

Reaproveitamento de materiais de alumínio eletrocoagulação

Reuse of aluminum materials for electrocoagulation

Mariana Mangucci Calil, Kamilla Medeiros da Mota, Fernando Pereira de Sá,
Elisangela Cardoso de Lima Borges*

Instituto Federal de Goiás-Campus Inhumas, Goiás, Brasil

**elisangela.borges@ifg.edu.br*

Submetido em 26/01/2020; Versão revisada em 23/03/2020; Aceito em 19/04/2020

Resumo

Avaliou-se a aplicabilidade de materiais de alumínio de baixo custo como eletrodos de sacrifício no método de eletrocoagulação. A metodologia consistiu em testar um sistema eletrolítico de bancada com colheres de alumínio, latas de bebidas e placas de formas de empada. Na otimização avaliou-se em uma solução azul brilhante (1) o efeito da adição do eletrólito NaCl e (2) a distância entre os eletrodos, analisados no espectrofotômetro na região do visível. Os ensaios com colheres de alumínio e placas de forma obtiveram desempenho na clarificação da solução nas seguintes condições: distância entre os eletrodos 5 cm, adição de NaCl 1,5 g:500 mL, tensão 15 V, tempo da eletrólise 10 min, agitação contínua e temperatura ambiente. O emprego de latas de bebidas não mostrou coagulação satisfatória. A otimização do sistema com placas de forma foi realizado em águas de rio e lago obtendo-se a remoção de coliformes e 100% na clarificação.

Palavras-chave: eletrólise, tratamento de água, potabilização

Abstract

The use of low-cost aluminum materials as sacrificial electrodes in the electrocoagulation method was studied. The methodology consisted of testing a bench electrolytic system with aluminum spoons, beverage cans and plates of pies. Optimization tested in a bright blue solution (1) NaCl electrolyte addition effect and (2) the distance between electrodes, analyzed on the spectrophotometer in the visible region. The tests with aluminum spoons and form plates obtain a performance in clarifying the solution under the following conditions: distance between electrodes 5 cm, addition of NaCl 1.5 g:500 mL, voltage 15 V, electrolysis time 10 min, continuous agitation at room temperature. The use of beverage cans did not show satisfactory coagulation. The optimization of the system with form plates carried out in river and lake waters, obtaining the removal of coliforms and 100% in clarification.

Keywords: electrolysis, water treatment, potabilization

Introdução

O tratamento da água para consumo humano é exigido por um número diverso de razões nas quais se incluem prevenção contra microrganismos patogênicos, controle do sabor desagradável, remoção da cor/turvação excessiva e redução/eliminação de substâncias químicas dissolvidas até padrões estabelecidos para a água potável, expressos por VMP (Valores Máximo Permitido) definidos no Brasil pela Portaria nº 2914/2011 (AGÊNCIA..., 2011).

Nos últimos trinta anos lista-se algumas tendências de desenvolvimento de tecnologias no tratamento de água e efluentes desde os referenciais padrões microbiológicos, de bactérias indicadoras evoluíram para vírus e protozoários, até a instalação de unidades de filtração de baixa e alta pressão, uso do ozônio como oxidante e desinfetante primário, oxidação avançada, fotólise por radiação UV (DUARTE, 2011) e eletrocoagulação.

No Brasil, as estações de tratamento de água (ETA) para consumo utilizam, em sua grande maioria, o método convencional (coagulação, sedimentação, filtração, cloração e fluoretação) para purificação da água. Estas ETA's ocupam grandes áreas dos centros urbanos para a implantação das várias etapas de clarificação e descontaminação além do risco no uso e armazenamento de reagentes químicos, como o gás cloro liquefeito pressurizado (SANTOS, 2018).

