-3E. E a partir deste valor, foram ajustados os valores de pH para 4,0 e 10,0 com soluções de ácido sulfúrico 0,005 M e solução de hidróxido de sódio 0,005 M, respectivamente.

A massa de adsorvente de 1,0 g e tempo de 150 minutos foram definidos para os ensaios de pH por terem sido notados os melhores resultados de adsorção em ensaios prévios.

## RESULTADOS OBTIDOS

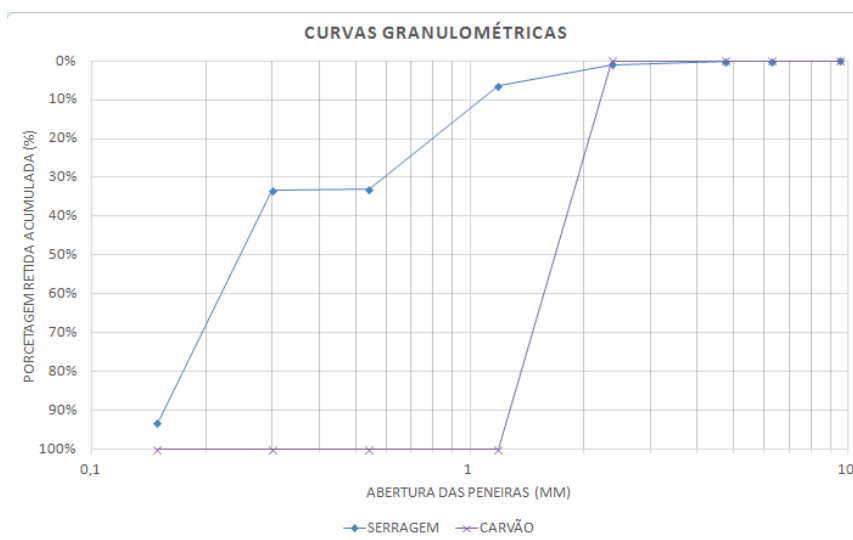
Os resultados das análises de granulometria do carvão ativado granular (CAG) e do pó de serragem (PS) são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Porcentagem retida do CAG e do PS nos ensaios de granulometria.**

CAG (% em massa)	PS (% em massa)	Peneiras (diâmetro da partícula mm)
-	0,11	6,3
100	0,131	4,8
-	0,678	2,4
-	5,44	1,2
-	26,74	0,6
-	0,30	0,3
-	59,97	0,15
-	6,60	FUNDO

Pelos valores da Tabela 1 é possível observar 100% da massa do carvão ativado granular ficou retida nas peneiras com dimensões maiores de 4,8 mm, diferentemente da massa do pó de serragem na qual foi verificada retenção em todas as peneiras, inclusive no fundo. O resultado da granulometria realizada se difere de FERRAZ (2011), pois o CAG se acumula também em outras aberturas de peneiras. Já os resultados para o PS ficam similares aos verificados por TEIXEIRA (2006).

Na Figura 1 são apresentados os resultados dos ensaios de granulometria para o pó de serragem e carvão ativado granular.



**Figura 1: Curvas granulométricas dos materiais.**

Na Tabela 2 são apresentados os dados da caracterização físico-química do CAG E PS.

**Tabela 2: Resultados médios e desvio padrão da caracterização do CAG e PS.**

Parâmetros	Carvão ativado	Pó de serragem
pH	6,7 ± 0,08	4,17 ± 0,08
Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,63 ± 0,01	0,24 ± 0,01
Densidade Relativa (g/cm <sup>3</sup> )	1,27 ± 0,01	1,22 ± 0,01
Teor de Umidade (%)	49 ± 0,01	6,37 ± 0,01
Material Volátil (%)	51 ± 0,03	-
Teor de cinza (%)	6,25 ± 0,35	-
Número de Iodo (mg/g)	665,86	119,41
Porosidade (índice de vazios)	33,21%	77,34%

Na Tabela 2 é possível notar que os valores de pH para CAG e PS resultaram em  $6,7 \pm 0,08$  e  $4,17 \pm 0,08$  respectivamente, similares aos valores verificados por Garg et al. (2004) na faixa de 6,5 a 7,5 para CAG e 2,0 a 4,0 para PS.

