



II-403 - ENSAIOS DE TRATABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS TÊXTEIS NO AGRESTE DE PERNAMBUCO

Aerton Magno Nepomuceno da Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste

Antoniél Gomes de Lima⁽²⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste

Carlos Vinícios de Oliveira S. Arrais⁽³⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste

Érika Pinto Marinho⁽⁴⁾

Sávia Gavazza⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela UFAL, Doutor em Engenharia Civil pela EESC-USP, Professor adjunto do Centro Acadêmico do Agreste da UFPE

Endereço⁽¹⁾: Laboratório de Engenharia Ambiental. CAA-UFPE. Rodovia BR104, km 60. Nova Caruaru. Caruaru-PE. CEP.: XXXX - e-mail: savia@ufpe.br

RESUMO

O APL da confecção do agreste de Pernambuco é um importante pólo de confecção do Brasil, especializado em “jeans”, e que conta com um número próximo de 240 lavanderias, distribuídas nos municípios de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe. A atividade de lavagem de jeans consome grandes volumes de água e os efluentes do processo da lavagem e tinturaria são lançados nos corpos d’água da região, após passarem por tratamento físico-químico. Objetivando melhorar a qualidade do efluente tratado nas lavanderias, o presente trabalho teve como objetivo obter a dosagem e os gradientes de velocidades otimizados de três coagulantes utilizados comumente nas lavanderias do agreste pernambucano. Para tal, os parâmetros de avaliação empregados foram cor verdadeira, turbidez e DQO.

PALAVRAS-CHAVE: Lavanderia de jeans, efluente têxtil, tratamento físico-químico, dosagem de coagulante, gradiente de mistura

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental vem tomando proporções críticas ao longo do tempo. O crescimento populacional e industrial são fatores de suma importância para o desenvolvimento deste fenômeno. A utilização dos recursos naturais para a realização das atividades antropicas, feita de forma descontrolada agrava ainda mais este quadro. A contaminação de águas naturais tem sido um dos grandes problemas da sociedade moderna. A economia de água em processos produtivos vem ganhando especial atenção devido ao valor agregado que tem sido atribuído a este bem.

Nesse contexto, destaca-se a industrial têxtil, principalmente as lavanderias que demandam de uma grande quantidade de água, principal matéria prima do processo de lavagem. No agreste pernambucano, particularmente nas cidades de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, o setor têxtil apresenta um especial destaque, devido a sua grande importância econômica e como fator de inclusão social desta região.

Em média, uma lavanderia de médio porte (10 mil peças/mês) utiliza para o desenvolvimento de suas atividades 1 milhão de litros d’água pôr mês. Este fator por si só justifica o tratamento do efluente gerado, além de todo o prejuízo ambiental desencadeado ao se lançar no meio ambiente uma grande quantidade de efluente sem tratamento algum. O tratamento físico-químico dos efluentes gerados no processo de beneficiamento têxtil nas lavanderias de Caruaru, em geral, é feito por meio das etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração. No entanto, os sistemas de tratamento implantados, em geral, são operados em condições precárias, sem conhecimento das dosagens de produtos químicos adequadas e sem avaliação do desempenho dos coagulantes comercializados na região.

Diante deste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de três coagulantes comumente utilizados pelas lavanderias de jeans em Caruaru-PE, sobre a remoção de cor, turbidez e matéria orgânica, em



experimentos de bancada. As dosagens foram estabelecidas e variadas a partir das concentrações recomendadas pelos fabricantes, com o intuito de obter a(s) opção(ões) mais viável(is) do ponto de vista econômico para posterior aplicação em escala real. A influência dos gradientes de mistura, rápida e lenta, foi também investigada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foram utilizados três coagulantes comerciais, comumente utilizados na região: sulfato de alumínio, tanino (Neofloc T) e policloreto de alumínio (PAC). Os experimentos foram realizados em *Jar Test* com cinco diferentes dosagens dos produtos químicos em relação à Dosagem Recomendada (DR) pelos seus respectivos fabricantes: 50%, 75%, 100%, 125% e 150%. As DRs foram de 7 L/10.000 L de efluente (400 mg/L), 4 L/10.000 L e 4,50 L/10.000 L para sulfato de alumínio, PAC e Neofloc-T, que corresponderam ao valor de 100%. Com exceção do sulfato de alumínio não se teve acesso a fórmula química dos demais coagulantes, o que impossibilitou a obtenção das dosagens em mg/L. Todos os coagulantes utilizados foram obtidos junto a uma lavanderia de Caruaru, que utilizava os produtos no seu sistema de tratamento.

