

## ADSORÇÃO DE CORANTES DE EFLUENTE TÊXTIL POR RESÍDUOS DA BANANICULTURA

### Brayam Luiz Batista Perini<sup>(1)</sup>

Engenheiro Químico (PUC-PR), Mestrando em Engenharia de Processos (UNIVILLE), Professor Colaborador da UDESC – Campus Planalto Norte e Professor de Ensino Médio Técnico do SENAI/SC de Jaraguá do Sul.

### Juliane Luize Drews

Aluna do Curso Técnico em Química (SENAI/SC).

### Sindhy Karolina Kluge Cunha

Aluna do Curso Técnico em Química (SENAI/SC).

### Diego Ricardo Krohl

Mestrando em Engenharia de Processos (UNIVILLE).

### Noeli Sellin

Professora Doutora do Programa de Mestrado em Engenharia de Processos (UNIVILLE).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Rua Paulo Malschitzki, 10, Bom Retiro, Joinville/SC, CEP: 89201-972. Email: [braperini@gmail.com](mailto:braperini@gmail.com)

### RESUMO

Um dos maiores problemas ambientais gerados nas atividades de uma indústria têxtil é a grande quantidade de despejos altamente poluidores, dentre os poluentes destacam-se os corantes. Diversas tecnologias inovadoras que apresentem viabilidade econômica, surgem a partir de pesquisas científicas. Dentre elas, os processos de adsorção de corantes reativos por fibras naturais, como as presentes no pseudocaule de bananeira, podem ser citados como uma destas alternativas. Neste trabalho foi avaliada a capacidade de adsorção de um azocorante, reativo, aniônico e do grupo reativo monoclorotriazina, utilizando fibras de pseudocaule de bananeira previamente tratadas por solução  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de hidróxido de sódio e ácido clorídrico, como matriz adsorvente de baixo custo. O efluente de tingimento do processo industrial têxtil foi previamente analisado, e a partir da concentração média de corante deste efluente foi determinada a solução aquosa de 100 ppm do corante, a ser utilizada nos experimentos. Pode-se observar que no tempo de 120 minutos, as fibras de pseudocaule já se encontravam saturadas, e que as com tratamento ácido, obtiveram os melhores rendimentos. O rendimento máximo na remoção do corante foi de 57,67%. Os resultados obtidos foram comparados com efluentes reais de diferentes etapas do processo de tratamento de uma indústria têxtil, e uma alteração no processo convencional foi proposta. Desta forma, conclui-se que as fibras do pseudocaule da bananeira apresentam potencial para atuação como biossorbentes para uma remoção prévia de corantes reativos utilizados em processo industrial têxtil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção, Fibra de Bananeira, Efluente Têxtil, Corantes Reativos.

### INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis são de grande importância para economia brasileira, sendo que o estado de Santa Catarina é um dos maiores polos têxteis em volume de produção. O processamento têxtil, principalmente nas etapas de tingimento e acabamento, requer um grande volume de água e é gerador de grande quantidade de despejos altamente poluidores, contendo elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos ao homem e ao meio ambiente (Hassmer e Sens, 2002). Uma das maiores dificuldades em tratar estes efluentes, está na presença de elevadas quantidades de compostos orgânicos de baixa biodegradabilidade e de estrutura complexa, tais como: corantes, surfactantes e aditivos.

Efluentes oriundos de processo industrial têxtil envolvendo etapas de tingimento com corantes são altamente poluentes, de modo que grandes quantidades destes despejos são um dos maiores problemas ambientais. O principal desafio destas indústrias é reduzir a cor, a turbidez e a DQO destes efluentes, para satisfazer as regulamentações ambientais. Na indústria têxtil nacional, os processos de tratamento de efluentes têxteis mais empregados são os primários e secundários, ou seja, tratamento físico-químico por coagulação/floculação e biológico por lodos ativados (Beltrame, 2000). Neste processo de tratamento convencional, a homogeneização de todos efluentes do processo de indústrias têxteis é realizada nos tanques de equalização, onde efluentes das etapas de acabamento, em maiores quantidades e com

menores teores de corantes, são misturados aos efluentes da etapa de tingimento com altos teores de corantes. Desta forma os teores de corantes dos efluentes de lavagem são elevados pela carga dos efluentes de tingimento. A descontaminação dos compostos é um dos grandes problemas ambientais, sobretudo considerando que os corantes não pertencem a uma mesma classe de compostos químicos, que por sua vez requerem métodos específicos para identificação, quantificação e degradação.

