

OBTENÇÃO DE NOVOS MATERIAIS A PARTIR DAS ÁGUAS RESIDUAIS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL TRATADAS POR ELETROFLOCULAÇÃO

OBTAINING NEW MATERIALS FROM WASTE WATER FROM THE PRODUCTION OF BIODIESEL TREATED BY ELECTROFLOCCULATION

Samara Pereira Vieira, Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti.

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia
E-mails: samara.maia@gmail.com; luizufpe@yahoo.com.br

RESUMO

O biodiesel surgiu com a perspectiva substituição do diesel como solução a uma vasta problemática econômica e ambiental do petróleo, possuindo característica renovável. No entanto, a produção desse biocombustível ainda necessita de melhorias, visto que quando é produzido por rota metálica e catalise alcalina necessita de uma etapa de purificação no que acarreta na formação de águas residuais que apresentam agentes contaminantes em sua composição impossibilitando o descarte sem que haja um tratamento adequado conforme a resolução CONAMA nº 430/2011. O emprego de técnicas que utilizam reatores eletroquímicos vem se tornando cada vez mais favoráveis para tratamento de efluentes com essas características. Dentro desse contexto, para o tratamento do efluente residual proveniente da produção de biodiesel, foi utilizado um reator eletroquímico construído a partir de ferro reaproveitado dos restos da fabricação de portões e alumínio oriundo de latinhas de refrigerante. O sistema de eletrofloculação foi alimentado por uma central de recarga fotovoltaica. Após a purificação verificou-se a presença de cloreto de ferro II quando foi utilizado o eletrodo de ferro através da adição de peróxido de hidrogênio a perclorato de ferro. A solução de perclorato obtida a partir das águas residuais da produção de biodiesel foi empregada para confecção de placas de circuito impresso. Quando foi utilizado o eletrodo de alumínio, reagiu-se o efluente resultante com ácido sulfúrico e o potássio resultante da água de lavagem para produção de alúmen de potássio.

Palavras-chave: Biodiesel, Eletrofloculação, Perclorato de Ferro, Placas de Circuito Impresso.

ABSTRACT

Biodiesel emerged with a perspective of replacing diesel as a solution to a vast economic and environmental petroleum problem, with a renewable characteristic. However, the production of biofuel still needs improvements, since when it is produced by a catalytic and alkaline metallization it needs a non-purification step that leads to the formation of residual waste that contaminates contaminants in its composition impossible or discards without there being a Treatment according to CONAMA resolution 430/2011. The use of techniques that use electrochemical reactors has been making it increasingly favorable to treat effluents with characteristics. Within a context, for the treatment of residual effluent from the production of biodiesel, was used an electrochemical reactor built a pair of iron reused from the remains of the manufacture of gates and aluminum from cans of refrigerant. The electrofusion system was powered by a photovoltaic recharge station. After purification a presence of iron chloride was observed when the iron electrode was used by the addition of hydrogen peroxide to iron perchloride. The solution of perchloride obtained from the waste waters of biodiesel production was approved for the manufacture of printed circuit boards. When the aluminum electrode was used, we reacted the resulting effluent with the acid and the potassium is the result of washing water for the production of potassium alum.

Keywords: Biodiesel, Electroflocculation, Iron Perchloride, Printed Circuit Boards.

1. INTRODUÇÃO

O grande desenvolvimento da sociedade aliado às tecnologias fez com que aumentasse também o cuidado com o meio ambiente. Neste sentido, visto que uma das principais limitações e preocupações do desenvolvimento industrial e social são as fontes de energia. Os biocombustíveis surgiram como uma solução para aos problemas tanto ambientais como para o fim da preocupação com o esgotamento das fontes não renováveis (Bermann, 2008).

O biodiesel é usualmente obtido por meio da transesterificação alcalina ou como também pode ser denominada alcoólise de óleos vegetais, gordura animal, óleos residuais ou de microalgas. Esse biocombustível é uma das fontes renováveis que mais tem se destacado na substituição do diesel de petróleo no país, pelo fato minimizar os impactos causados pelo CO₂ no efeito estufa e consequentemente no aquecimento global. (Moura, 2010)

No entanto, ainda que o biodiesel seja uma fonte renovável e menos agressiva para o meio ambiente, o seu processo de produção necessita de melhorias, pois, até chegar a sua fase final para consumo, o biodiesel passa pela etapa de purificação no qual, são feitas lavagens com, solução ácida e água para que seja feita a remoção dos resíduos de óleo não reagido proveniente do catalizador e álcool, gerando águas residuais que podem ser prejudiciais ao meio ambiente quando descartadas sem um tratamento adequado (Lôbo et al.2009).

