

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ESTUDO DE CASO: EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE EMPRESA DE RECICLAGEM DE GARRAFAS PET

**Juliana de Andrade e Silva¹, Claudia Maria Tomás Melo²*

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físico-químicos do efluente de cinco etapas de uma estação de tratamento (ETE) de indústria de reciclagem de garrafas PET e verificar a eficiência do tratamento realizado, mostrando a importância deste para o meio ambiente, além de comparar os parâmetros da etapa final com o que é estabelecido pela Resolução do CONAMA N° 430 de 2011. Após a avaliação dos parâmetros da ETE foi feita a realização de teste de jarros com 4 diferentes coagulantes para verificar qual o mais eficiente no processo de coagulação/floculação para o tratamento deste efluente em questão. Em relação aos parâmetros DQO e DBO, houve redução dos mesmos respectivamente de 56,49 % e 58,53 % ao final do processo. Embora os parâmetros avaliados não apresentassem redução elevada (90 a 100 %), verificou-se que apenas o parâmetro DBO não atendeu ao especificado na Resolução supracitada, que estabelece remoção mínima de 60 %. Por meio do teste em jarros com o efluente da entrada e saída da ETE, verificou-se que não foi possível indicar qual é o coagulante mais eficiente para o tratamento deste tipo de efluente devido à heterogeneidade das amostras analisadas

Palavras-chave: Coagulantes. CONAMA N° 430/2011. Recursos hídricos.

CASE STUDY: EFFICIENCY OF AN EFFLUENT TREATMENT STATION FROM A “PET” BOTTLE RECYCLING COMPANY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the physico-chemical parameters of the five-stage effluent from a PET bottle recycling plant (ETE) and to verify the efficiency of the treatment carried out, showing its importance to the environment, as well as comparing the parameters of the final step in accordance with established by the Resolution of CONAMA No. 430 of 2011. After the evaluation of the parameters of the ETE a test of jars was carried out with 4 different coagulants to verify which one is more efficient in the process of coagulation / flocculation for the treatment of this effluent in question. Regarding the COD and BOD parameters, they were reduced by 56.49% and 58.53% respectively at the end of the process. Although the parameters evaluated did not show a high reduction (90 to 100%), it was verified that only the parameter BOD did not meet the one specified in the Resolution above, which establishes a minimum of 60% removal. Using the test in jars with the ETE inlet and outlet effluent it was verified that it was not possible to indicate which is the most efficient coagulant for the treatment of this type of effluent due to the heterogeneity of the samples analyzed.

Keywords: Coagulants. CONAMA N° 430/2011. Hydric resources

* Autor Correspondente: julianaandrade@hotmail.com

1 Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Triângulo Mineiro - IFTM, julianaandrade@hotmail.com

2 Doutora, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Uberlândia, MG. Brasil. claudiamelo@iftm.edu.br

INTRODUÇÃO

A poluição da água doce é uma das principais preocupações da sociedade moderna, pois ela é um recurso extremamente limitado e imprescindível à vida. Apenas 1% da água na superfície do planeta é facilmente acessível e está apta para o consumo humano, representando um dos fatores limitantes para o crescimento econômico do século XXI (BERTOLETTI, 1990).

Atualmente um dos problemas mais sérios de poluição refere-se aos efluentes industriais, devido à grande variedade de atividades desenvolvidas pela indústria e com características muito diversas, variando inclusive dentro do mesmo local gerador, contendo os mais variados tipos de substâncias, das quais muitas são extremamente tóxicas, podendo ter efeitos adversos sobre todos os seres vivos, caso as mesmas atinjam qualquer recurso hídrico (MIERZWA, 2002).

A otimização de recursos e ações de controle de poluição tem se tornado cada vez mais necessária e pressupõe-se o estabelecimento de prioridades como o conhecimento da vazão e da composição do efluente industrial para o seu tratamento.

Estas características são de fundamental importância para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor. Neste sentido, é preciso caracterizar, quantificar e tratar os efluentes, minimizando impactos ambientais e outros problemas provenientes da produção e descarte de efluente indevidos ao meio (SANTOS et al., 2014).