Esta necessidade de possuir grandes áreas para as ETA's, hoje em dia vem se tornando um desafio para as concessionárias de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, públicas ou privadas, devido ao rápido crescimento urbano em áreas irregulares que, no geral, são locais com deslizamentos e inundações. Dessa forma, estas regiões acabam sendo excluídas do planejamento de saneamento devido à dificuldade técnica e custo financeiro para levar este serviço (EOS, 2020).

A técnica denominada de eletrocoagulação (ou eletrofloculação, eletroflotação) utilizando reatores eletroquímicos, tem mostrado resultados bastante

promissores em tratamento de água e esgoto para pequenas áreas além de não necessitar da adição de reagentes químicos para a coagulação e desinfecção.

O sistema é constituído de uma célula eletroquímica com a passagem de corrente elétrica contínua ou alternada através de eletrodos na solução de tratamento (OTENIO et al., 2008). Durante o tratamento eletrolítico, o coagulante é gerado *in situ* pela oxidação de um ânodo metálico (M) de sacrifício, geralmente, alumínio ou ferro (AQUINO NETO et al., 2011) o que leva à clarificação do efluente por precipitação de certos poluentes presentes na solução que alcançam a superfície por arraste dos flocos pelas microbolhas de O_2 e H_2 (FORMENTINI, 2012).

Lima (2018) apresentou resultados comparativos referentes à implantação de um tratamento eletrolítico compacto em relação ao sistema convencional e, concluiu que a ocupação da área menor (190 m^2 versus $49.347,15\text{ m}^2$) favorece a falta de espaço em centros urbanos. A desvantagem encontra-se na fase de implantação ser consideravelmente maior em relação ao sistema convencional (R\$ 2.150.774,28 versus R\$ 1.273.019,00) mas que a longo prazo, o custo de operação e manutenção apresentará uma economia de 2,73% por mês em relação ao consumo de reagentes e eletrodos.

Outra vantagem, do sistema eletrolítico é a geração *in situ* na formação de oxidantes para o processo de eletroxidação (ALEXANDRE, 2018).

Em um estudo de escala laboratorial o grupo Queiroz-Filho e Oliveira (2019) analisou o desempenho do sistema eletrolítico com latas de alumínio na desinfecção de água bruta do rio Tronqueira/MG. Os resultados mostraram que pode-se atingir com tempo de aplicação do processo de eletrólise de 60 min, uma redução na concentração final de cloro livre de até 13,33%, reduzindo deste modo o potencial de formação de trihalometanos; os dados sob cálculo da demanda de cloro na redução para o mesmo tempo foi de 8,13%, que representa

economia de insumos na estação de tratamento de água. Os resultados também mostraram que não houve alteração na condutividade elétrica, medida que está associada a concentração de sólidos dissolvidos, nem ao pH, permitindo indicar que o uso da eletrólise não alteraria, a princípio, as condições de dosagem de coagulantes e auxiliares de floculação.

Considerando esse contexto o objetivo desse artigo é divulgar os estudos referentes ao uso de materiais de baixo custo de alumínio para aplicação como eletrodos de sacrifício em um processo de eletrocoagulação a fim de obter a clarificação e potabilização da água de rio e lago.

Materiais e métodos

Os experimentos foram adaptados a partir dos estudos de Rodrigues et al. (2001). Para tal utilizou-se um potenciostato/galvanostato MCE 8257 (0-18V / 0-20 A) e cabos pretos e vermelhos com garra jacaré, condutivímetro (BANTE Instruments, 520, eletrodos de Pt), pHmetro (BANTE Instruments, 930, eletrodos combinado Ag/AgCl), espectrofotômetro (BEL Photonics, UV – M51) e teste microbiológico para coliformes totais e coliformes termotolerantes - *E.coli* (COLItest®). Os ensaios microbiológicos foram mantidos em temperatura adequada com o uso da estufa de cultura bacteriológica (NOVA Instruments, modelo NI1521). Para a realização das medidas de cor e testes microbiológicos as amostras foram previamente filtradas com filtro de membrana Millipore 0,45 µm.

