

II-179 – COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO APLICADA AO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIA/TINTURARIA INDUSTRIAL

Letícia Rocha Fonseca

Bacharel em Química Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Bolsista de Iniciação em Tecnologia Industrial Básica (BITIB) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Patrícia Procópio Pontes ⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora do Departamento de Química do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

Endereço ⁽¹⁾: Av. Amazonas 5253 – Nova Suíça – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30110-060 - Brasil - Tel: +55 (31) 3319-7151 - e-mail: patriciaprocopio@yahoo.com.br.

RESUMO

As águas residuais de lavanderias/tinturarias apresentam volumes significativos de uma diversidade de compostos, tais como tensoativos, amaciantes, alvejantes, corantes, fibras de tecidos, enzimas, matéria orgânica e gordura. Desta forma, o efluente gerado apresenta alta carga orgânica, coloração acentuada, uma baixa tensão superficial e uma quantidade significativa de sólidos suspensos. O presente trabalho consistiu em determinar a composição de um efluente sintético representativo de uma lavanderia/tinturaria industrial e caracterizá-lo, através de análises físico-químicas, antes e após a realização do seu tratamento utilizando-se coagulante tradicional (sulfato ferroso) e alternativos (casca do cacau - *Theobroma cacao* e quiabo seco e pulverizado). Os resultados obtidos indicaram que o uso de auxiliares de floculação naturais com uma dosagem inferior de sulfato ferroso, permite obter uma eficiência próxima do tratamento com a melhor dosagem de coagulante sintético. Portanto, a utilização de auxiliares de floculação naturais garante uma diminuição nos gastos com coagulantes sintéticos e consequentemente, o lodo gerado apresentar-se-á menos agressivo ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes industriais, coagulação/floculação, coagulantes alternativos.

INTRODUÇÃO

Observa-se cada vez mais a necessidade de se obter água em quantidade e qualidade adequadas. Com o crescimento da população humana, e as exigências de consumo e qualidade da água nos diversos setores da sociedade, torna-se imprescindível a aplicação de tecnologias para o tratamento e reciclagem da água (MENEZES, 2005).

Atualmente, há uma grande destruição do ambiente aquático por presença de compostos químicos liberados diretamente neste, por indústrias e empresas, que em muitos casos não tratam de seus efluentes adequadamente.

As águas residuais de lavanderias/tinturarias apresentam volumes significativos de uma diversidade de compostos, tais como tensoativos, amaciantes, alvejantes, corantes, fibras de tecidos, enzimas, matéria orgânica e gordura. Desta forma, o efluente gerado apresenta alta carga orgânica, coloração acentuada, uma baixa tensão superficial e uma quantidade significativa de sólidos suspensos.

A presença de corantes nas águas residuais, por exemplo, resulta na diminuição da atividade fotossintética e provocam distúrbios na solubilidade dos gases. Segundo MELO (2005), esses compostos podem permanecer por mais de 50 anos em ambientes aquáticos colocando em risco a estabilidade deste ecossistema.

O lançamento de efluentes em um curso d'água pode resultar em variações de suas características, tais como pH, temperatura e composição de cada componente. Os seres que dependem direta ou indiretamente deste curso d'água sofrerão as consequências destas variações (SCHWAAB; MICHELS, 2004). Essa poluição causa

alterações no ciclo biológico, principalmente nos processos de fotossíntese, além da presença de subprodutos que são carcinogênicos e/ou mutagênicos (COSTA, 2008).

O tratamento de efluentes de lavanderia/tinturaria é uma preocupação crescente devido ao visível impacto sobre um corpo híbrido receptor. À medida que a legislação ambiental se torna mais exigente, a necessidade de processos de tratamentos alternativos e a redução do custo dos processos de tratamento se tornam mais importantes.

Apesar da reconhecida importância dos processos de tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, deve-se considerar, em um contexto ambiental, a utilização de tecnologias mais limpas e a importância da minimização destes resíduos. Deve ser considerada a real eficácia do tratamento relativamente aos investimentos inerentes à tecnologia e sua inserção como um processo confiável para maiores vazões de efluentes (KAMMRADT, 2004).

A reutilização desses efluentes após tratamentos físico-químicos e biológicos contribui significativamente com a racionalização da água, além de garantir redução de gastos à empresa (COSTA, 2008). Por isso é necessário estudar a possibilidade de reaproveitamento do efluente tratado proporcionando benefício ao desenvolvimento do setor industrial, além de garantir qualidade ambiental e diminuição de gastos.