Já existem opções de tratamentos eficientes para a água residual do biodiesel, tais como o emprego de técnicas que utilizam reatores eletroquímicos, no entanto, a aplicação dessas técnicas tornaria o processo inviável economicamente, visto que o uso de energia elétrica em algumas regiões do país possui um alto custo. (Brito et al., 2012) Todavia, um sistema fotovoltaico pode ser utilizado como alternativa a rede convencional de energia, na geração de corrente elétrica para o processo. O tratamento pode ser utilizado em variados tipos de efluentes tornando o processo com a mesma qualidade e menor custo (Cabello e Pompermayer, 2013).

Nesse sentido, ao passo que aumenta a preocupação com a contaminação dos recursos hídricos, a técnica de eletrofloculação se mostra uma opção de tratamento simples e que pode ser aplicado em tratamentos em larga escala além de possibilitar o reuso da água ou para o seu descarte em um corpo hídrico sem perigo de contaminação do mesmo. (Furtado, 2007)

A técnica de eletrofloculação geralmente recorre ao uso de eletrodos construídos a partir de ferro ou alumínio para oferecer um ambiente físico-químico propiciando a anulação do poluente pela seguinte sequência: oxidação eletrolítica, coagulação, precipitação e por fim a flutuação (Meneses et al. 2012). Realizando a substituição desses eletrodos por alumínio advindo de latinhas recicláveis, pode gerar uma redução dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

De acordo com Cordeiro et al. (2015) o resultado proveniente da eletrofloculação para a purificação das águas residuais de biodiesel possuem resultados consideravelmente satisfatórios com redução na turbidez em 99,96%, na cor aparente com 81,66%, DQO com 65,19%, DBO5 60,37% e óleos e graxas em 30,88%, com um tempo de exposição ao tratamento de 10 minutos e diferença de potencial de 7,5 V. Contudo, ainda segundo os autores o reuso da água tratada na etapa de purificação do biodiesel é ineficaz, uma vez que no efluente tratado ainda possui um teor de ferro ou alumínio (dependendo do eletrodo utilizado) residual alto, podendo acarretar na aceleração de autooxidação do biodiesel.

Por parte da eletrônica, a produção das placas de circuito impresso geralmente utiliza percloreto de ferro ou como também denominado cloreto férrico, como agente corrosivo. Na maior parte dos casos é feita a proteção de parte da placa por meio de tinta e as trilhas do circuito são atacadas pelo agente corrosivo (Symanski, 2014). Na ocasião em que o biodiesel for gerado mediante a catálise homogênea com metóxido de potássio, a água excedente da pós lavagem ácida com ácido clorídrico (HCL) é adquirida uma percentual relevante do sal coreto de potássio (KCl). Desta maneira, com o sal difundido é permissível realizar a produção de percloreto de ferro, que pode ser empregado na confecção de placas de circuito impresso.

Diante dos pontos discutidos, o presente artigo tem por objetivo analisar a possibilidade de reutilização das águas residuais proveniente da produção de biodiesel purificadas por eletrofloculação com a utilização de um sistema fotovoltaico para a síntese de sais inorgânicos a partir do alumínio e ferro (a depender do eletrodo utilizado) residuais nos efluentes tratados. Fornecendo com isso uma alternativa de reutilização e reuso dos efluentes da produção de biodiesel.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A célula eletrolítica para o processo foi montada em recipiente de vidro, empregando como eletrodos de ferro ou alumínio proveniente do reaproveitamento de latinhas de refrigerante, cortados e lixados para retirar a tinta, com dimensões de 9 cm de comprimento e 3 cm de largura. Uma fonte alimentadora (marca Instrutherm, modelo FA 3030) foi usada para a geração da corrente contínua no processo, ligada a um sistema fotovoltaico. Os compostos químicos como metanol, hidróxido de potássio e ácido clorídrico com 99% de pureza foram obtidos junto à VETEC, Sigma-Aldrich Brasil.