No caso específico das embalagens plásticas provenientes de alimentos, bebidas, produtos de limpeza, frascos de óleos, entre outros, descartadas por usuários urbanos e rurais, evidencia-se um problema ambiental passível de ser gerado por esses resíduos quando dispostos em aterros sanitários ou quando incinerados. Quando destinados à reciclagem, essas embalagens são submetidas a operações de acondicionamento, transporte, triagem, remoção de rótulos, picagem, lavagens e reprocessamento para fabricação de novas embalagens ou outros produtos plásticos, podendo gerar outras formas de poluição através do efluente gerado no processo de reciclagem, caso não seja tratado (BERTOLETTI, 1990).

O potencial ambiental e econômico desperdiçado com a destinação inadequada de plástico é em média de R\$ 5,08 bilhões por ano segundo o Instituto de pesquisa Econômica Aplicada. De acordo com a Relação Anual de Informação Social (RAIS), existem no Brasil 1.029 estabelecimentos industriais dedicados à recuperação de materiais plásticos espalhados pelo Brasil, que empregam, segundo essa fonte, 9,7 mil pessoas diretamente (PERFIL..., 2014).

Há uma demanda crescente por estudos em reciclagem devido ao crescente interesse dos órgãos do governo e da iniciativa privada em resolver o problema da geração de resíduos sólidos, especialmente os urbanos.

Para Valle (1996) a reciclagem tem como maiores estímulos dois fatores: possibilita reduzir substancialmente o volume dos resíduos urbanos a serem dispostos ou tratados e permite a recuperação de valores contidos nesses resíduos urbanos que, de outra forma, seriam perdidos. Destaca-se ainda que além dos aspectos ambientais positivos, a reciclagem é uma atividade que pode ser viável economicamente, capaz de gerar ganhos econômicos, assim como gerar empregos, conforme verificado pela existência de cooperativas onde é realizada a triagem de "lixo" seco para a venda a empresas recicladoras (ROLIM, 2000).

Além disso, cresce o número de empresas que operam com reciclagem, pois esta é uma área ainda em desenvolvimento e ampliação com muitos empreendedores apostando neste novo nicho de mercado. De acordo com a FIESP, a reciclagem movimentada, atualmente, R\$ 4 bilhões por ano no Brasil, e pode chegar a R\$ 10 bilhões (CASTRO et al., 2011).

Devido à grande importância do tratamento dos efluentes, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o efluente de uma empresa de reciclagem de garrafas PET em MG, visando, futuramente, propor modificações viáveis no tratamento já existente, de forma a otimizar o tratamento, atendendo às legislações federais e/ou regionais.

MATERIAL E MÉTODOS

A empresa de reciclagem onde foram coletadas amostras para análises físico-químicas possui uma área de 1200 m² e contribui de forma direta e indireta para geração de emprego e renda no município no qual se localiza. A empresa atuava, na época da pesquisa, com cerca de 20 funcionários diretos e 5 indiretos e com uma renda bruta de R\$300.000,00 (mês), atuando no ramo de atividades na reciclagem de materiais plásticos do tipo PET, sendo enquadrada na DN/4 com o código F-05-02-9 reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a base de lavagem com água. A empresa produzia 250 toneladas/mês de *flakes* nas cores cristal-verde-azul e mistos provenientes do processo de reciclagem.

Após o processo de produção de *flakes*, a empresa era responsável por tratar, dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação municipal de lançamento de efluentes, todo o efluente gerado na empresa. Ao final do tratamento, todos os parâmetros finais deveriam atender à Resolução do CONAMA N° 430 de 2011.

Coleta de amostras para análises físico-químicas

Para a realização dos experimentos foram coletadas amostras de cinco etapas de tratamento do efluente da indústria de recicláveis PET de Minas Gerais. O efluente líquido da indústria foi coletado, semanalmente, num período de dois meses consecutivos, para a sua caracterização, com um total de cinco repetições.

As coletas foram realizadas somente em dias ensolarados e em horários pré-estabelecidos para que não ocorressem interferências nos resultados das análises. No local da coleta foram realizadas as análises de pH e temperatura e o restante das amostras foram conduzidas ao laboratório de físico-química do IFTM - *Campus* Uberlândia e a um laboratório particular da cidade de Uberaba, pois algumas análises não foram possíveis de serem realizadas no laboratório do *Campus* Uberlândia. A amostra 1 referiu-se ao efluente de entrada (efluente bruto) do tratamento preliminar. A amostra 2 foi obtida do efluente do tanque de equalização, antes dos processos de decantação, onde adicionou-se o coagulante Cloreto de amônio a 1%. A amostra 3 foi coletada no tanque de coagulação/floculação (após a decantação). As amostras 4 e 5 foram coletadas, respectivamente, no tanque de aeração e ao final do tratamento. Em todas as análises realizadas foram avaliados os parâmetros de pH, temperatura, turbidez, cor, condutividade, acidez, alcalinidade, dureza, sólidos sedimentáveis, oxigênio dissolvido, DQO e DBO, além de todos os sólidos, segundo a metodologia de *American Public Health Association* et al. (1999) e Macêdo (2003).