A escolha dos materiais para eletrodos de sacrifício feitos de alumínio baseou-se no reaproveitamento de materiais comuns ao dia-a-dia, em pares: colheres de chá, latas de refrigerante e fundo removível de formas de empada:

Eletrodos de colher: duas colheres de chá, dispostas paralelamente, com a superfície interna côncava voltadas entre si e, mergulhada na solução-teste azul brilhante 1 mg/L (Importadora Brastókio, São Paulo/Brasil) (Figura 1). A ponta de cada foi conectada ao cabo elétrico e, este ao potenciostato.

Eletrodos de latas de refrigerante: para esta confecção utilizou-se 2 latas de diâmetros 6,4 cm e 5,4 cm; lixadas externamente, cortadas na altura de 10 cm e, retirados o fundo e a tampa. A disposição das latas foi de forma concêntrica (Figura 2), e, mergulhadas na solução-teste azul brilhante 1 mg/L em cerca de 90% de sua altura. À lata maior conectou-se ao polo negativo do potenciostato (semi-reação catódica). À lata menor conectou-se ao polo positivo do potenciostato (semi-reação anódica).

Eletrodos de forma de empada: dois fundos removíveis de formas de empada circulares, com diâmetro de 5,4 cm foram dispostas paralelamente entre si (Figura 3), conectadas por cabos elétricos ao potenciostato e, cerca de 90% do seu tamanho mergulhadas na solução-teste azul brilhante 1 mg/L.

Nestes sistemas eletrolíticos realizou-se ensaios com uma solução-teste azul brilhante para estudar os parâmetros (1) sem ou com a adição do eletrólito NaCl (Synth, P.A. – A.C.S.) na proporção de 1,5 g:500 mL de solução e, (2) a distância de 5,0 cm e 8,5 cm entre os eletrodos; como resposta adotou-se a observação física da formação de coágulos e a obtenção da curva espectrofotométrica na região do visível, respectivamente. Manteve-se constante a tensão de 15 V, tempo da eletrólise de 10 min, agitação contínua e à temperatura ambiente.



Figura 1: Sistema eletrolítico com eletrodos de colher de Alumínio

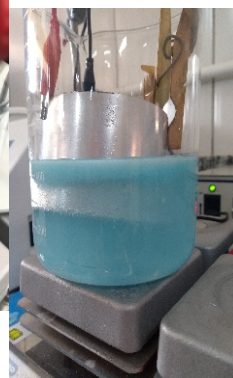


Figura 2: Sistema eletrolítico com eletrodos de latas de Alumínio

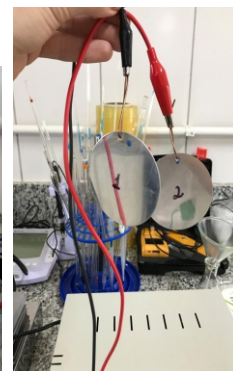


Figura 3: Sistema eletrolítico com eletrodos de forma de Alumínio

Aplicação Ambiental

O método otimizado foi aplicado em amostras de água superficial coletadas no lago Lúzio de Freitas Borges – Inhumas/GO e no rio Meia Ponte – Inhumas/GO. Utilizou-se os eletrodos de fundo de forma de empada e, manteve-se o cuidado de permanecê-los numa distância de 5 cm e 90% mergulhados adição de NaCl na proporção de 1,5 g:500 mL, tensão de 15 V, tempo da eletrólise de 10 minutos, agitação contínua e temperatura ambiente. Como resposta adotou-se as seguintes determinações nas amostras sem tratamento eletrolítico e, após o tratamento eletrolítico: condutância e pH (determinações nas amostras sem filtração), a cor absorvida na região do visível (determinações nas amostras filtradas em filtro Millipore), teste microbiológico para *E.coli* (determinações nas amostras filtradas à vácuo). Realizou-se todas as medidas em triplicata para análise por estatística descritiva.