Os corantes são empregados nas mais diversificadas indústrias, contando com um alto consumo anual. Seus efeitos são maléficos, já que são substâncias carcinogênicas. A maioria dos corantes comercialmente usados é resistente à biodegradação, à fotodegradação e à ação de agentes oxidantes. Segundo Kunz *et al.* (2002), os azo corantes e os corantes reativos são normalmente utilizados na indústria têxtil, e são removidos dos efluentes por processos de biodegradação. Diante de compostos corantes de difícil degradação contidos nos efluentes têxteis, existem inúmeras pesquisas de novos materiais com aplicações inovadoras, tais como oxidação avançada  $H_2O_2/UV$ , ozonização, troca iônica, irradiação e adsorção.

A adsorção é uma das técnicas que tem sido empregada com sucesso na efetiva remoção de corantes. Este processo encontra grande aplicação industrial, pois associa baixo custo e elevadas taxas de remoção. Além disso, em alguns casos possibilita a recuperação do corante sem perda de sua identidade química por ser um método não destrutivo. O carvão ativado é o mais popular e eficiente adsorvente usado. Entretanto, o alto custo restringe o seu uso, principalmente em países em desenvolvimento (Cunico, *et al.*, 2009) O processo de adsorção de determinados corantes por fibras naturais como a fibra de coco verde, fibra de bagaço de cana de açúcar e resíduos da bananicultura, pode ser citado como uma solução alternativa que apresenta viabilidade econômica, juntamente de um menor risco ao meio ambiente.

Estas fibras naturais de baixo custo usadas como matrizes absorventes contêm cargas negativas de celulose, quando submersas em água, as quais repelem os corantes aniônicos. O eletrólito reduz ou extingue a carga da fibra, facilitando a aproximação do íon corante pelo adsorvente no qual as pontes de hidrogênio ou as forças não polares de Van der Waals podem tornar-se eficazes. Quanto maior for o número de cargas eletronegativas no íon corante, maior a repulsão exercida pela fibra. Esses adsorventes de baixo custo podem ser modificados em pH ácido para reduzir a repulsão dos íons (Vasques, *et al.*, 2011).

A partir destas constatações, propõe-se avaliar e investigar a capacidade de adsorção de corantes utilizados em indústria têxtil e contidos nos efluentes, por fibras de pseudocaule da bananeira tratadas quimicamente por solução ácida e por solução básica, para remoção de corante de soluções de concentração semelhante à dos efluentes gerados no processo de tingimento, comparando com a eficiência dos métodos já empregados nos processos convencionais de tratamento de efluente têxtil.

## METODOLOGIA

O corante utilizado no processo de tingimento da indústria têxtil, cujo efluente é o objeto deste estudo, é o Preto Colorsupra ACR supra, corante reativo, aniônico e pertencente ao grupo Reativo Monoclorotriazina (MCT), foi fornecido pela empresa Color Química do Brasil. Inicialmente para as análises de espectroscopia de absorção ultravioleta (UV) em espectrofotômetro RS 232, Secomam, faixa de 350 a 630nm foi preparada solução do corante diluído em água destilada com concentração 25mg/L. Posteriormente, a partir do corante aniônico, foram preparadas soluções diluídas em água destilada de concentração 25, 50, 100, 150 e 200mg/L, e verificadas as absorbâncias no comprimento de onda 600nm, para cada uma delas. A partir dos dados de concentração e absorbância, utilizando o método dos mínimos quadrados, construiu-se uma curva de calibração.

O pseudocaule da bananeira sofreu um processo de prensagem mecânica para remoção do excesso de líquido, e posteriormente as fibras foram lavadas com água, secas em estufa à 60°C e fragmentadas em tamanhos inferiores a 5 mm. As fibras de bananeira sofreram um pré tratamento com ácido clorídrico e também com hidróxido de sódio, a  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , por duas horas, sendo na sequência lavadas com água deionizada duas vezes consecutivas e secas em estufa a 60 °C até peso constante, e em seguida mantidos em dessecador até o uso, conforme ilustra a Figura 1.