2.1. *Produção de biodiesel*

O biodiesel metílico de soja (B100-S) foi produzido por meio da reação de transesterificação alcalina em presença de KOH, com razão molar óleo:metanol de 1:6. O processamento foi desenvolvido em reator de vidro (Marconi, modelo MA502/5/C, volume útil 5 L) com controle de temperatura e agitação mecânica (impelidor do tipo pás), nas condições operacionais: 50 °C, 1 atm, 300 rpm e tempo reacional de 1 h. Em seguida, procedeu-se a separação da glicerina da mistura reacional via decantação. A fase mais leve da mistura contendo o B100, o catalisador e o excesso de metanol, passou pela etapa de purificação que constou de evaporação do excesso de metanol com o auxílio de evaporador rotativo (IKA, modelo RV10) com condensador vertical, seguida de uma lavagem ácida com solução de ácido clorídrico 0,5 M. A esta água de lavagem ácida foram adicionados 2 g de cloreto de potássio (KCl) para aumentar a condutividade do efluente. Lavagens posteriores foram realizadas com água destilada. As águas residuais resultantes do processo de purificação foram colhidas em recipientes adequados e submetidas ao tratamento de eletrofloculação (Cavalcanti, 2013).

2.2. *Sistema fotovoltaico e dispositivo de eletrofloculação*

O sistema fotovoltaico utilizado para alimentar a fonte de corrente contínua é apresentado na Figura 1a (Nascimento. et al. 2015) Foi construído para servir como uma central de recargas para celulares, tablets, notebooks, além de servir como local de integração para os estudantes e servidores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Campus Paulo Afonso. Sua construção básica conta com a seguinte estrutura: a) Inversor de frequência: Inversor de Onda Modificada Hayonik, 400 W 12 V/127 V; b) Controlador de Carga CMTP02 12 V e 10 A; c) Placa Solar: Golden Genesis PV-110E, 110 Wp; d) Bateria: Tudor estacionária 45 Ah. O tratamento da água de lavagem nesse processo foi realizado em reator eletroquímico operado em batelada (béquer de vidro, volume útil 0,5 L) constituído de dois eletrodos de alumínio feitos a partir da reutilização de latinhas recicláveis de refrigerante e dois eletrodos de ferro ambos com 9 cm de comprimento e 3 cm de largura. Os eletrodos foram fixados no reator, nos quais foram fixados fios de cobre ligados à fonte de corrente contínua (1,0 A) alimentada por um sistema fotovoltaico, conforme o esquema apresentado na Figura 1b. Foi adicionada ao reator 0,2 L da solução a ser tratada, previamente caracterizada quanto às variáveis investigadas (pH, turbidez, DBO5, DQO, cor aparente, óleos e graxas) proveniente da água de lavagem obtida na produção do biodiesel. Na sequência, o sistema foi operado durante 10 min e posteriormente filtrado e as variáveis físicas e químicas foram reavaliadas.