Resultados e discussão

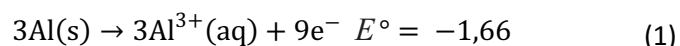
As indústrias alimentícias utilizam a substância azul brilhante para conferir, intensificar ou restaurar a cor de um determinado produto. No entanto, devido ao seu potencial tóxico seu uso alimentício é controlado por órgãos de saúde como também, devido ao seu potencial não biodegradável há o controle por órgãos ambientais quanto à eliminação nas estações de tratamento de efluentes.

Os efluentes gerados pelas unidades industriais pode ser efetuado por diversos métodos, sendo o tratamento biológico convencional (coagulação química e lodos ativados), o mais utilizado, seguido do tratamento físico-químico, com efetuação do processo de adsorção com carbono ativado (PIRES, 2020) ou por processos avançados como os oxidativos e os eletrolíticos.

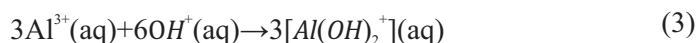
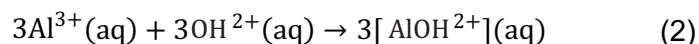
O princípio dos processos eletrolíticos baseia-se na formação de espécies químicas em solução devido a uma descarga elétrica que provoca o transporte de cargas iônicas entre os eletrodos e, por

isso, o estudo da presença dos eletrólitos deve ser avaliado. O efeito positivo da adição do eletrólito NaCl na solução-corante foi notadamente nítida com a formação *in situ* da maior quantidade de coágulos de alumínio na solução.

O eletrólito suporte atuou como um catalisador na descoloração da solução azul brilhante, pois com o aumento da condutância e alta voltagem 15 V, íons alumínio foram rapidamente migrados para a solução pela reação anódica do eletrodo de alumínio, segundo a Equação 1 (AQUINO NETO et al., 2011; MARCIONILIO, BARROS e LÉON, 2015):



O pH desta solução-teste azul brilhante situou-se na faixa entre 5,5 a 6,5 durante o experimento de eletrocoagulação e, ao correlacionar este pH com a distribuição das espécies de alumínio (EBELING, 2006) é possível inferir um mecanismo de formação dos complexos de alumínio predominantes durante a coagulação do corante azul brilhante nas Equações 2 - 3 (CENI, 2017 – adaptado para alumínio):

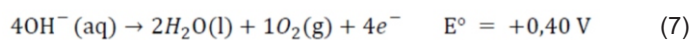
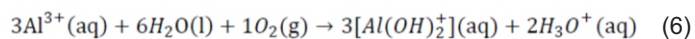
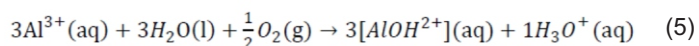


Como o potencial padrão de redução dos íons alumínio e sódio presentes na solução são menores do que o potencial padrão de redução da água (- 1,66 V / - 2,71 V < -0,83 V), a redução do hidrogênio da água (Equação 4) no cátodo será preferencial e mais reativa durante a oxidação do Al° Al^{3+} no ânodo.



Este íon OH^{-} , portanto, gerado a partir da redução do hidrogênio da água é o principal responsável pela formação dos complexos de alumínio citados nas Equações 2 - 3. Porém, isto não inviabiliza a formação dos mesmos complexos de alumínio (Equação 5-6) a partir dos produtos de oxidação, deste íon OH^{-} , obtidos numa reação anódica (Equação 7) mas, em menor proporção

devido a sua menor reatividade em comparação ao íon Cl^- presente na solução.



Com estes complexos de alumínio formados, de caráter positivo e característica coloidal, tem-se a remoção do corante, carregado negativamente, que se dá tanto por reação de complexação quanto por atração eletrostática. Estes coágulos “de sujeira” formados são removidos da solução por eletrofloculação até a superfície da suspensão pelos gases O_2 e H_2 , gerados no ânodo e cátodo, respectivamente, ou por sedimentação (AQUINO NETO et al., 2011; FORMENTINI, 2012; MARCIONILIO, BARROS e LÉON, 2015).