As amostras do efluente foram coletadas em uma lavanderia de médio porte (10 mil peças/ mês), cujo sistema produtivo é representativo da maioria das lavanderias do agreste pernambucano. As amostras foram coletadas no tanque onde os efluentes oriundos de todos os processos de lavagem são homogeneizados (tanque de equalização) antes do tratamento físico-químico. As coletas foram feitas duas vezes por semana durante seis meses (fevereiro a julho de 2008) para que pudesse ser feita uma avaliação considerando a variabilidade qualitativa e quantitativa destes efluentes.

Durante os experimentos foram monitorados os parâmetros turbidez, cor verdadeira e DQO de acordo com as recomendações do *Standard Methods* (APHA/AWWA/WEF, 1998).

Os jarros do *Jar Test* foram preenchidos com dois litros de amostra, tendo o pH sido corrigido para 7,0 em todos os experimentos, de acordo com recomendação dos fabricantes dos produtos químicos. O tempo e gradiente de mistura rápida foram iguais a 2 minutos e 125 s^{-1} , respectivamente. O tempo e gradiente de mistura lenta foram iguais a 5 minutos e 20 s^{-1} , respectivamente. A velocidade de sedimentação foi de $4,64 \times 10^{-1}\text{ m/h}$. Posteriormente investigou-se os tempos de mistura rápida (10 s, 20 s, 40 s e 60 s), o gradiente de mistura rápida (100 s^{-1} e 150 s^{-1}), o tempo de mistura lenta (10 min. 20 min. e 30 min.) e por fim, o gradiente de mistura lenta (25 s^{-1} , 30 s^{-1} , 35 s^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das lavanderias de Caruaru lança os efluentes tratados no rio Ipojuca, que atravessa o município, sendo este considerado um rio classe 2. Desta forma, os parâmetros não descritos no padrão de emissão foram considerados em relação à classe do corpo receptor, conforme recomendação da resolução no 357/05 do CONAMA.

No tocante a turbidez (Figura 1), todos os coagulantes em todas as faixas utilizadas se mostraram eficientes, conseguiram produzir efluente em conformidade com a legislação brasileira (turbidez igual a 100 uT). De fato, como esperado, o tratamento físico-químico é utilizado com eficiência na remoção de partículas em suspensão, responsáveis pela turbidez, por meio de agregação das partículas que são removidas por sedimentação.

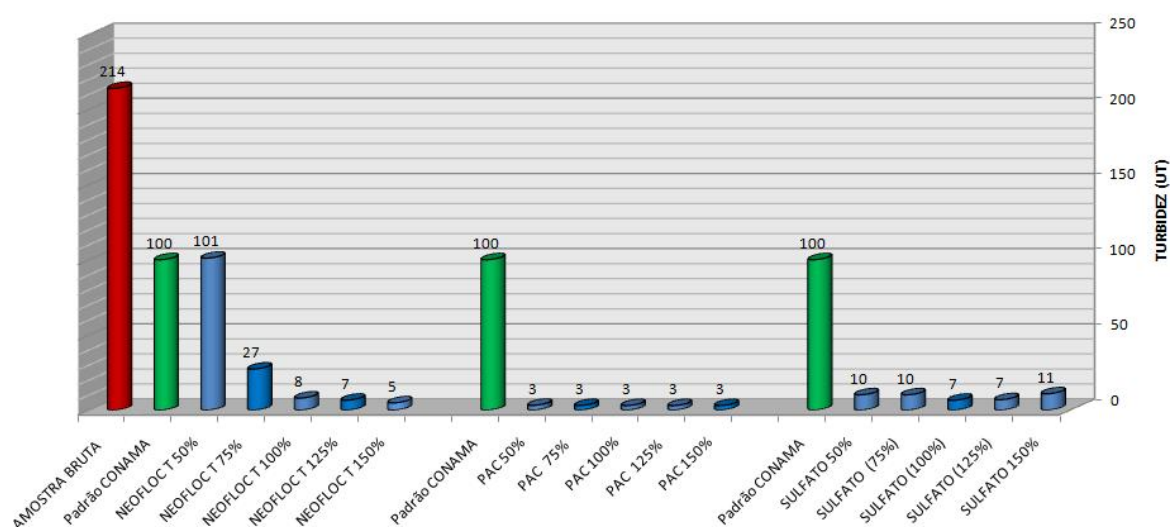


Figura 1: Gráficos dos resultados das análises de turbidez

No que se referem à cor verdadeira, todos os coagulantes se mostraram eficientes com uma concentração 50 % inferior a recomendada pelo fabricante, exceto o NEOFLOC-T (Figura 2). Este se mostrou eficiente a partir da dosagem indicada pelo fabricante, sendo os melhores resultados obtidos para a dosagem 25% superior a DR. No entanto, para concentrações maiores que 125% os valores de cor verdadeira voltaram a crescer, o que deve ser resultado da cor proveniente do próprio coagulante.