Teste de diferentes coagulantes no processo de floculação de efluente proveniente de reciclagem de garrafas pet

Posteriormente à caracterização do efluente em cada etapa, foi realizado um teste de bancada com ensaio de jarros que teve como objetivo avaliar a eficiência dos coagulantes (Tanfloc, Poliacrilamida, Sulfato de alumínio e Chitosan), comparando a DQO e a turbidez das amostras de efluente da entrada e saída da ETE da indústria de recicláveis PET.

Para o preparo da solução do coagulante sulfato de alumínio foram pesados 40 g de $Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$ p.a na forma de pó que foram dissolvidos em 500 mL água destilada. Em cada jarro do *jarTest* adicionou-se 1,0 L do efluente a ser analisado. No jarro 1, adicionou-se

água destilada (branco), no jarro 2, adicionou-se um volume da solução de sulfato de alumínio de forma a obter a concentração final de 50 mg L^{-1} e, no jarro 3, 100 mg L^{-1} , respectivamente, do coagulante. Neste momento, os tubos com os coagulantes foram colocados em agitação rápida a $26,18 \text{ rad s}^{-1}$ por 5 minutos. Depois de cronometrado o tempo, a agitação foi diminuída para $6,28 \text{ rad s}^{-1}$ por 10 minutos e logo em seguida foi desligada a agitação deixando a amostra por 20 minutos em repouso absoluto para sedimentação.

Para o preparo da solução de coagulantes Chitosan (ensaio em teste de jarros) foi dissolvido de 0,5 g do pó de Chitosan em 1,0 L de solução de HCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, deixando sob agitação em aproximadamente 30 rpm durante 48 horas, seguido 30 minutos em banho ultra-som.

Para o coagulante Tanfloc, primeiramente, foram pesadas 10 g de Tanfloc SG^R na forma de pó dissolvido em 500 mL de água destilada.

Para o preparo da solução do coagulante Poliacrilamida (PAM), primeiramente, foram preparados 50,0 mL de PAM concentrada com NH_4OH da GHS Química, na forma líquida, dissolvida em 500 mL de água destilada.

Em cada jarro do *jarTest* adicionou-se 1,0 L do efluente a ser analisado e realizaram-se os testes conforme o procedimento descrito para o sulfato de alumínio.

Para o cálculo da eficiência dos coagulantes no tratamento de efluentes foram realizadas as análises físicas e químicas de pH, temperatura, turbidez e DQO antes e após o teste de jarros. Para o cálculo da eficiência do coagulante, o valor do parâmetro no início de cada etapa foi considerado 100 % e a redução do mesmo (valor inicial- valor final) foi considerado x %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados experimentais médios dos parâmetros avaliados nas cinco etapas de tratamento da Empresa de Reciclagem.

Tabela 1. Resultado médio das análises físico-químicas das 5 etapas (E1, E2, E3, E4, E5) da ETE da indústria de reciclagem de garrafas PET

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5
pH	6,32	7,00	6,28	6,04	6,03
T (°C)	21,70	22,30	22,42	22,40	22,53
Turbidez (NTU)	593,50	1055,80	1398,60	1171,20	989,25
Cor (PtCo)	1741,0	8831,0	4222,0	3514,8	3143,3
Condutividade (mS cm^{-1})	10,40	7,28	11,66	8,69	10,12
Acidez ($\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$)	800,8	594,0	748,0	657,4	521,4
Alcalinid ($\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$)	95,1	89	114	72,6	61,5
Dureza ($\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$)	278,84	264,75	585,31	188,55	217,09
Sól Sedimentáveis ($\text{mg L}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	0,075	7,88	1,82	0,12	0,55
OD (mg L^{-1})	5,1	6,88	6,86	7,1	6,7
DQO (mg L^{-1})	6004,53	5179,66	3120,66	2604,62	2612,52
DBO (mg L^{-1})	521,7	232,5	212	168,6	216,3