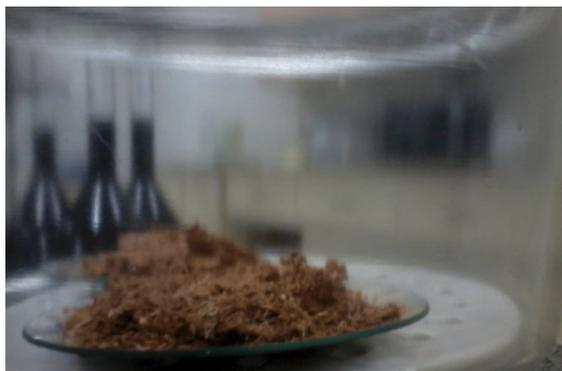


Figura 1: Resíduo pseudocaulis de bananeira

Para a análise das melhores condições de remoção dos corantes por adsorção, foram utilizadas amostras de 0,8 g, 1,2 g e 1,6 g de fibras de bananeira colocadas separadamente em beckers com 100mL de solução de corante de concentração 100mg/L ou 100 ppm. A temperatura foi mantida em 25°C com velocidade de agitação de 100rpm. A agitação foi mantida por 4 horas, e simultaneamente foi feita a avaliação da remoção de corante a cada hora, sendo que as amostras foram filtradas com papel filtro para remoção das fibras, para em seguida serem anotadas as leituras de absorvância. A verificação das concentrações foram feitas através da curva de calibração concentração de corante em mg/L por absorvância, conforme ilustra a Figura 2:

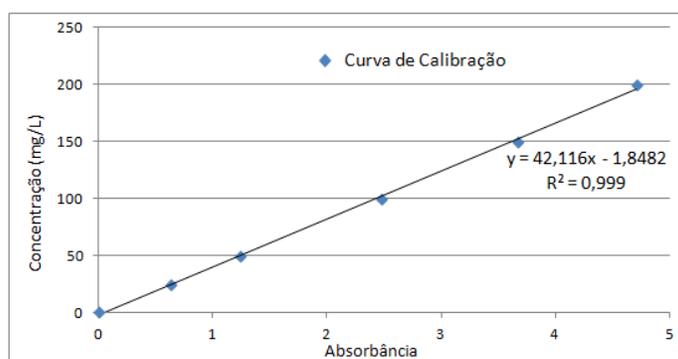


Figura 2: Curva de calibração

Os experimentos foram conduzidos em triplicata por 2 horas, para cada uma das condições pré selecionadas, tanto para fibras com tratamento ácido quanto para fibras com tratamento básico. A avaliação da remoção do parâmetro concentração de corante analisado no tratamento por adsorção através de fibras de resíduos de bananeira (pseudocaulis) será calculada pela Equação 1:

$$\% \text{ Eficiência} = \frac{\text{Parâmetro inicial} - \text{Parâmetro final}}{\text{Parâmetro inicial}} \times 100$$

equação (1)

Para fins de comparação, amostras de efluentes de processo industrial têxtil foram coletadas em diferentes estágios do processo de tratamento de efluente, hoje em utilização na indústria têxtil. A três primeiras amostras foram coletadas no tanque de equalização e foram consideradas amostras brutas sem tratamento, sendo que os efluentes de entrada do tanque de equalização também foram amostrados separadamente, provenientes das etapas de lavagem e da etapa de tingimento. A quarta amostra foi coletada após o tratamento primário, constituído de coagulação e decantação, e a última amostra foi coletada na saída da estação, após o processo de biodegradação por processo de lodo ativado. Inicialmente estas amostras serão caracterizadas por análises dos parâmetros concentração (mg/L). As análises de concentração serão realizadas com a leitura da absorvância e determinadas pela curva de calibração, as análises de turbidez serão realizadas em turbidímetro 2100, Hach, as análises de cor aparente serão realizadas em colorímetro aquacolor, Policontrol.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a empresa têxtil, apenas um corante é utilizado em maior escala durante a etapa de tingimento no processo, sendo que uma amostra deste corante foi fornecida para elaboração deste trabalho. A absorção UV da amostra com solução 25 mg/L deste corante foi analisada com o objetivo de verificar a região em que ocorre o máximo de absorção para o corante utilizado em maior quantidade no processo industrial têxtil, sendo que geralmente, é a faixa utilizada para avaliar a remoção de cor em efluentes têxteis após tratamento. Na figura 3 estão apresentados os espectros de absorção UV do corante.