Os valores de densidade aparente e relativa são um dos parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas, pois afeta todas as demais propriedades e os efeitos são interativos e dificulta quando avaliados isoladamente. O valor da densidade aparente é próximo ao obtido por Loureiro (2012) com um valor de  $0,62 \text{ g/cm}^3$  para carvão ativado. Dantas Filho (2004) obteve  $0,179 \text{ kg/dm}^3$  para densidade aparente de PS.

O valor médio do teor de umidade foi de  $49 \pm 0,01\%$ , sendo de importância a remoção de umidade dos carvões ativados, pois a molécula de água ocupa a superfície do sólido, reduzindo sua atividade. O valor encontrado para o material adsorvente foi superior ao valor encontrado por Loureiro (2012) de 6,24% para carvão ativado granular e  $9,1 \pm 0,1$  para PS segundo Dantas Filho (2004).

Os parâmetros físicos afetados pelo teor de material volátil são: área superficial específica, e distribuição de porosidade, sendo que nessa caracterização não pode-se aplicar ao pó de serragem devido as altas temperaturas de  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  que acarretariam em combustão. Valores maiores de materiais voláteis significam valores baixos de área superficial específica (LOUREIRO, 2012).

O valor médio obtido para teor de cinzas foi de  $6,25 \pm 0,35\%$  CAG, superior a 2,5% encontrado por Garg et al. (2004).

O valor médio do número de iodo está na faixa recomendada na norma NBR 12073/1991 (ABNT, 1991), que indica um limite mínimo de 600 mg/g e resultou superior ao obtido por Loureiro (2012) de 575,37 mg/g para carvão ativado granular.

### INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO

Os valores de comprimento de onda para cada corante, obtidos por varredura com um Espectrofotômetro Hach UV-Vis modelo DR 5000 são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3: Valores de comprimento de onda para os corantes estudados.**

Corante	Comprimento de onda (nm)	Equação
Laranja 2 GL 250%	713	$y = (A - 2,15578 \cdot 10^{-4})/6,59123$ $R^2 = 0,99823$
Azul Turquesa GLL 160%	530	$y = (A + 4,37136 \cdot 10^{-4})/6,52326$ $R^2 = 0,98987$
Bicromia	690	$y = (A - 0,00588)/6,71067$ $R^2 = 0,99665$

O valor do  $R^2$  similar a 1,0 indica relação linear entre a concentração e a absorvância, justificando a variação dos dados (LOUREIRO, 2012), o que pode ser observado no ajuste linear obtidos para os três corantes estudados.

Nas Figuras 2, 3 e 4 estão apresentados os resultados das variações de remoção em função do tempo e das massas do carvão ativado granular a temperatura de 30 °C dos corantes Laranja 2 GL 250%, Azul Turquesa GLL 160% e mistura de 50% Laranja 2 GL 250% com 50% Azul Turquesa GLL 160% (Bicromia), respectivamente.

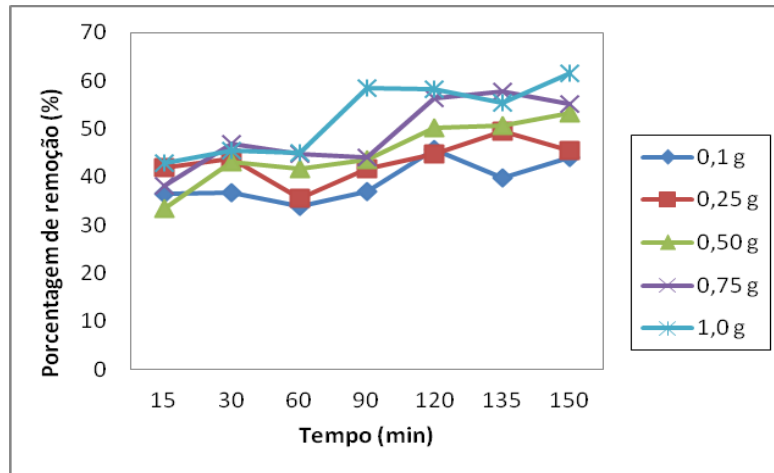


Figura 2: Variação da porcentagem de remoção (%) do corante Laranja 2 GL 250% em função do tempo (min) e das massas do CAG a temperatura de 30 °C.