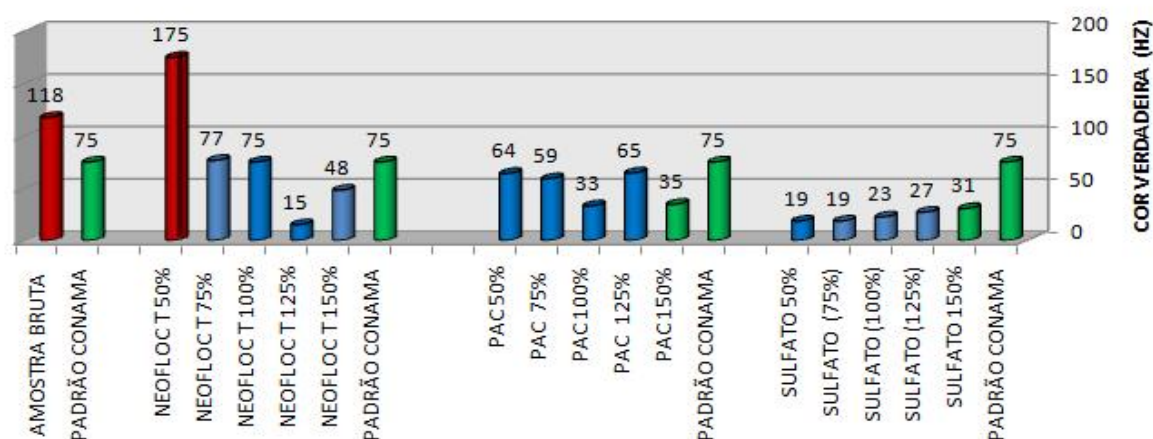


Figura 2: Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira

De acordo com a Figura 1, percebe-se que dosagens inferiores a 50% da DR poderiam ser investigadas para todos os coagulantes, com exceção do NEOFLOC T. No entanto, isso, provavelmente, desenquadraria o efluente para o parâmetro cor verdadeira (Figura 2). Outro fator importante a ser observado é que tanto a amostra bruta quanto os resultados apresentados se referem a valores médios de 48 ensaios, o que indica que o tratamento físico-químico para todos os coagulantes e dosagens avaliadas produziu efluente estável em relação à turbidez e cor verdadeira, exceto para o coagulante NEOFLOC-T a 50% DR.

De todos os coagulantes utilizados, o sulfato de alumínio foi o único que apresentou um padrão de comportamento no que diz respeito à cor verdadeira (Figura 2). Entretanto, observou-se que quanto maior a concentração do coagulante adicionado, maior foi a cor verdadeira, o que indica que a melhor dosagem de sulfato de alumínio deve ser ainda inferior aos 50% da DR.

Para os demais coagulantes (Figura 2) percebe-se que a melhor dosagem para remoção de cor esteve em torno de 50% da DR. Desta forma, em relação à cor verdadeira o uso de todos os coagulantes, com exceção do NEOFLOC-T, com dosagem 50% inferior a DR, pode ser usado sem causar prejuízo à qualidade final do efluente (para cor e turbidez).

Como observado anteriormente, o coagulante sulfato de alumínio foi o único que apresentou um padrão de comportamento no tocante a cor verdadeira, o que indicou a possibilidade de se investigar o uso de concentrações inferiores a 50% DR para este coagulante.

Como se pode observar nas Figuras 3 e 4, concentrações inferiores a 50% da DR conseguiram produzir efluentes em conformidade com o padrão de lançamento para um rio classe 2, tanto para cor verdadeira quanto para turbidez.

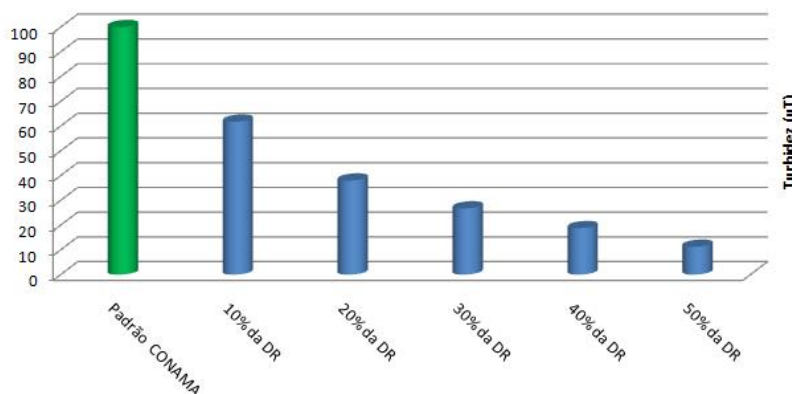


Figura 3: Gráfico dos resultados das análises de turbidez do sulfato de alumínio para dosagens inferiores a 50% da DR