Em geral, os tratamentos de águas são realizados pela adição de coagulantes inorgânicos como o sulfato de alumínio, cloreto férrico ou sulfato ferroso, utilizando-se processos de coagulação e floculação. Devido à ocorrência de problemas como a presença de metais no lodo e gastos com coagulantes sintéticos, é de grande importância o estudo de novas substâncias que sejam capazes de promover ação efetiva no tratamento de águas visando uma eficiência igualitária ou superior, que proporcione um valor agregado menor, além de não fornecer riscos à saúde da população e ao meio ambiente (CORAL *et al*, 2009).

O presente trabalho consistiu em determinar a composição de um efluente sintético representativo de uma lavanderia/tinturaria industrial e caracterizá-lo, através de análises físico-químicas, antes e após a realização do seu tratamento utilizando-se coagulante tradicional (sulfato ferroso) e alternativos (casca do cacau - *Theobroma cacao* e quiabo seco e pulverizado). Através da comparação da eficiência das diferentes técnicas de tratamento, pretende-se avaliar a possibilidade do uso de coagulantes alternativos para efluente de lavanderia/tinturaria industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do Efluente de Lavanderia/Tinturaria Industrial

Os experimentos foram realizados utilizando-se um efluente sintético de lavanderia/tinturaria industrial com composição definida a partir de referências bibliográficas (Tabela 1). A definição da composição quantitativa do efluente sintético baseou-se na avaliação dos produtos utilizados em um processo de tingimento de fibras de algodão em uma indústria têxtil (RODRIGUES, 2007). Essa referência foi adotada devido à utilização de produtos com relativa proximidade aos processos industriais de uma lavanderia/tinturaria citados em diferentes trabalhos (SHWAAB; MICHELS, 2004; COSTA, 2008).

Tabela 1: Composição do efluente sintético

COMPONENTES	QUANTIDADE	UNIDADE
Soda Cáustica	100,0 ± 0,1	mg
Ácido Acético Glacial P.A.	0,11 ± 0,01	mL
Peróxido de Hidrogênio 40 Volumes	0,18 ± 0,01	mL
Bicarbonato de Sódio	2562,9 ± 0,1	mg
Carbonato de Sódio Anidro P.A.	138,2 ± 0,1	mg
Cloreto de Sódio P.A.	24966,8 ± 0,1	mg
Detergente	0,35 ± 0,01	mL
Corante 1 (vermelho)	57,8 ± 0,1	mg
Corante 2 (azul)	360,0 ± 0,1	mg
Amido	1574,4 ± 0,1	mg
Argila	100,0 ± 0,1	mg
Água	1000 ± 2	mL

Análises Físico-Químicas

Para avaliação da eficiência do tratamento do efluente de lavanderia/tinturaria industrial, foram utilizados os parâmetros Demanda Química de Oxigênio (DQO), Surfactantes, Cor, Alcalinidade e pH (AWWA/APHA/WEF, 2005) para caracterização do efluente antes e após o processo de tratamento.

Tratamento do Efluente

Os experimentos realizados para a determinação das dosagens ótimas dos auxiliares de floculação (cacau e quiabo) foram realizados utilizando-se uma dosagem inferior à dosagem ótima do coagulante sintético para se comparar o quanto a adição de auxiliares de floculação favorece o tratamento do efluente. Assim, pode-se verificar o quanto de coagulante sintético pode ser reduzido se forem utilizados auxiliares de floculação.

Para a realização do tratamento do efluente, foi utilizado aparelho “jar-test” para determinação da dosagem ideal dos reagentes químicos. Os ensaios foram realizados mantendo-se um grau de agitação de 100 rpm durante a etapa de coagulação durante 3 minutos e um grau de agitação de 30 rpm, para a floculação, durante 20 minutos. Utilizou-se um tempo de decantação de 20 minutos. As dosagens de cloreto férrico (coagulante), solução de cacau e quiabo em pó, que foram utilizados como auxiliares de floculação, durante a coagulação/floculação, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Dosagens dos reagentes para o tratamento por coagulação/floculação.

DOSAGENS (mg/L)		
Solução de Sulfato Ferroso	Solução de Cacao em Pó	Solução de Quiabo em Pó
750,00 ± 0,05	100,00 ± 0,02	10,00 ± 0,01
1000,00 ± 0,05	150,00 ± 0,02	100,00 ± 0,02
1250,00 ± 0,05	200,00 ± 0,02	200,00 ± 0,02
1500,00 ± 0,05	300,00 ± 0,02	300,00 ± 0,02
1750,00 ± 0,05	400,00 ± 0,02	400,00 ± 0,02

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do Efluente Sintético

A caracterização do efluente sintético produzido em laboratório é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios da caracterização do efluente bruto típico de lavanderia/tinturaria industrial.