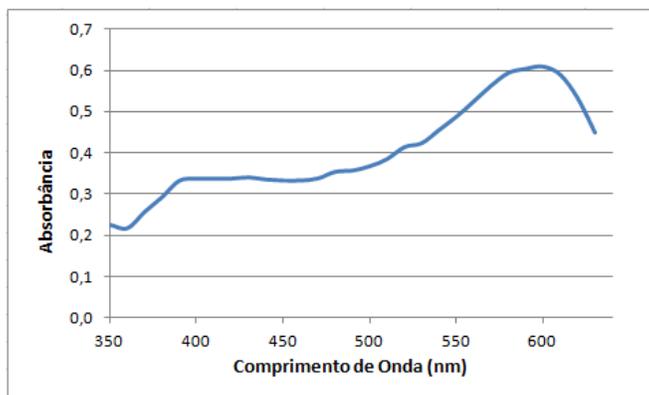


Figura 3: Espectros de absorção UV do corante

Na Figura 2, verifica-se o pico de absorção para o corante na região com comprimento de onda de 600 nm, demonstra que esta é a faixa em que houve a absorção máxima, sendo a faixa utilizada para avaliar a remoção de cor em que os experimentos foram conduzidos. Este corante com classe química reativa, de cromóforo azo e de grupo reativo monoclorotriazina apresentou absorbância máxima na mesma faixa de comprimento de onda do corante Reativo Preto 5 (RP5), utilizado nos estudos cinéticos de adsorção por Cunico *et al.* 2009.

A grande preocupação em estudar a cinética de adsorção de novas matrizes adsorventes de baixo custo, normalmente utilizando o modelo cinético de Langmuir e as isotermas de Langmuir e Freundlich, tem por fim avaliar a potencial de adsorção destes materiais, porém a aplicação em um processo industrial acaba esquecida e não avaliada. A comparação direta com efluentes de um processo real permitiu avaliar a possibilidade de implantação de uma unidade de adsorção, no processo de tratamento do efluente têxtil, de modo a substituir alguma unidade em operação no processo convencional. Portanto os experimentos deste trabalho serão avaliados apenas pela eficiência na remoção de corante, sendo considerados apenas as concentrações inicial e final.

Os tratamentos preliminares realizados no pseudocaule seguiram a metodologia de Furmanski *et al.* (2012), onde foi comprovado que o pré tratamento ácido e básico realizado nas fibras de bananeira para remoção de corante azul de metileno de soluções, foi eficiente, apresentando valores consideravelmente superiores quando comparados à eficiência de remoção por fibras *in natura*. O aumento da taxa de adsorção após tratamento químico com HCl foi evidenciado devido ao aumento de pontes de hidrogênio entre a fibra e o azul de metileno, elevando assim a atração eletrostática entre tais elementos, alcançando rendimentos superiores à 90% em 4 horas, porém em soluções de baixas concentrações.

Em um primeiro momento, os experimentos variaram de acordo com a massa de resíduo de bananicultura adicionada a solução de concentração inicial de 100mg/L do corante, e mantidas sob agitação constante, sendo o ponto inicial, o mesmo para todos os experimentos. O tempo dos experimentos foi fixado em duas horas, com amostragem e leitura de absorbância em espectrofotômetro UV no término de cada um deles. Em experimentos preliminares, observou-se que nos tempos 3 e 4 horas as reduções na concentração de corante foram praticamente inexistentes, comprovando-se que as fibras de bananeira já se encontravam saturadas. Os gráficos das figuras 3 e 4 apresentam os valores encontrados para cada uma das massas de fibras, em função de cada tratamento químico.