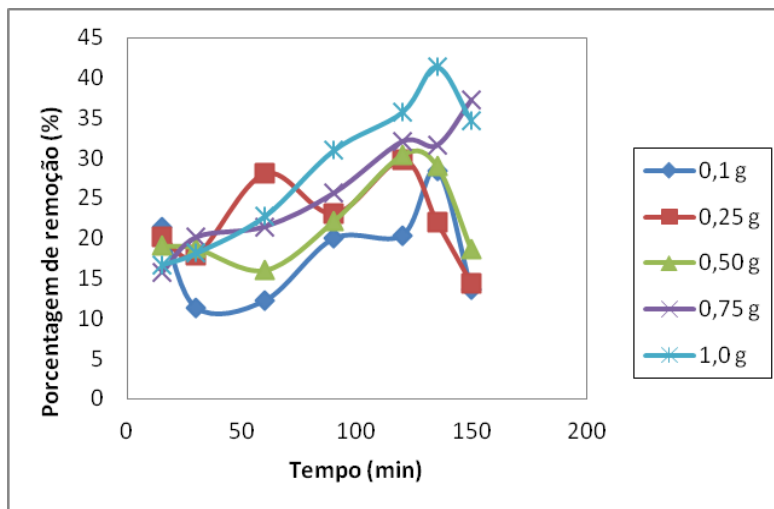
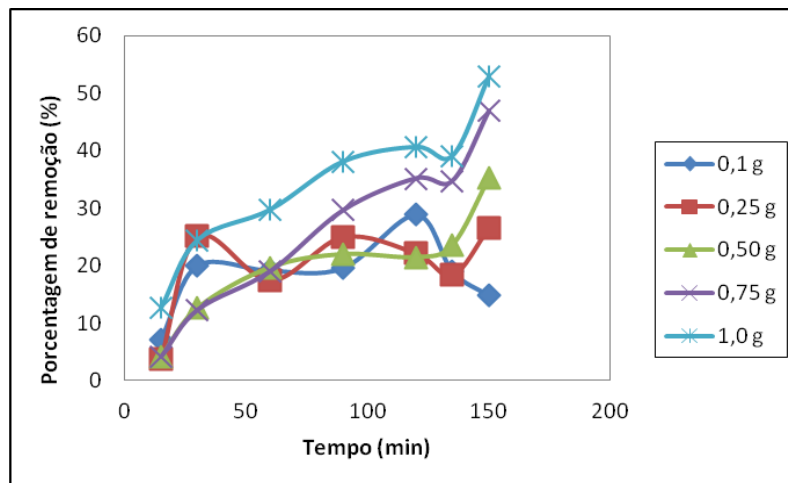


Figura 3: Variação da porcentagem de remoção (%) do corante Azul Turquesa GLL 160% em função do tempo (min) e das massas do CAG a temperatura de 30 °C.



**Figura 4: Variação da porcentagem de remoção (%) da mistura de 50% Laranja 2 GL 250% com 50% Azul Turquesa GLL 160% (Bicromia) em função do tempo (min) e das massas do CAG a temperatura de 30 °C.**

A maior remoção dos corantes foi verificada nas amostras contendo maiores massas de carvão ativado (1,0 g) para o Laranja 2 GL 250% de 62%, Azul Turquesa GLL 160% de 41% e para Bicromia de 53%, que pode ser justificado pelo fato do carvão ativado ser material com elevada área superficial e porosidade, ou seja, quanto maior a quantidade de adsorvente, maior será o número de sítios superficiais livres (GARG et al., 2004). O carvão ativado reage com a solução adsorvendo o corante em sua superfície, e esta remoção pode ser avaliada pela diminuição da intensidade da cor.

Ainda que a porcentagem de remoção seja um parâmetro profundamente dependente do material adsorvido (adsorvato), pode-se comparar os resultados obtidos com os de azul de metileno com remoção de 77,4% a 30 °C em 1 g de CAG (IKENO, 2013) e de herbicida 2,4-D com remoção de 75,64% para 0,9 g de CAP (carvão ativado pulverizado).

As melhores eficiências de remoção ocorreram no maior período de tempo (150 minutos) para o Laranja 2 GL 250% e Bicromia e de 135 minutos para o Azul Turquesa GLL 160%. Isto deve ao fato de que após a saturação não ocorre mais o processo de adsorção e o excesso de soluto pode ter gerado competição, o que também foi observado com o corante azul de metileno e babaçu in natura como adsorvente por Leal et al. (2012).