Parâmetros	E1	E2	E3	E4	E5
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	2786,25	3942,8	3360,6	2119,6	2048,0
Sólidos Totais Fixos (mg L ⁻¹)	1227,0	829,8	1277,6	853,4	1093,3
Sólidos Totais Voláteis (mg L ⁻¹)	1559,3	3113,0	2083,0	1266,2	1101,8
Sól. Suspensão Tot. (mg L ⁻¹)	312,0	1230,4	721,8	455,3	315,7
Sól. Suspensão Fixos. (mg L ⁻¹)	23,5	177,0	356,0	51,5	310,5
Sól. Suspensão Vol. (mg L ⁻¹)	316,7	1248,0	442,5	511,7	184,0
Sól Dissolvidos (mg L ⁻¹)	3043,0	2683,5	2482,0	1998,5	1484,3
Sól Dissolvidos Fixos (mg L ⁻¹)	1470,3	546,5	928,0	865,3	705,8
Sól Dissolv. Voláteis (mg L ⁻¹)	1566,0	2085,3	1522,0	1096,3	778,5

Fonte: os autores

Observa-se que o efluente da indústria de recicláveis PET apresentou turbidez, cor e condutividade bastante elevadas. O valor médio da DQO na etapa final de tratamento foi de 2612,52 mg L⁻¹, com redução de 56,5 % em relação à etapa 1 do tratamento, não atendendo à legislação a nível nacional de acordo com a Resolução CONAMA número 430 de 2011 (BRASIL, 2011) e, menos ainda, a Legislação Municipal que estabelece parâmetros municipais para lançamentos no corpo receptor da cidade com valores entre 400 e 800 mg L⁻¹. Embora a empresa já possua uma ETE com diferentes etapas para tratamento, novos testes têm sido realizados, utilizando o coagulante sulfato de alumínio e hidróxido de amônio nos tanques de equalização e floculação, objetivando reduzir o valor da DQO a níveis aceitáveis.

Segundo Schoenhals (2006), o principal problema nas ETE das agroindústrias consiste na alta carga de matéria orgânica a ser tratada, como óleos, graxas e nitrogênio total, conforme se observa na indústria em análise.

Segundo Casali (2011), na indústria de reciclagem de PET, os detergentes são muito utilizados para a limpeza das garrafas, gerando um efluente com alta DQO, alta DBO e pH elevado, concordando com a problemática da Indústria em estudo, onde a DQO, mesmo na etapa final, continua bastante elevada.

Para Beltrame (2000), o efluente após tratamento deve reduzir de 55 a 90 % a DBO, de 90 a 95 % a cor, de 60 a 70 % os sais formadores de detergentes e o pH deve estar entre 6,4 e 6,6. Neste estudo, verificou-se que a DBO foi reduzida em 58,4 %, mas a cor do efluente da última etapa de tratamento aumentou em 180,4 % em relação à etapa 1, sendo necessários, portanto, estudos para reduzi-la.

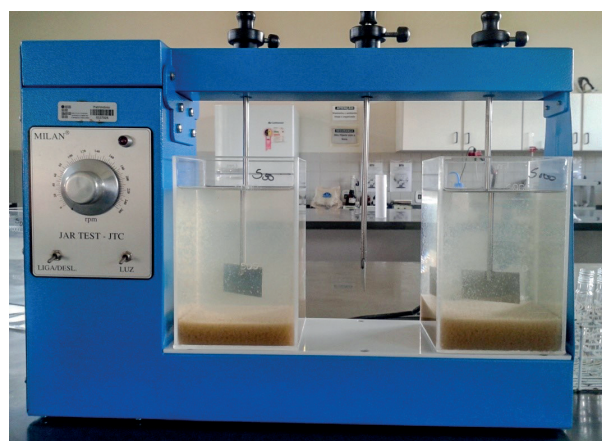
Segundo a Resolução CONAMA N° 430 (BRASIL, 2011) o pH do efluente a ser descartado em um corpo receptor pode estar na faixa de 5,0 a 9,0; com temperatura inferior a 40 °C, com sólidos sedimentáveis até 1mL L⁻¹ em teste de 1h em cone *Inmhoff*. A remoção mínima de DBO (5 dias e 20°C) deve ser de 60 %, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso da existência de autodepuração do corpo hídrico.

