

# TRATAMENTO DE EFLUENTE GERADO DA LAVAGEM DE MÁQUINAS EM TERMINAL INTERMODAL ATRAVÉS DA ELETROFLOCULAÇÃO

Milena Martins Roque<sup>1</sup>,  
Sabrina Martins Boto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do CST em Processos Químicos – Faculdade de Tecnologia de Praia Grande (FATEC PG),  
Bolsista PIBITI/CNPq; e-mail: milena.roque@fatec.sp.gov.br.

<sup>2</sup>Professora Dra. da Faculdade de Tecnologia de Praia Grande;  
e-mail: sabrina.boto@fatec.sp.gov.br.

**Área do Conhecimento:** Processos Químicos.

**Palavras-chave:** eletrofloculação, efluente, eletrodo, ferro, terminal.

## INTRODUÇÃO

Os tratamentos de efluentes envolvem processos necessários à remoção de impurezas geradas na fabricação de produtos de interesse. Os métodos de tratamento estão diretamente associados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da indústria e às características da água utilizada (CRESPILHO, REZENDE, 2004). As características do efluente gerado por operações de lavagens de máquinas podem conter óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes, detergentes, entre outros. A presença de óleos em cursos d'água resulta em prejuízos na aeração e iluminação, devido a formação de um filme insolúvel na superfície, produzindo efeitos nocivos ao meio ambiente (ROSA, 2002). Segundo Menezes (2004), este efluente apresenta óleo lubrificante, fluido de freio, além de derivados de petróleo, graxas, parafinas, asbestos e metais pesados. De acordo com Mollah (2001), os avanços tecnológicos em relação ao tratamento de efluentes está sendo voltado para o emprego de processos eletrolíticos, tendo como exemplo a eletrofloculação. Esta técnica é um processo utilizado a partir da corrente elétrica em reatores eletroquímicos que envolve a geração de coagulantes *in situ*, por oxidação de um material apropriado no ânodo. De modo geral, na região anódica emprega-se ferro ou alumínio, pois são materiais de baixo custo, eficazes e prontamente disponíveis no mercado. A necessidade de atender um processo de tratamento de águas residuais de maneira mais simples, eficiente e com menor custo para este tipo de efluente em específico de terminais intermodais foi o que impulsionou, inicialmente, a realização deste trabalho. Após revisão na literatura sobre o tema em questão, houve o interesse em analisar e executar a pesquisa com eletrodo de ferro.

## OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar se o emprego da técnica de tratamento de esgoto industrial por eletrofloculação, em escala laboratorial, é viável para o efluente de terminal intermodal que possui características específicas e complexas, atendendo aos padrões físico-químicos estabelecidos pelos órgãos regulamentadores ambientais. Os objetivos específicos estão em determinar os parâmetros físicos e químicos, como pH, condutividade, alcalinidade e acidez, antes e após o tratamento do efluente. E analisar os resultados obtidos pelo tempo de eletrólise utilizado.

## METODOLOGIA

Para a determinação de pH foi utilizado um pHmetro de bancada, sendo calibrado com as soluções tampões de 4, 7 e 10. O eletrodo de vidro foi lavado com água destilada antes e após cada medição. O pH foi verificado à uma temperatura de cerca de 25°C em triplicata. Para análise de condutividade foi utilizado um condutivímetro, o eletrodo do aparelho foi lavado com água deionizada antes e após cada