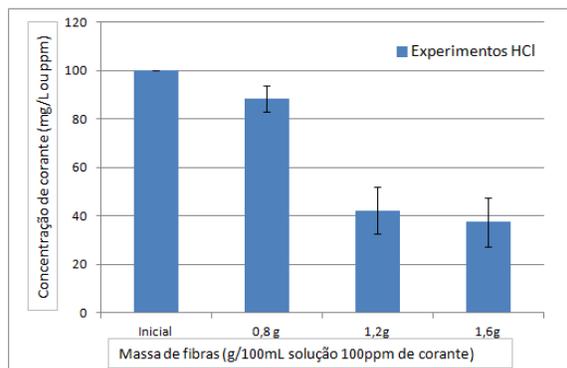


Figura 3: Absorção por fibras (HCl)

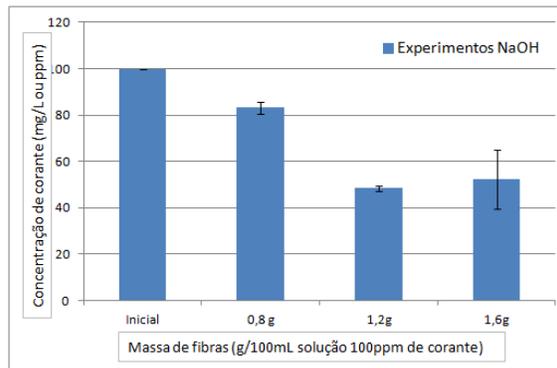


Figura 4: Absorção por fibras (NaOH)

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 3 e 4, é possível observar que os resultados dos tratamentos com HCl foram mais eficientes do que os tratados com NaOH. O fator de remoção foi calculado pela diferença da concentração inicial da solução, e a final observada, dividido pela quantidade de fibra utilizada, de modo que fosse possível visualizar a quantidade de corante removida (mg) por um grama de fibra de bananeira, sendo que os dois melhores rendimentos foram nos experimentos em HCl com 1,2g e 1,6g, foram 57,67% e 62,55%, respectivamente. Mas estes resultados apresentaram um desvio maior, se comparado ao experimento em NaOH com 1,2g, que apresentou rendimento de 51,52%, cujo desvio ficou em  $\pm 1,23$ .

Diversos estudos vêm sendo realizados para auxiliar o processo de redução de poluentes contidos em efluentes de processo industrial têxtil. Dentre eles se destacam também os processos oxidativos avançados (POA), além dos processos de adsorção por matrizes de fibras vegetais, utilizadas como adsorvente. Em muitos dos estudos há grande preocupação em avaliar a capacidade de adsorção das matérias primas vegetais, em experimentos onde as amostras são constituídas apenas de solução aquosa de corante. Nos estudos de Medeiros (2011), foi comparada a eficiência do tratamento e a remoção de corantes de efluente têxtil por processo convencional (lodos ativados e coagulação/floculação) em Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma empresa têxtil e por oxidação química.

Para fazer uma análise comparativa com um processo de tratamento de efluente têxtil real, foram coletadas amostras de diferentes etapas do processo, sendo as duas primeiras amostras provenientes das etapas de lavagem e de tingimento, respectivamente. A amostra três (3) foi coletada no tanque de equalização, onde os efluentes de lavagem e de tingimento são misturados, para sequencialmente passar pelo tratamento primário. A amostra quatro (4), foi coletada na entrada do tratamento biológico, e após sofrer o tratamento primário, e a amostra cinco (5) foi coletada na área de descarte. A Tabela 1 apresenta os valores de absorbância (ABS), concentração de corante em mg/L (ppm), ambas junto do desvio padrão calculado por amostras em triplicata, além das análises de cor em mg Pt/L e turbidez em UNT para cada uma das amostras, visto que as análises foram realizadas em triplicata:

Tabela 1: Análises das amostras do processo industrial têxtil

| Amostras            | ABS               | Conc. (ppm)      | Cor mg Pt/L | Turbidez |
|---------------------|-------------------|------------------|-------------|----------|
| 1 Tingimento        | 2,35 $\pm 0,126$  | 97,12 $\pm 3,46$ | 18522       | 372      |
| 2 Lavagem           | 0,822 $\pm 0,083$ | 32,77 $\pm 1,65$ | 9420        | 172      |
| 3 Equalização       | 1,322 $\pm 0,098$ | 53,88 $\pm 2,28$ | 13540       | 150      |
| 4 Entrada Biológico | 0,765 $\pm 0,075$ | 30,37 $\pm 1,31$ | 7914        | 16,7     |
| 5 Descarte          | 0,092 $\pm 0,004$ | 2,03 $\pm 0,01$  | 74          | 6,84     |