Dos parâmetros mencionados acima, exceto a DBO que apresentou eficiência de 58,54 % todos os demais parâmetros avaliados na ETE em estudo atendem ao estabelecido na Resolução CONAMA N° 430 de 2011 (BRASIL, 2011).

Ao realizar estudos com os coagulantes sulfato de alumínio, Tanflox, Poliacrilamida e Chitosan com efluentes da entrada e saída da ETE, coletados em dias e horários diferentes, devido ao funcionamento da indústria, verificou-se que a eficiência dos coagulantes dependia da concentração e características do efluente. Como os experimentos aconteceram com amostras reais e com concentrações de matéria bastante variadas, devido aos diferentes dias e horários de coleta, nesta última etapa do trabalho, não foi possível definir qual o melhor coagulante para este tipo de efluente. Em alguns experimentos a eficiência de remoção de DQO foi de 95 %, enquanto que em outros a eficiência foi negativa, indicando que o próprio coagulante contribuía para aumento da DQO do meio. Como o efluente era real, não foi feito o controle do pH do meio ao se fazer o tratamento com os diferentes coagulantes, conforme procedimento realizados por Vaz et al. (2010) e Bongiovani et al. (2010), e, verificou-se, portanto, a importância do controle do pH do meio para atuação dos coagulantes numa amostra de efluente.

Observa-se, na Figura 1, um bom estágio de coagulação do efluente, apresentando eficiência na remoção da matéria, o que foi verificado com os testes de DQO e turbidez ao utilizar o coagulante sulfato de alumínio, embora o mesmo não tenha acontecido os demais coagulantes em estudo.

Figura 1. Visualização da amostra sendo tratada com o coagulante sulfato de alumínio



Fonte: autores

Silva et al. (2007) estudaram pós-tratamentos de efluentes provenientes de reatores anaeróbios de manta de lodo pelo uso de coagulantes naturais (*Moringa oleifera*, Lam) e não-naturais. Para tanto, foram realizados vários ensaios de jarros (*jarrest*) utilizando tanto esgoto sanitário bruto, quanto efluente de um reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) em escala de laboratório. Foram testadas várias dosagens de coagulantes naturais e os autores verificaram que o coagulante natural (tanino de moringa) forneceu baixas remoções de turbidez quando comparado com o coagulante não-natural cloreto férrico, tanto para o esgoto bruto, como para o efluente do reator UASB, havendo questionamento da real aplicação da moringa no tratamento físico-químico de esgoto sanitário, discordando dos estudos de Ströher et al. (2012). Adicionalmente, verificou-se um efeito negativo do uso das sementes de moringa (coagulante de origem vegetal) mediante a detecção de um aumento considerável nas concentrações finais de DQO e turbidez, quando o efluente anaeróbio era testado. Os resultados mostraram que, de uma forma geral, a semente de moringa se mostrou ineficiente na remoção de contaminantes físico-químicos e microbiológicos presentes em esgotos sanitários brutos e efluentes anaeróbios.

Baseado nos estudos dos autores supracitados verificou-se que a escolha do coagulante depende das características do efluente, ou seja, um coagulante pode ser eficiente para um efluente em específico e não promover nenhuma ação de coagulação para outro efluente com características diferentes. Segundo Pavanelli (2001), em seus estudos sobre a eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação em processo de tratamento de água com cor e turbidez elevada, o cloreto férrico mostrou melhor desempenho para baixos valores de pH, o sulfato férrico mostrou-se mais econômico e o hidroxocloreto de alumínio atuou numa grande faixa de pH. Concluiu-se, portanto, que para cada água ou efluente a ser tratado há necessidade de analisar o diagrama de coagulação, visando otimizar o pH versus dosagem, buscando o melhor coagulante pelo menor preço. Rôla et al. (2016), ao estudar a avaliação da eficiência de coagulantes comerciais (Policloreto de Alumínio (PAC) e Tanfloc-SL) em sistemas de tratamento de água, concluíram que a substituição do PAC pelo Tanfloc-SL gera uma economia de 49,61% considerando os custos com coagulantes e desinfetantes.