Quanto à distância ideal dos eletrodos, o resultado da absorbância demonstrou que a distância de 5,0 cm foi a mais adequada pois apresentou maior eficiência de descoloração da solução de corante azul brilhante, ou seja, obteve-se a menor intensidade de absorbância (Gráfico 1).

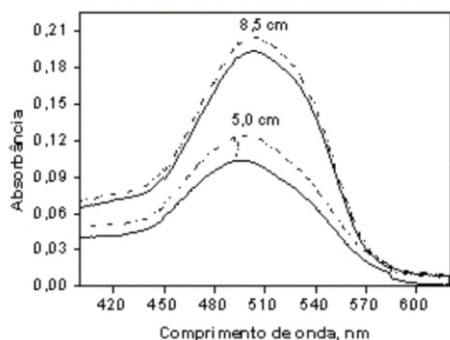


Gráfico 1: Efeito da distância entre os eletrodos de colher de chá (linha tracejada) e de forma de empada (linha contínua)

A maior descoloração da solução azul brilhante também foi mais pronunciada com o uso das placas de fundo de forma de empada. A configuração plana das formas de empada permitiu uma distribuição mais regular da dupla camada elétrica, ou seja, a placa plana diferente da colher côncava, distribuiu os íons na superfície do eletrodo e os contraíons dispersos na fase fluida com distanciamento mais uniforme.

Diferentemente o ocorrido na colher côncava, a distância (L) entre os eletrodos é variável e, à medida que L aumenta ou diminui, o grau de confinamento dos íons tende a produzir efeitos repulsivos e atrativos variáveis, fazendo com que ocorresse uma menor eficiência no processo de eletrocoagulação (ALIJO, 2011).

Quanto aos eletrodos feitos a partir de latas de alumínio para refrigerantes encontrou-se apenas pontos negativos. A primeira é que o verniz inodoro que sela a lata internamente e a tinta externa não permitem que o alumínio entre em contato com a solução e sofra qualquer alteração química mesmo após sendo lixadas exaustivamente. Outro fator negativo é o *design* dos eletrodos, por serem cilindros concêntricos a corrente flui do cilindro menor (ânodo) para o maior (cátodo), portanto, observou-se que a clarificação da solução ocorreu, predominantemente, onde a solução colorida estava em contato com os dois pólos do sistema eletrolítico.

A aplicação do sistema eletrolítico para amostras ambientais foi realizada com os eletrodos de forma de empada devido aos melhores resultados, comparados com a colher de chá. Neste estudo ambiental, o processo eletrolítico proporcionou não somente a descoloração da água (Gráfico 2), como também a eliminação de coliformes termotolerantes e fecais (*E. coli*), ou seja, após os ensaios com o COLitest® nas amostras, as mesmas não apresentaram crescimento de bactérias do grupo coliformes como também a ausência de *E.coli* através da fluorescência e indol.

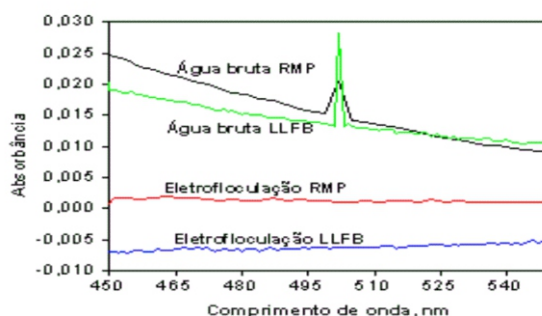


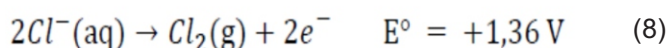
Gráfico 2: Espectro de absorção para amostras ambientais antes e após a Eletrocoagulação/Floculação. RMP: rio Meia Ponte; LLFB: lago Luzio de Freitas Borges