É possível observar a influência do efluente da etapa de tingimento (amostra 1), na elevação dos parâmetros analisados, no efluente 3, que recebe e mistura efluentes da amostra 1 e amostra 2. Os parâmetros analisados são bastante próximos, quando se observa o efluente de lavagem (amostra 2) e o efluente de entrada do tratamento biológico (amostra 4), que já sofrera tratamento primário com coagulação e decantação. Porém a prática no processo convencional, mistura os efluentes de lavagem e os de tingimento, ocasionando uma elevação dos parâmetros, fazendo-se necessária, uma etapa de pré tratamento ou tratamento primário, em um grande volume efluente.

A partir dos gráficos das Figura 3 e 4, observa-se que as fibras de bananeira apresentam rendimentos satisfatórios na remoção do corante, quando utilizado uma solução aquosa de corante 100mg/L, simulando as concentrações do efluente de tingimento, obtendo-se concentrações na ordem de 40 mg/L de corante quando as fibras foram tratadas por HCl e na ordem de 50 mg/L de corante quando as fibras foram tratadas por NaOH. Uma etapa de adsorção por fibras de pseudocaule tratado quimicamente, poderia ser implantada no processo convencional de tratamento de efluentes de indústria têxtil, de modo a eliminar a etapa de tratamento primário. Desta forma, o efluente de tingimento passaria por processo de adsorção, e estaria em concentrações intermediárias para ser misturado ao efluente de lavagem, na etapa de equalização, e depois desta poderia ser encaminhado diretamente à etapa de tratamento biológico.

O resíduo de fibras de pseudocaule não necessitariam passar por processo de regeneração, pois quando estiverem saturados de corante adsorvido, poderiam ser armazenados e futuramente serem utilizados como biomassa na geração de energia, interna ou externamente da indústria têxtil.

## CONCLUSÃO

Os estudos experimentais indicaram que as fibras de pseudocaule de bananeira podem ser utilizadas como um material adsorvente na remoção de corante reativo, utilizado em processo industrial têxtil. A adsorção do corante aumentou com a elevação da quantidade de fibras utilizadas nos experimentos com fibras tratadas com HCl, porém em ambos os tratamentos, as condições com 1,2g de fibras por 100mL de solução aquosa de corante se apresentaram mais eficientes, com remoções variando entre 50 a 60% do corante. Desta forma, visando a aplicação em um processo industrial têxtil, esta seria a melhor condição, tanto do ponto de vista da remoção de corante, quanto pela quantidade das fibras saturadas de corante geradas na operação de adsorção. A abundância de fibras de bananeiras no estado de Santa Catarina, justifica em termos ambientais e econômicos, o estudo da sua adoção no tratamento de efluentes têxteis, cujas empresas geradoras estão localizadas nesta mesma região. Estes resultados preliminares demonstram a necessidade de outros estudos para viabilização do uso deste resíduo natural para auxiliar no combate a efluentes industriais, por meio do processo de adsorção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Curso de Pós -Graduação em Engenharia Química, UFRN. Natal –RN, 2000.
2. CUNICO, P.; MAGDALENA, C. P.; CARVALHO, T. E. M.; FUNGARO, D. A. **Adsorção de corante reativo preto 5 em solução aquosa utilizando cinzas leves de carvão**. International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2009.
3. FURMANSKI, L.M.; COSTA, P.D.; DOMINGUINI, L. **Estudo cinético de adsorção de metileno por resíduos fibrosos de bananeira**. VII Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental. Criciúma – Santa Catarina, 2012.
4. HASSEMER, M. E. N.; SENS, M. L. **Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico, ozônio e coagulação/floculação**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.7, n.1, 2002.
5. KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S.G.; DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química nova, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
6. MEDEIROS, A. G. **Avaliação dos tratamentos convencional e por oxidação química na degradação de corantes em efluentes têxteis**. (Dissertação), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Joinville: 2011.
7. VASQUES, A. R.; DE SOUZA, S. G.; WEISSENBERG, L.; DE SOUZA, A. A. U.; VALLE, J. A. B. **Adsorção dos corantes R016, RR2 E RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.3, 2011.