medição. Após a calibração, foi inserido o eletrodo em cada amostra para ser realizado a determinação. A condutividade foi verificada à temperatura de 25°C em triplicata. Para a determinação de alcalinidade foi utilizado o método titulométrico com indicador. Os procedimentos foram seguidos conforme disposto no Manual de Técnicas de Laboratório (POLI/USP, 2004), em triplicata. Primeiramente foi realizado a padronização da solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 mol/L, sendo pipetado 20 ml de solução estoque de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N e transferido para um balão volumétrico de 1L. A padronização ocorreu com 25 ml de solução padrão de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,05N, adicionou-se 4 gotas de indicador fenolftaleína, titulando até o ponto final. Posteriormente a padronização da solução ácida, foi realizado a determinação de alcalinidade das amostras de efluente bruto e das amostras coletadas do efluente tratado, ocorrendo a transferência de 25 ml de amostra para um Erlenmeyer de 250 ml. Adicionouse 4 gotas de fenolftaleína, quando a amostra apresentava uma coloração rósea, titulavase com a solução ácida padronizada até o desaparecimento da cor e o volume gasto foi anotado para fazer o cálculo da determinação de alcalinidade através da equação -1 (POLI/USP, 2004; GOBBI 2013):  $\text{mg.L CaCO}_3 = \text{NH}_2\text{SO}_4 * V_1 \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ gastos} * 105 * V_2\text{amostra}^{-1}$ . Para a determinação da acidez foi utilizado o mesmo método da alcalinidade, sendo o titulométrico com indicador, seguidos conforme o disposto no trabalho de GOBBI (2013) e foi realizado em triplicata. Para a padronização da solução de NaOH 0,1N foi calculada a massa ideal de biftalato de potássio considerando o gasto de 20 ml de NaOH 0,1N. Em seguida foi adicionado 50 ml de água destilada juntamente com o biftalato anteriormente calculado em um Erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 4 gotas de fenolftaleína. Titulouse com a solução de NaOH 0,1N até a coloração rósea. Após feito isso, foi realizado a determinação da acidez das amostras coletadas do efluente bruto e das amostras coletadas do efluente tratado, transferindo 25 ml da amostra para um Erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 4 gotas de fenolftaleína, posteriormente foi feita a titulação com a solução de NaOH 0,1 N. Com o volume gasto de NaOH, obteve-se a acidez através da equação -1 (POLI/USP,2004):  $\text{mg.L CaCO}_3 = \text{NNaOH} * V_1 \text{NaOH gastos} * 105 * V_2\text{amostra}^{-1}$ . Nos testes do efluente tratado, foram coletadas quatro amostras para efetuar devidas análises, cada coleta foi feita após 30 minutos de processo eletrolítico durante 2 horas. Com isso, foram coletadas a amostra (1) em 30 minutos, amostra (2) em 60 minutos, amostra (3) em 90 minutos e amostra (4) em 120 minutos.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Em comparação do primeiro valor de análise (efluente bruto) para o último (efluente tratado), houve um aumento de 20,83%. Acredita-se que o aumento do pH ocorreu pela liberação de OH<sup>-</sup> devido a evolução do desprendimento do hidrogênio no cátodo juntamente com os íons férricos gerados pela oxidação eletroquímica dos eletrodos de ferro que podem formar precipitados através dos ânions Fe<sup>2+</sup> ou Fe<sup>3+</sup>, tendo uma relação direta com a quantidade de corrente aplicada (CHEN, 2004; MOLLAH, 2001; ROMERO, 2009). O valor da média da condutividade no efluente bruto foi de 5,09. De acordo com o tempo de eletrólise a condutividade teve uma diminuição de valor, sendo que o último valor determinado pela última amostra coletada do efluente tratado foi de 3,07. Comparando os dois valores citados no resumo, houve uma redução de 39,68%. A condutividade do efluente bruto estava diretamente proporcional à alta quantidade de íons condutores presentes no meio, durante o tratamento, conforme a formação e aumento da quantidade íons férricos de acordo com o tempo de tratamento, houve uma diminuição nos íons condutores (CERQUEIRA, 2006).

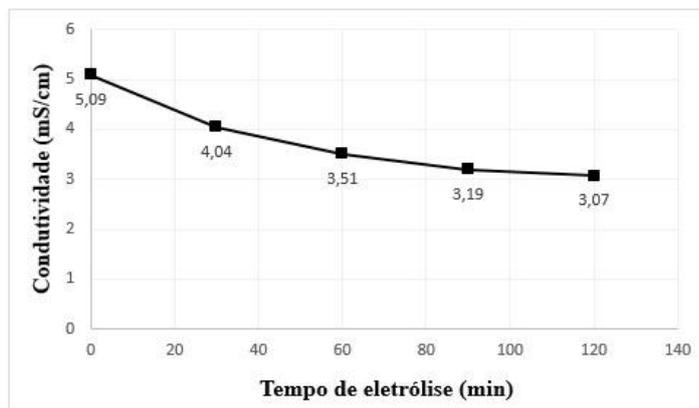


Figura 2 – Gráfico de efeito do tempo de eletrólise na condutividade.

Em comparação do primeiro valor medido no efluente bruto, com o último valor, no efluente tratado, houve um aumento de 70% para a alcalinidade. Ao contrário da acidez que teve uma queda de 82,42%. Um das substâncias mais comuns causadoras de alcalinidade são os hidróxidos (OH). Por isso, a tendência para a eletrofloculação é ocorrer maior concentração de  $Fe(OH)_2$  e  $Fe(OH)_3$  no efluente tratado, em virtude da liberação ao longo do processo como aglutinante (CHEN, 2004; MOLLAH 2001). A queda do valor na análise de acidez atendeu aos resultados esperados, uma vez que está de acordo com os resultados obtidos de alcalinidade.