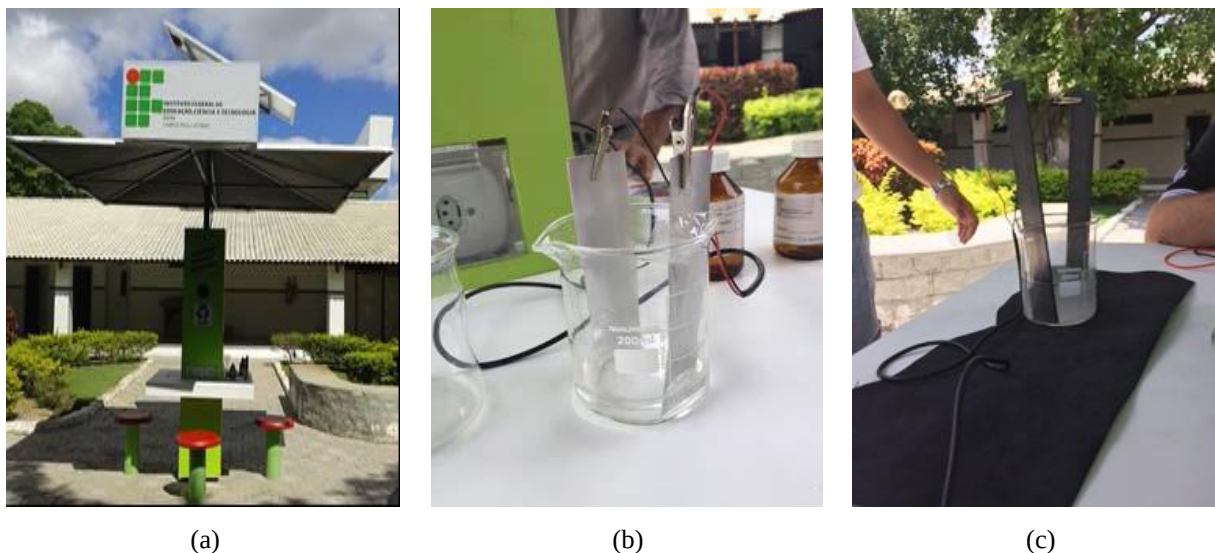


Figura 1. a) Protótipo sistema fotovoltaico; b) Montagem do reator eletroquímico de alumínio a partir de latinhas recicláveis para eletrofloculação da água de lavagem do biodiesel; c) Montagem do reator eletroquímico de ferro para eletrofloculação.

2.3. Determinação do pH

Os valores de pH das soluções brutas e pós-tratamento das águas de lavagem do biodiesel foram medidos via pHmetro digital (Quimis, modelo: Q400AS) a 25 °C.

2.4. Determinação da turbidez

As medidas de turbidez foram realizadas via método nefelométrico (EATON et al., 2005), em turbidímetro de bancada (Turbidímetro multiprocessado DLM 2000B, Del Lab®).

2.5. Determinação de DBO5 e DQO

As análises de DQO foram realizadas via método colorimétrico (Standard Methods 5220 D) com bloco digestor do tipo TE-021 DryBlock Digestor (TECNAL). A DQO nas amostras foi quantificada por espectrofotometria (Spectrophotometer SP1105, Bel Photonics), tomando-se como branco um padrão água destilada (BioClass) (EATON et al., 2005).

As análises de DBO5 recorreram ao método definido no Standard Methods 5210 B (EATON et al., 2005), com determinação quantitativa posterior das amostras em um oxímetro (Digimed, modelo DM-4D).

2.6. Determinação da cor aparente

As medidas de cor aparente das águas de lavagem foram realizadas por leituras de absorbância, medidas em espectrofotômetro de UV (Spectrophotometer SP2000UV, Bel Photonics), calibrado com filtro de 460 nm (EATON et al., 2005).

2.7. Determinação de óleos e graxas

Para a determinação do teor de óleos e graxas utilizou-se o método gravimétrico por meio de extração líquido-líquido. As amostras foram acidificadas com ácido sulfúrico, a fim preservá-las, bem como favorecer a hidrólise ácida no meio. Em um funil de separação, contendo a amostra acidificada,

foram colocados 100 mL de éter de petróleo, seguindo uma agitação por 5 min. Após a separação das fases, o solvente foi levado para uma coluna de carbonato de cálcio, a fim de retirar todo resíduo aquoso. Em seguida, o solvente foi transferido para uma capsula de porcelana previamente preparada a peso constante e levado a uma estufa de secagem e esterilização da Fanem, modelo 320-SE a 70 °C, para evaporação de todo o solvente até permanecer a fase oleosa. Em seguida a cápsula de porcelana foi levada ao dessecador por 30 min e após o resfriamento foram pesadas. A massa de óleos e graxas foi calculada por diferença de pesagem das cápsulas antes e após o procedimento de extração (cordeiro et al., 2015).

2.8. Produção do percloroeto de ferro

Ao efluente resultante do processo de eletrofloculação com eletrodos de ferro foram adicionados 0,03 L de peróxido de hidrogênio a 35% (v/v). Posteriormente o pH da solução foi ajustado para 1,0 e deixado em inércia por 5 h. A solução sobrenadante foi retirada com o auxílio de uma pipeta graduada, enquanto a solução residual foi levada a estufa a 90°C por 6 h.