De acordo com Baldissarelli (2006), a superfície do carvão ativado possui quantidade definida de sítios disponíveis para adsorção em determinada temperatura. Se a solução apresentar concentração inicial baixa, muitos sítios superficiais do carvão ativado não serão ocupados pelas moléculas do corante. O aumento da concentração inicial do corante, portanto, aumenta o número de sítios ocupados até que se atinja a saturação da superfície do adsorvente.

Nas Figuras 5, 6 e 7 são apresentados os resultados das variações de remoção em função do tempo e das massas de pó de serragem (PS) a temperatura de 30 °C dos corantes Laranja 2 GL 250%, Azul Turquesa GLL 160% e mistura de 50% Laranja 2 GL 250% com 50% Azul Turquesa GLL 160% (Bicromia), respectivamente.



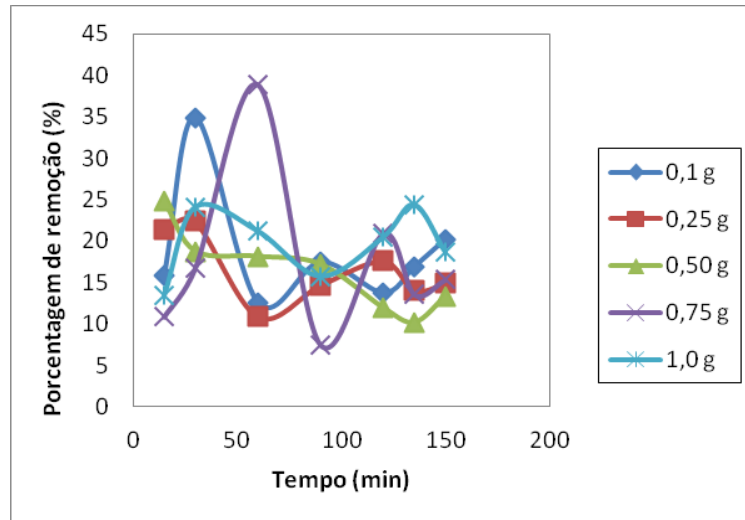


Figura 5: Variação da porcentagem de remoção (%) do corante Laranja 2 GL 250% em função do tempo (min) e das massas do PS a temperatura de 30 °C.

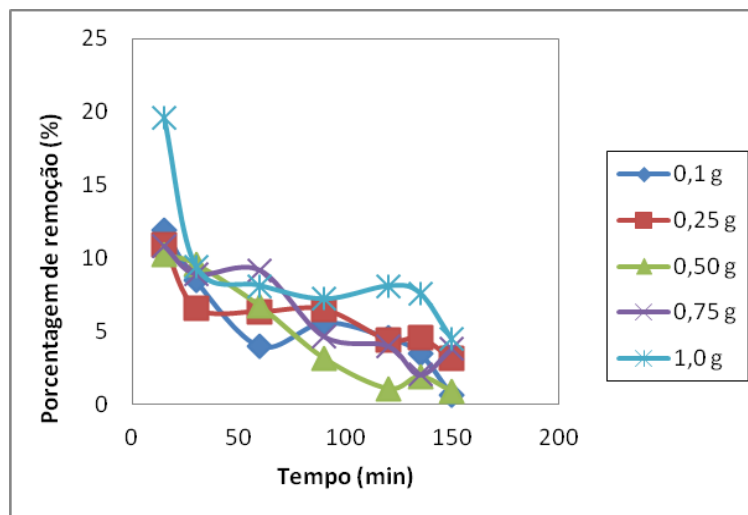


Figura 6: Variação da porcentagem de remoção (%) do corante Azul Turquesa GLL 160% em função do tempo (min) e das massas do PS a temperatura de 30 °C.