Nestas curvas do Gráfico 1 observa-se um pico na região de 500 nm para cada amostra de água bruta. Segundo Londe, Moraes e Calijuri (2005) este pico caracteriza a presença específica de pigmentos de fitoplâncton carotenóides fotossintéticos, como a fucoxantina, que é dominante nas algas, diatomáceas e crisófitas e, mostra-se num espectro *in vivo* como um ombro principal na região entre 500 nm. Os carotenóides são substâncias químicas necessárias em corpos aquáticos pois atuam como receptor de luz para algumas classes algais que não contêm biliproteínas.

Após o tratamento de Eletrocoagulação/Eletrofloculação (e filtração) as amostras de água tornaram-se totalmente transparentes, atestando a eficiência do método para a eliminação de algas carotenóides e de outras substâncias coloridas dissolvidas, tais como material em estado coloidal orgânico e inorgânico (DUARTE, 2013). Portanto, este método substitui a etapa da adição de coagulantes em estações de tratamento de água.

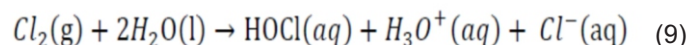
Outra vantagem observada com a aplicação do método da Eletrocoagulação/Eletrofloculação foi quanto a eliminação de bactérias coliformes por eletroxidação.

A condutividade tem uma estreita relação com o fenômeno da eletroxidação. A elevada concentração de íons na solução, produziu uma grande corrente iônica e isto possibilitou uma ação bactericida não somente pela descarga elétrica sobre os microrganismos (OTÊNIO et al., 2008) como também pela ação do hipoclorito formado na hidrólise do gás cloro (Equação 8) gerado durante a oxidação dos íons cloreto (o íon Cl^- possui maior preferência de descarga do que os íons OH^-) sobre a superfície anódica do eletrodo de alumínio (DUARTE, RODRIGUES e RAMOS, 2016).



Dessa forma com a adição do eletrólito NaCl nas amostras de água do rio e lago, ocorreu a formação do gás cloro que reagiu quase completamente com a

água para formar o ácido hipocloroso (Equação 9).



Com a formação do ácido hipocloroso em sua forma não dissociada, a morte celular de bactérias patogênicas é proeminente pois esta molécula tem a capacidade de penetrar na célula bacteriana e liberar o oxigênio, o qual oxida componentes essenciais do protoplasma bacteriano, causando a sua morte (RUI et al., 2011).

Portanto, outra vantagem a ser destacada pelo método de Eletrocoagulação/Eletrofloculação é a formação *in situ* de reagente desinfectante, diferentemente nas estações de tratamento convencional de água na qual o gás cloro é uma substância tóxica e, como é armazenado sob a forma de um gás liquefeito a pressão reduzida traz riscos na manipulação e de vazamento.

CONCLUSÃO

A Eletrocoagulação/Eletrofloculação é um método eletrolítico potencial para substituir etapas de coagulação e desinfecção em estações de tratamento de efluentes coloridos e água para consumo.

A sua otimização consiste no uso de eletrodos planos com menor distanciamento e no consumo de eletrólitos para elevar a condutividade e a eficiência no processos de eletrocoagulação/clarificação e eletroxidação/desinfecção da água ou efluente.

As vantagens na instalação deste método encontram-se no reaproveitamento de materiais de alumínio para eletrodo, baixo custo na aquisição de reagentes, reagentes coagulantes/desinfectantes gerados *in situ*, menores áreas para instalação de uma planta, versatilidade, segurança e reações rápidas o que gera uma água límpida, potável, incolor e inodora com a remoção de partículas dissolvidas e de coliformes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à bolsa de pesquisa concedida pelo programa PIBIC/EM-CNPq e ao apoio do Laboratório de Energia e Ambiente do Instituto Federal de Goiás – campus Inhumas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Brasília: D.O.U, 2011.