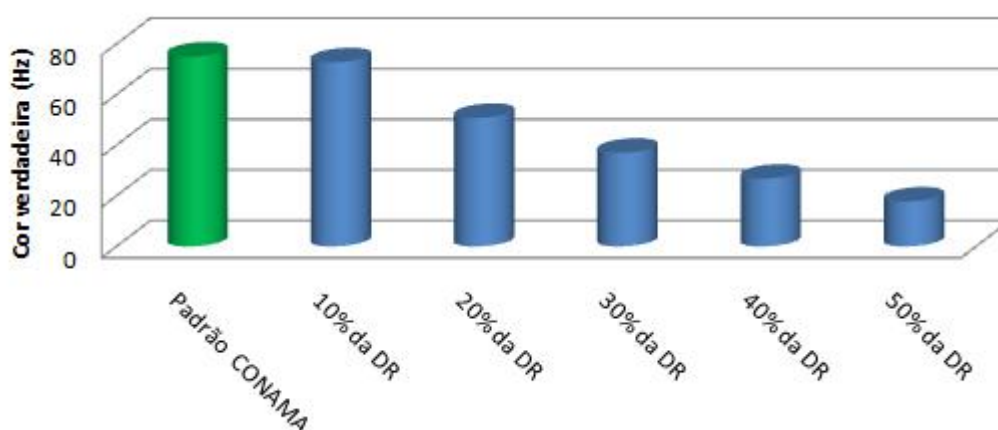


Figura 4: Gráfico dos resultados das análises de cor verdadeira do coagulante sulfato de alumínio para dosagens inferiores a 50% da DR

Desta forma, a dosagem ótima para o coagulante sulfato de alumínio comercial é 80% inferior a dosagem recomendada pelo fabricante, 80 mg/L. Contudo, observa-se que dosagens de 90% inferiores a DR conseguem produzir um efluente em conformidade com a resolução 357/05 do CONAMA. Entretanto, para esta concentração o parâmetro cor verdadeira apresenta-se muito próximo ao valor limite estabelecido na referida resolução o que com qualquer variação no afluente poderia desenquadrar o efluente.

Quanto a DQO, sendo o corpo d'água receptor como um rio classe 2, todos os coagulantes em todos as concentrações produziram efluente que não atendeu ao padrão de lançamento (Figura 3). Como esperado, o tratamento físico-químico se mostrou ineficiente na remoção da DQO, uma vez que grande parte da DQO provém de material dissolvido inacessível à técnica de tratamento empregada. O padrão de remoção considerado foi a resolução nº 2002 da Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), na qual para tratamento de efluente de indústria têxtil 80% da DQO afluente deve ser removida.