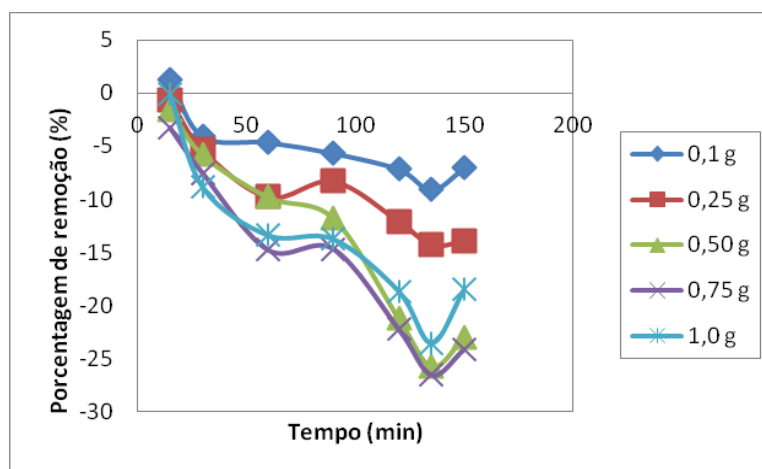


Figura 7: Variação da porcentagem de remoção (%) da mistura de 50% Laranja 2 GL 250% com 50% Azul Turquesa GLL 160% (Bicromia) em função do tempo (min) e das massas do PS a temperatura de 30 °C.

Os resultados dos ensaios para os corantes estudados mostram que nos primeiros minutos de reação, observou-se maior adsorção de corante pelo pó de serragem, pois a alta concentração da solução promoveu o preenchimento dos sítios disponíveis na superfície da serragem. Outros ensaios realizados também verificaram este comportamento para a serragem (IKENO, 2013; LOUREIRO, 2012).

A melhor porcentagem de remoção para o corante Laranja 2 GL 250% foi de 39%, para o Azul Turquesa GLL 160% foi de 20% e para o Bicromia foi de 1%. Os valores negativos são justificados pelo fato da serragem devolver cor ao meio aquoso. O processo de adsorção inicial consiste no preenchimento dos sítios ativos no primeiro contato do adsorvente pelo corante, ou seja, o preenchimento da camada limite externa, que se difunde com o interior poroso do material e depois a adsorção se torna mais lenta (DABROWSKI, 2001; TUMLOS et al., 2011). Assim, considera-se o melhor ponto de remoção sendo dado pela preferência de tempos curtos de adsorção segundo Akgül et al. (2006).

### EFEITO DA VARIAÇÃO DE pH

Para o Laranja 2 GL 250%, observa-se pela Tabela 4 que a alteração de pH não melhorou o índice de remoção do carvão ativado; contudo, a serragem apresentou melhor resultado em meio ácido.

Os resultados da remoção de cor com PS foram mais eficazes em pH 4,0, possivelmente porque o átomo de  $\beta$ -nitrogênio presente na ligação azo possui um átomo de hidrogênio que torna a molécula vulnerável ao ataque de radicais hidroxila (GALINDO et al. *apud* VUJEVIC et al., 2004).

A eficiência aumentada da serragem de *Pinus sp.* e Itaúba em pH ácido também foi observada por Pelisson et al. (2012) e justificada pela maior protonação dos grupos funcionais do adsorvente (FREITAS *apud* PELISSON, 2012), o que facilita a atração das moléculas do corante, cuja natureza é aniônica.

**Tabela 4: Ensaio de adsorção com variação de pH para corante Laranja 2 GL 250% adsorvido em 1 g de adsorvente.**

pH	Carvão ativado: remoção (%)	Serragem: remoção (%)
4,0	32,97	44,75
7,45	42,87	25,08
10,0	32,27	20,25

O pigmento Azul Turquesa GLL 160% apresenta em sua estrutura grupos sulfito negativamente carregados, logo, a solução acidificada favorece a adsorção, o que pode ser verificado nos resultados de eficiência apresentados na Tabela 4. O pH 4,0 também foi observado como sendo o valor ótimo para adsorção do mesmo pigmento em superfície fotocatalítica de  $\text{TiO}_2$  (SAIEN et al., 2007).

Em meio ácido (pH 4,0), o PS apresentou maior eficiência do que o CAG na adsorção do corante Azul Turquesa GLL 160%, pois a molécula do corante possui cargas negativas que são fortemente atraídas pelos grupos protonados presentes na serragem.

Os valores negativos observados nas eficiências de remoção da serragem nos pHs original e básico significam que o valor registrado para absorvância antes do início do ensaio de adsorção foi menor do que o valor medido ao final do ensaio, o que contraria o comportamento esperado para este procedimento.