ALEXANDRE, E. S. **Estudo do processo eletrolítico como tratamento de efluente sanitário na região do bairro universitário em Criciúma.** 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade do Extremo Sul Catarinense/UNESC, Criciúma/SC, 2018.

ALIJO, P. H. R. **Cálculo de Propriedades Físico-Químicas de Sistemas Coloidais Assimétricos via Equação de Poisson-Boltzmann Modificada.** 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro/RJ, 2011.

AQUINO NETO, S; MAGRI, T. C.; SILVA, G. M.; ANDRADE, A. R. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 34, n. 8, p. 1468-1471, 2011.53

CENI, G. **Estudo da eletrocoagulação aplicada associativamente com peróxido de hidrogênio no tratamento de efluentes líquidos de laticínios.** 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões/URI Erechim, Erechim/RS, 2017.

DUARTE, M. A. C. **Tratamento de água para**

consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e Interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração. 2011. 318 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo/UFSCar, São Carlos/SP, 2011.

DUARTE, R. M. **Estudo de metais pesados na bacia do médio Tocantins.** 2013. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia/CCSST, Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz/MA, 2013.

DUARTE, A. A. L. S.; RODRIGUES, F. M.; R. A. R. RAMOS. Água e saúde: análise do risco da presença de trihalometanos na água para consumo humano. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL(PLURIS): CONTRASTES, CONTRADIÇÕES E COMPLEXIDADES, 7, 2016, Maceió. **Anais...** Maceió: NCEE, 2016. p. 1-12.

EBELING, A. G. **Caracterização analítica da acidez em organossolos.** 2006, 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2006.

EOS Organização e Sistemas Ltda. **As grandes dificuldades da distribuição da água no Brasil.** Blog da EOS. São Paulo, 26 jul. 2017. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/dificuldades-distribuicao-da-agua-no-brasil/>. Acesso em 19 mar. 2020.

FORMENTINI, D. F. **Tratamento eletroquímico para esgotos sanitários.** 2012. 139 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel/PR, 2012.

LIMA, G. V. **Análise comparativa para implementação de eletrólise para tratamento de águas residuárias na região metropolitana de Goiânia.** 2018. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Goiás/UniAnhanguera, Goiânia/GO, 2018.

LONDE, L. R.; MORAES, E. M. L.; CALIJURI, M. C. Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 389-396.

MARCIONILIO, S. M. L. O.; BARROS, V. V. S.; LÉON, J. J. L. Avaliação da coagulação química e eletrocoagulação no tratamento de efluente de polo farmacêutico. **Rev. Quim. Ind.**, Brasília, v. 7, n. 749, p. 22-31, 2015.

OTENIO, M. H. et al. Avaliação em escala laboratorial da utilização do processo eletrolítico no tratamento de águas. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 508-513, 2008.

PIRES, V. S. **Avaliação da remoção da cor do efluente têxtil através do processo de adsorção com carvão ativado proveniente de folhas de Abacateiro (*Persea americana* Mill.)**. 2020. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2020.

QUEIROZ FILHO, E.; OLIVEIRA, M. V. M. **Redução**

do consumo de cloro com uso do sistema eletrolítico. 2019. 13 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Aldete Maria Alves, Iturama/MG 2019.

RODRIGUES, M. C. et al. Tratamento eletrolítico de efluentes de reatores anaeróbios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001, p. 1-34.

RUI, B. R. et al. Principais métodos de desinfecção e desinfectantes utilizados na avicultura: revisão de literatura. **Rev. Cient. Eletrôn. Med. Vet.**, Garça, v. 9, n. 16, Jan., 2011.

SANTOS, N. I. G. **Projeto de otimização de dosagens de produtos químicos nas etapas de coagulação e floculação do processo de tratamento de água convencional e uma proposta de gestão de risco destas etapas do processo**. 2018. 155 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza/CE, 2018.