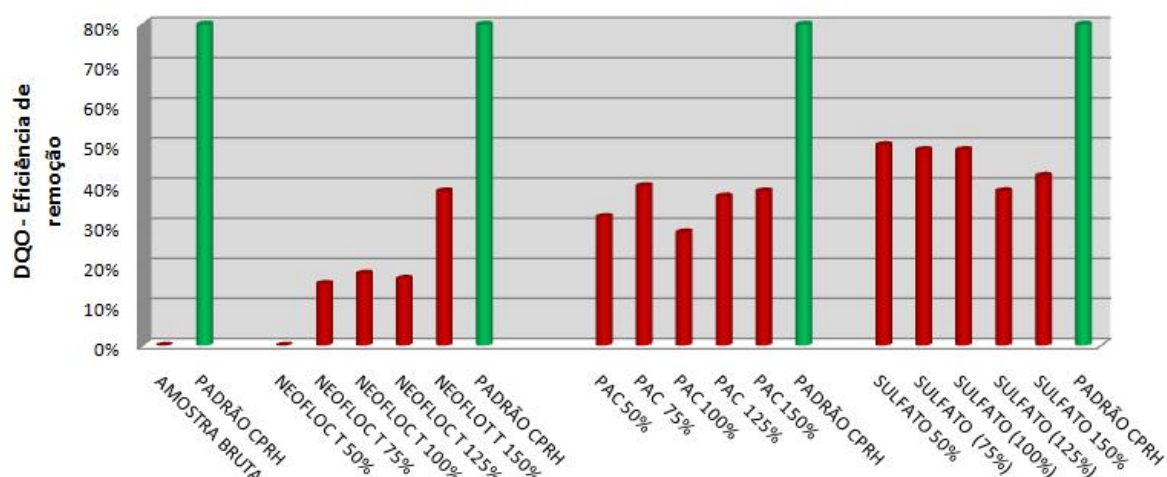


Figura 5: Gráfico dos resultados das análises de DQO

É importante salientar que todas as amostras apresentaram altos valores de alcalinidade 395 (Santos, 2005) que é necessário para tratamento biológico anaeróbio, uma vez que a alcalinidade tem efeito tampão. Dessa forma, sugere-se que unidades de tratamento biológico como pós-tratamento sejam avaliadas, para que o efluente das lavanderias atenda por completo ao padrão de emissão estabelecido pela legislação brasileira.

Como o sulfato de alumínio apresenta um padrão no tocante a turbidez, padrão este não apresentado em relação à cor verdadeira, foi possível, para este parâmetro, determinar uma curva (Figura 7) pelo método dos mínimos quadrados com $R^2 = 0,97$. Porém, vale salientar que a exatidão da curva fica afetada pelo fato do intervalo das dosagens não ser igualmente espaçado.

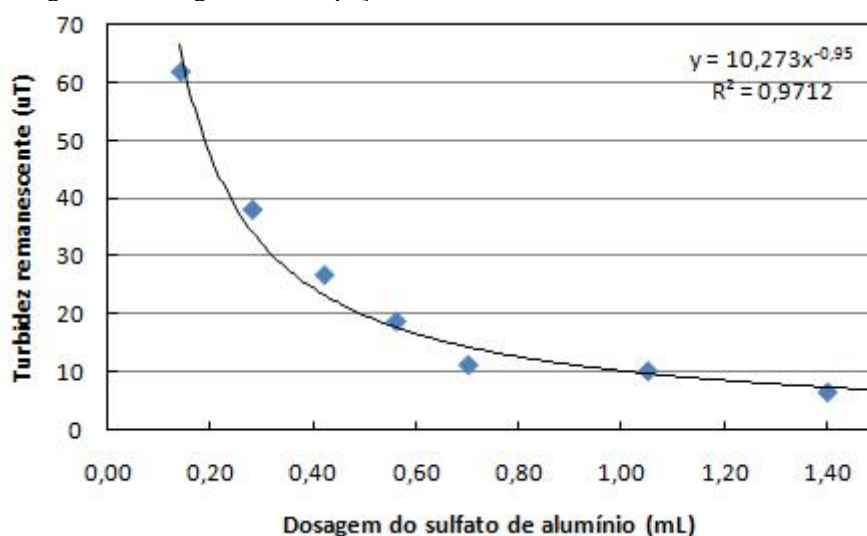


Figura 7: Ajuste de equação para estimar a dosagem de sulfato de alumínio necessária para produzir a turbidez efluente desejada.

A equação obtida ($y = 10,273x^{-0,95}$) pode ser utilizada para estimar a concentração de sulfato de alumínio que deve ser utilizada para se atingir a turbidez remanescente desejada.



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Com exceção do Neofloc T, todos os coagulantes utilizados podem produzir efluente em conformidade com a legislação brasileira, para cor verdadeira e turbidez, para dosagens abaixo da recomendada pelo fabricante, sendo a dosagem ótima para o PAC 50% da DR e para o sulfato de alumínio 20% da DR.

Em relação à DQO apesar da eficiência de remoção para algumas concentrações dos coagulantes serem satisfatórias (em torno de 50% para DQO, com sulfato de alumínio), nenhum coagulante em nenhuma faixa de dosagem utilizada conseguiu enquadrar o efluente para lançamento, segunda a legislação estadual em vigor.

Diante disso, se faz necessário o uso de uma unidade de pós-tratamento para que o efluente esteja totalmente enquadrado para lançamento em um corpo d'água receptor classe 2. Esta pode ser uma unidade biológica de tratamento. No entanto, é preciso investigar se esta unidade deve vir antes ou depois do tratamento físico-químico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
2. DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaios de tratabilidade de água e de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos-SP : Rima, 1993.
3. PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2005.
4. Santos, E.O; Brayner, M.M.F; Florêncio, L. II-313 – Estudo da tratabilidade dos efluentes de uma lavanderia e tinturaria de jeans através de reator seqüencial em batelada. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2005, Mato Grosso do Sul. Anais... ABES, 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-313.pdf>>, acesso em 18 mai. 09.
5. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, Amer. Public Health Assoc., Americ. Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., ed. 19th, 1998.