PARÂMETROS	VALORES
Alcalinidade (mg/L)	2438,46 ± 185,64
Concentração de corante (mg/L)	332,76 ± 56,66
DQO (mg O ₂ /L)	1470,75 ± 429,15
pH	11,0 ± 1,0

Tratamento com Sulfato Ferroso e Auxiliares de Floculação

Para as dosagens testadas, obteve-se o valor de 1250,00 (±0,05) mg/L como a dosagem ótima de coagulante sintético (sulfato ferroso) para o tratamento do efluente típico de lavanderia/tinturaria industrial (Tabela 3).

O tratamento com os auxiliares de floculação foi realizado utilizando-se a dosagem de 750,00 (± 0,05) mg/L de sulfato ferroso, que é uma dosagem inferior à dosagem ótima de 1250,00 (± 0,05) mg/L. Após a realização dos ensaios de floculação, foram obtidas as dosagens de 150,00 (± 0,02) mg/L e 200,00 (± 0,02) mg/L de solução de cacao e quiabo, respectivamente, como dosagens ótimas para o tratamento do efluente sintético (Tabela 4).

A partir da caracterização dos efluentes bruto e tratado, realizou-se a determinação da eficiência do tratamento e a avaliação do atendimento aos limites estabelecidos pelas legislações vigentes para lançamento de efluente nos corpos d'água (Tabela 4 e Figura 1).

Tabela 4: Resultados obtidos para o efluente bruto e o efluente tratado com diferentes reagentes.

PARÂMETROS	EFLUENTE BRUTO	EFLUENTE TRATADO			Legislação Padrões de lançamento
		FeSO ₄ : (1250,00±0,05) mg/L	Cacau*: (150,00±0,02) mg/L	Quiabo*: (200,00±0,02) mg/L	
Alcalinidade (mg/L)	2438,46 ± 185,64	1925,86 ± 36,68	2027,80 ± 162,90	1866,34 ± 121,90	-
Concentração de corante (mg/L)	332,76 ± 56,66	9,81 ± 2,62	32,47 ± 1,09	30,14 ± 1,24	Virtualmente ausente.
DQO (mg O ₂ /L)	1470,75 ± 429,15	271,48 ± 54,95	320,86 ± 61,90	280,44 ± 26,44	250,00
pH	11,0 ± 1,0	11,0 ± 1,0	11,0 ± 1,0	11,0 ± 1,0	6,0 – 9,0

*Adição no tratamento com sulfato ferroso na dosagem de 750,00 (± 0,05) mg/L.

*Legislação: Fonte: COPAM 010/86, COPAM 047/01 e CONAMA 430/11.



Figura 1: (a) Efluente sintético. (b) Efluente tratado. Tratamento com coagulante sintético em sua dosagem ótima (1-2), tratamento com uma dosagem inferior de coagulante sintético e solução de cacau (3-4) e, tratamento com uma dosagem inferior de coagulante sintético e solução de quiabo (5-6).

Após o tratamento do efluente, pode-se notar que a alcalinidade manteve-se bastante elevada. O pH continuou constante, sendo necessário o seu ajuste, de acordo com a legislação, antes de descartar o efluente. A remoção de cor apresentou-se eficiente, porém, apenas o tratamento realizado com a dosagem ótima do coagulante sintético apresentou-se com ausência de cor como estabelecido pela legislação. A DQO apresentou uma diminuição em todos os tratamentos. Se for considerado o erro inferior, percebe-se que o tratamento com o coagulante sintético se enquadra no limite permitido pela legislação e os demais tratamentos aproximam-se deste limite.

A Figura 2 apresenta a eficiência de remoção para cada parâmetro analisado.