Portanto, para verificar a eficiência real dos coagulantes são necessários testes com efluentes padrões em termos de carga orgânica e inorgânica, além de verificar qual o pH específico para atuação de cada coagulante, pois o processo de coagulação química é função do pH do meio. Cada coagulante tem uma porcentagem de dissociação em pH específico, e, conseqüentemente, capacidade para promover a coagulação.

Embora todas as etapas do processo de tratamento de efluente sejam importantes, a etapa de coagulação é prioritária, uma vez que os sólidos em suspensão

ao se “coagularem” ou se “aglutinarem” maximizam a etapa de sedimentação, ou seja, quanto mais eficiente a coagulação melhor os resultados obtidos na sedimentação, reduzindo o custo das etapas posteriores.

CONCLUSÕES

De modo geral, os efluentes provenientes de indústrias de recicláveis PET apresentam alta DQO, turbidez, cor e sólidos totais, sendo a parcela de sólidos sedimentáveis muito inferior à dos sólidos dissolvidos e a ETE em estudo, embora não atenda a Resolução do CONAMA N° 430 de 2011, apresentando alta remoção da maioria dos parâmetros analisados, contribuindo assim para a redução da poluição ambiental ao descartar seu efluente em um corpo receptor.

Não foi possível detectar, através dos testes experimentais e com os quatro coagulantes em estudo, qual seria o mais eficiente para o tratamento deste tipo de efluente devido à heterogeneidade das amostras analisadas e a falta de controle do pH. Através dos testes experimentais, verificou-se que a simples homogeneização da amostra e a decantação natural contribuem para a redução da DQO, dependendo das características da amostra analisada.

Como os sólidos em suspensão deste efluente eram muito inferiores aos sólidos dissolvidos, os coagulantes em testes provavelmente não foram capazes de promover a coagulação das partículas suficiente para promover a sedimentação, e, conseqüentemente, retirá-las do meio aquoso, nas condições em estudo.

Não foi possível definir, portanto, um coagulante ótimo para ser utilizado no processo de tratamento de efluente de empresas de recicláveis PET com os testes realizados.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio recebido para a compra de equipamentos e reagentes para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC, 1999.

BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. 2000. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

BERTOLETTI, E. Estimativa da carga tóxica de efluentes industriais. **Ambiente**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 54-61, 1990.

- BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 32, n. 2 p. 167-170, 2010.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89 <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10 nov. 2017.
- CASALI, D. J. **Tratamento do efluente de uma recicladora de plásticos utilizando coagulante não metálico e compostagem**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- CASTRO, J. D. B.; OLIVEIRA, B de; SANTOS, R. L. A indústria da reciclagem, o lixo e os catadores: um estudo em Anápolis/GO. **Revista Anápolis Digital**, v. 2, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/revistaanapolisdigital/wp-content/uploads/2011/07/A-INDUSTRIA-DA-RECICLAGEM-O-LIXO-E-OS-CATADORES-UM-ESTUDO-EM-ANAPOLIS-GO1.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE TRANSFORMAÇÃO DE MATERIAL PLÁSTICO. Associação Brasileira da Indústria do plástico - ABIPLAST. PERFIL 2014. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- MACÊDO, J. A. B. de **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas** 3. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003. 450 p.
- MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: estudo de caso da Kodak brasileira. 2002. 367 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 216 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- RÔLA, A. K .K.; CASTRO de, G. M. de; SANTANA, H. F.; SOUZA, J. J. L. L. de; SILVA, D. de J. Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, [S.l.], v. 2, n. 3, p. 14-33, 2016.
- ROLIM, A. M. A reciclagem de resíduos plásticos pós consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- SANTOS, J. J. N. dos; SOUSA, I. C. dos S.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, V. C. da S; CHAVES, N. P. Desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís, Maranhão: diagnóstico de situação. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 4, p. 315-321, 2014.
- SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. 2006, 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- SILVA, M. E. R. da; AQUINO, M. D. de.; SANTOS, A. B. de. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007.
- STRÖHER, A. P.; COUTO JUNIOR, O. M.; MENEZES, M. L. de; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Aplicação de *moringa oleifera* Lam no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 61-66, 2012.
- VALLE, C. E. do. **Como se preparar para as normas ISO 14000: qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 2 ed. atual. São Paulo: Pioneira, 1996. 137 p.
- VAZ, L. G. de L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. da; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, p 45-54, 2010.