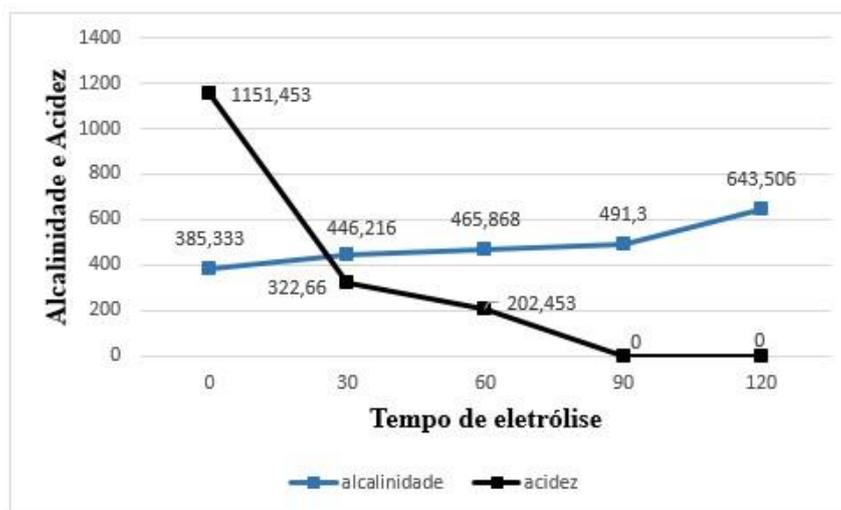


Figura 3 – Gráfico do tempo de eletrólise na acidez e alcalinidade. Nas amostras 3 e 4 do efluente tratado, não foram possíveis fazer o cálculo da determinação de acidez, pois o pH das amostras estavam acima da faixa do indicador, logo, quando adicionado o indicador, imediatamente ocorria a viragem.

## CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, em escala de bancada, para os parâmetros analisados neste trabalho, verificou-se que é possível utilizar a técnica de eletrofloculação no tratamento de efluente de terminais intermodais por eletrofloculação, de acordo com os resultados considerados satisfatórios, comparando-os com a literatura. Observação feita pela queda dos valores de condutividade (39,68%) e acidez (82,42%), indicando um grande potencial à eficiência do processo eletrolítico para o tipo de efluente estudado. Contudo, mesmo tendo obtidos resultados aceitáveis para a maioria dos fatores analisados, o pH ficou fora dos padrões estabelecidos de condições para lançamento de efluentes da Resolução CONAMA nº 430/11, sendo pH entre 5 e 9, o que conseqüentemente será necessário uma correção de pH do mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CERQUEIRA, A. A. **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis.** 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pósgraduação em Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006 CHEN, G. **Electrochemical technologies in wastewater treatment.** Sep. Puri. Technol., 11-41p. 2004.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 23 jun. 2020.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. **Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação.** Quim. Nova, Vol. 27, No. 3, 387-392. 2003. Instituto de Química de São Carlos. São Carlos. 2004.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (POLI/USP). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária – Laboratório de Saneamento “Profº Lucas Nogueira Garcez”. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial.** São Paulo, 2004.

GOBBI, L. C. A. Tratamento de água oleosa por eletroflotação. 2013. Dissertação (Mestrado em Energia), Centro universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2013. Disponível em: [http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5332/1/tese\\_6753\\_LorenaGobbi.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5332/1/tese_6753_LorenaGobbi.pdf). Acesso em: 14 nov. 2019.

MENEZES, F. L. **Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores.** 2004. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2004/PEAMB2004FLMenezes.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

MOLLAH, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R. and Cocke, D. L., **Electrocoagulation(EC)-science and applications.** J. Hazardous Materials, 84(1), 2941p. 2001.

ROMERO, J. A. P. **Eletroflotação Aplicada ao Tratamento de Esgoto Sanitário.** 2009. 143f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ROSA, J. J. **Tratamento de efluentes oleosos por floculação pneumática em linha e separação por flotação – processo FF.** 2002. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida de Iniciação Tecnológica e Inovação.

Aos professores, pelos ensinamentos que me permitiram melhor desempenho no desenvolvimento do trabalho.

À todos que me ajudaram diretamente e indiretamente na elaboração deste estudo.