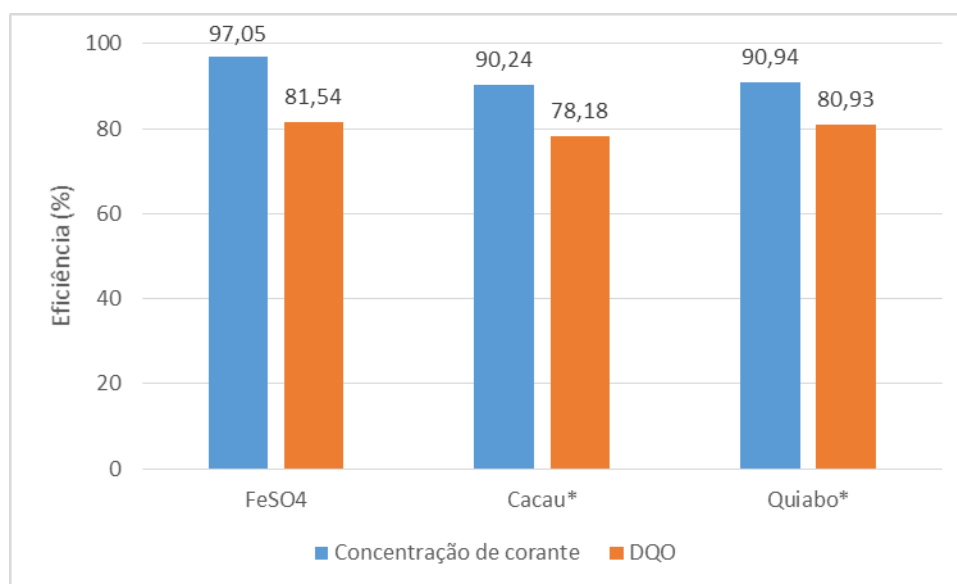


Figura 2: Comparação entre as eficiências de remoção de corante e de DQO obtidas a partir do tratamento do efluente bruto.

Os resultados obtidos (Figura 2) indicaram uma eficiência de aproximadamente 90% para remoção de corante e de 80% para a remoção de DQO para os experimentos que utilizaram coagulantes alternativos (casca do cacau - *Theobroma cacao* e quiabo seco e pulverizado). Esses valores foram próximos ao observado para o coagulante sintético (97% e 82% de eficiência para remoção de corante e DQO, respectivamente). Pode-se perceber que o uso de auxiliares de floculação naturais com uma dosagem inferior de sulfato ferroso, permite obter uma eficiência próxima do tratamento com a melhor dosagem de coagulante sintético. Portanto, a utilização de auxiliares de floculação naturais garante uma diminuição nos gastos com coagulantes sintéticos e, consequentemente, o lodo gerado apresentar-se-á menos agressivo ao meio ambiente e com uma maior biodegradabilidade.

A geração de lodo é um fator importante no processo de tratamento, portanto propõe-se um possível reuso do lodo como matéria-prima em concreto, materiais cerâmicos ou outras aplicações como a disposição agrícola. Já a água tratada pode ser reaproveitada para usos não muito exigentes. Propõe-se a reutilização desta água dentro da própria lavanderia/tinturaria para fins de descargas. Através da continuidade dos estudos será possível avaliar a possibilidade de melhoria na eficiência do tratamento e obtenção de uma água de melhor qualidade e com maiores possibilidades de reuso para diferentes etapas de processamento na lavanderia/tinturaria industrial, diminuindo gastos internos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicaram uma eficiência de remoção de corante e de DQO da ordem de 90% e 80%, respectivamente, para os experimentos em que foram utilizados coagulantes alternativos (casca do cacau - *Theobroma cacao* e quiabo seco e pulverizado). Esses valores foram próximos ao observado para o coagulante sintético (97% e 82% de eficiência para remoção de corante e DQO, respectivamente). Esses resultados indicam a possibilidade do uso de coagulantes alternativos, que se apresentam como uma alternativa biodegradável, de fácil acesso e produção.

Os estudos referentes à implantação de métodos alternativos em tratamentos de águas residuárias são de grande importância sendo possível obter bons resultados a fim de diminuir os custos e impactos ambientais dos resíduos gerados.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) pelo auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20^o edition. Washington. 2005.
2. CORAL, L.A.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F.J. Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo. Key Elements for a Sustainable World: Energy, Water and Climate Change. São Paulo, 2009.
3. COSTA, A. F. S. Aplicação de tratamentos biológicos e físico-químico em efluentes de lavanderia e tinturaria industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2008.
4. KAMMRADT, P. B. Remoção de Cor de Efluentes de Tinturarias Industriais Através de Processo de Oxidação Avançada. Curitiba, 2004.
5. MELO, A. R. Otimização do Reuso de Água em Lavadores Contínuos da Indústria Têxtil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
6. MENEZES, J. C. S. S. Tratamento e Reciclagem do Efluente de uma Lavanderia Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
7. RODRIGUES, C. S. D. Tratamento de Efluentes Têxteis por Processos Combinados de Oxidação Química e Biológica. Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2007.
8. SCHWAAB, S.; MICHELS, M. L. Estudo das Características e Tratamento de Efluente Gerado por Lavanderia/Tinturaria na Região Sul de Santa Catarina. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2004.