Assim, os números negativos não têm valor prático para este estudo, e podem ter sido ocasionados a) por reações concorrentes entre substâncias químicas presentes na serragem e a solução do corante; b) desorção do corante devido à saturação dos poros do adsorvente; c) liberação de compostos químicos oriundos da serragem, escurecendo assim a solução do corante, por conseguinte, aumentando o valor da absorvância medida. As paredes celulares da serragem são constituídas por celulose e lignina, além de grupos hidroxila (taninos e compostos fenólicos), que são compostos ativos de troca iônica (BATZIAS et al., 2007).



**Tabela 5: Ensaio de adsorção com variação de pH para corante Azul Turquesa GLL 160% adsorvido em 1 g de adsorvente.**

pH	Carvão ativado: remoção (%)	Serragem: remoção (%)
4,0	25,07	26,12
7,44	13	-5,44
10,0	13,22	-4,56

A bicromia resultou em maior adsorção em meio básico (pH 10,0) para o CAG, conforme é apresentado na Tabela 5, o que pode ser justificado pela própria estrutura superficial do material com características ácidas e básicas. Carboxilas, lactonas e fenóis são responsáveis pelo comportamento ácido do carvão ativado, enquanto piranos, éteres, hidroxilas e carbonilas respondem pelas propriedades básicas na superfície do carvão (LÓPEZ-RAMÓN et al., 1999).

Os resultados para a adsorção em serragem apresentaram valores negativos, possivelmente pelo mesmo motivo justificado para o corante Azul Turquesa GLL 160%, dado que se trata de uma mistura contendo este corante, e cujos resultados de eficiência também foram negativos para o PS.

**Tabela 5: Ensaio de adsorção com variação de pH para a bicromia (mistura 50/50 dos corantes Laranja 2 GL 250% 50% + Azul Turquesa GLL 160%) adsorvida em 1 g de adsorvente.**

pH	Carvão ativado: remoção (%)	Serragem: remoção (%)
4,0	1,7	-7,4
7,71	12,49	-8,27
10,0	22,68	-15,3

## CONCLUSÕES

O pó de serragem de madeira apresentou resultado satisfatório na adsorção dos corantes diretos (aniônicos) Laranja 2GL 250% e Azul Turquesa GLL 160%, mas, no entanto, algumas peculiaridades deste material exigem um estudo mais aprofundado, de modo a adaptar o meio reacional e otimizar a remoção de cor.

O pH é um fator importante no controle da eficiência do processo, pois sua oscilação pode favorecer ou desfavorecer reações químicas, tanto na solução quanto no próprio substrato (adsorvente).

A comparação entre as eficiências do carvão ativado granular e do pó de serragem teve a finalidade de analisar as semelhanças entre ambos. Assim, com base nas propriedades físico-químicas da serragem e do corante, é possível investigar as interações químicas específicas deste processo de adsorção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Araucária pela concessão da bolsa de iniciação científica do graduando Felipe Rangel Neves e ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica da graduanda Barbara Costa Formica; e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Curitiba, sede Ecoville pela infra-estrutura para realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12076: Carvão ativado pulverizado - Determinação da massa específica aparente. Código Secundário: MB 3413. Rio de Janeiro, 1991.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12073:1991: Carvão ativado pulverizado - Determinação do número de iodo - Método de ensaio. 1991.



3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 53:2009: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 2009.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457 – Amostra de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação. 1986.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508 – Determinação da Massa Específica. 1984.
6. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778:1987: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica - Método de ensaio. 1987.
7. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23:2000 - Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. 2000.
8. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248:2001: Agregados - Determinação da composição granulométrica. 2001.
9. AKGÜL, M.; KARABAKAN, A.; ACAR, O.; YÜRÜM, Y. Removal Of Silver (I) From Aqueous Solutions With Clinoptilolite. Microporous and Mesoporous Materials. v. 94, n. 2006, 99-104p. Ankara, maio. 2006.
10. ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. D 2866/1994: Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon.
11. ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. D 2867-2004: Standard Test Method for Moisture in Activated Carbon. 2004.
12. ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. D 3838-1980: Standard Test Method for pH of Activated Carbon. 1999.
13. ASTM - AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. D 5832-1998/2003: Standard Test Method for Volatile Matter Content of Activated Carbon.
14. BALDISSARELLI, V. Z. Estudo da adsorção do corante reativo preto 5 sobre carvão ativado: caracterização do adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Regional de Blumenau. 2006.
15. BATZIAS, F.A.; SIDIRAS, D. K. Simulation of dye adsorption by beech sawdust as affected by pH. Journal of Hazardous Materials, vol.141 pp 668–679, 2007.
16. BELISÁRIO, M.; BORGES, P. S.; GALAZZI, R. M.; PIERO, P. B. Del; ZORZAL, P. B.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. O emprego de resíduos naturais no tratamento de efluentes contaminados com fármacos poluentes. Inter Science Place. 10, 2009.
17. DABROWSKI, A. Adsorption – From Theory To Practice. Adv. Colloid Interface Sci. v. 93, n. 2001, p 135-224. Pequim, jan. 2001.
18. DANTAS FILHO, F. P. Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural. Dissertação de Mestrado - UNICAMP, 2004.
19. FERRAZ, D. L. L. Remoção de fenóis por adsorção de efluente de refinaria de petróleo. Dissertação de Mestrado - UNICAMP, 2011.
20. GARG, V. K.; AMITA, M.; KUMAR, R.; GUPTA, R. Basic dye (methylene blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust: a timber industry waste. Dyes and Pigments, v. 63, 2004.
21. IKENO, D. S. Remoção de Azul Turquesa GLL 160% de metileno por adsorção usando pó de serragem do gênero Pinus sp. 2013. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
22. LEAL, P. V. B.; GREGÓRIO, A. M.; OTONI, E.; SILVA, P. R.; KRAUSER, M. de O.; HOLZBAC, J. C. Estudo da adsorção do corante Azul Turquesa GLL 160% de metileno em resíduos de babaçu. Journal of Biotechnology and Biodiversity. Vol. 3, N. 4. p. 166-171, nov. 2012.
23. LÓPEZ-RAMÓN, M. V.; STOECKLI, F.; MORENO-CASTILLA, C.; CARRASCO-MARÍN, F. On the characterization of acids and basic surface sites on carbons by various techniques. Carbon, v. 37, n. 8, pp 1215-1221. Elmsford, 1999.
24. LOUREIRO, L. F. Avaliação do herbicida 2,4D em carvão ativado em pó e granular por meio de análise de isotermas de adsorção utilizando diferentes qualidades de água. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.
25. NEUMANN, M. G; GESSNER, F; CIONE, A. P. P.; SARTORI, A. R; CAVALHEIRO, S. C. C., Interações entre corantes e argilas em suspensão aquosa. Química Nova. 23, 818-824, 2000.



26. PELISSON, M. R.; BARROS DE ALMEIDA, P.; ANTUNES MARTIM, C.; FERNANDES MONTANHER, S. Utilização de serragem como material adsorvente alternativo para a remoção de Cromo (VI). 52º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, Recife, 2012.
27. SAIEN, J.; SHAHREZAEI, F. Decolorization and mineralization of Direct Blue 86 by UV/TiO<sub>2</sub> process: Investigations on the effect of operational parameters. J. Sci. I. A. U (JSIAU), vol. 17, n. 64, 2007.
28. TEIXEIRA, M. G. Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial. 10º EBRAMEN. 15 pp. 2006.
29. TUMLOS, R.; TING, J.; OSORIO, E.; ROSARIO, L.; RAMOS, H.; ULANO, A.; LEE, H.; REGALADO, G. Result of the study of chemical, Vacuum Dying- And Plasma-Pretreatment Of Coconut (*Cocos Nucifera*) Lumber Sawdust For The Adsorption Of Methyl Red In Water Solution. Surface & Coatings Technology, v. 205, n. 2011, p S425-S429. Marília, fev. 2011.
30. TWARDOKUS, R. G.; SOUZA, A. A. U.; SOUZA, S. M. A. G. U. Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil. Revista Química Têxtil, n.79, p. 32, jun. 2005.
31. VUJEVIC, D.; KOPRIVANAC, N.; LONCARIC BOZIC, A.; LOCKE, B. R. The removal of Direct Orange 39 by pulsed corona discharge from model wastewater. Environmental Technology, vol. 25. pp 791-800, 2004.