2.9. Confecção da placa de circuito impresso (PCI)

Partindo de uma placa de circuito impresso virgem tipo fenolite, recortou-se a referida placa em dimensões adequadas ao circuito a ser inserido. Removeu-se as oxidações da superfície da placa com o auxílio de uma lixa. Na sequência, aplicou-se uma camada de tinta com o auxílio de caneta permanente (geralmente utilizada em CDs, DVDs). O desenho das trilhas na placa foi realizado manualmente, retirando-se a camada de tinta onde se desejava que o percloroeto de ferro atuasse como agente corrosivo. Posteriormente a placa foi imersa na solução de percloroeto de ferro sob agitação por 5 min. Na última etapa, removeu-se a tinta e perfurou-se a placa nos locais destinados aos componentes eletrônicos onde estes foram inseridos e soldados (Silveira et al., 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente submetido ao processo de eletrofloculação, após primeira lavagem do biodiesel, teve suas variáveis físicas e químicas avaliadas sendo verificado que os valores obtidos foram enquadrados nas condições estabelecidas pela resolução da CONAMA nº 430/2011. O pH da água de lavagem situou-se próximo da neutralidade, conforme as especificações indicadas, bem como foi possível verificar uma redução significativa na turbidez (97%), DQO (85%) DBO5 (87%), óleos e graxas (84%).

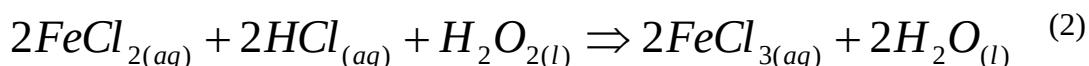
Segundo Brito et al. (2012), as águas residuais após o tratamento via eletrofloculação podem ser reinseridas na cadeia produtiva do biodiesel, servindo novamente como águas de lavagem. Tal alternativa é inviável, uma vez que no efluente tratado ainda há um teor de ferro ou alumínio (a depender do eletrodo utilizado) residual alto. A presença de tais metais acelera as reações de autooxidação do biodiesel (Knothe. et al. 2006; Junqueira. et al. 2015)

Na ocasião em que o biodiesel foi produzido com KOH e tratado com eletrodos de alumínio feitos a partir de latinhas recicláveis. No processo de eletrofloculação, há a formação de hidróxido de alumínio e um residual de KCl, tais compostos servirão de base para produção do álumen de potássio que seria uma possibilidade de aplicação do efluente em questão.

Em contrapartida, ao efluente tratado via eletrofloculação por eletrodos de ferro a solução resultante é composta predominantemente de cloreto ferroso (FeCl_2) como resultado da eletrólise do cloreto de potássio e dispersão do ferro no efluente. O líquido apresentou uma coloração esverdeada, característica da presença do cloreto ferroso. Geralmente são utilizados dois métodos clássicos para a oxidação de íons Fe^{2+} em Fe^{3+} : o primeiro consiste em expor cloreto ferroso ao ar atmosférico deixando o recipiente aberto. Segundo Silveira et al. (2013) esse método é ineficaz pois a velocidades de reação são extremamente baixas e altas produção de ferrugem. No segundo método, que foi utilizado no

presente trabalho, a adição do ácido clorídrico elimina a presença de ferrugem, o que torna o processo efetivamente mais eficiente.

O ácido clorídrico elimina o ferrugem devido ao ataque da molécula de cloro (Equação 1), além de fornecer um caráter ácido a solução. O HCl foi adicionado até que o pH da solução estivesse em 1,0. Em seguida, adicionou-se o peróxido de hidrogênio que oxidou com maior eficiência os íons Fe^{2+} em Fe^{3+} (Equação 2), em apenas 2 min o conteúdo de 0,5 L estava totalmente convertido em percloroeto de ferro. O sistema foi deixado em repouso por 5 h conforme descrito anteriormente.



Verificou-se a precipitação do cloreto de ferro formado e uma solução sobrenadante de cloreto de ferro não concentrada. Esta foi retirada com o auxílio de uma pipeta graduada. Tal solução pode ser utilizada posteriormente para ensaios de coagulação de efluentes com sólidos em suspensão, esta pode ser utilizada em sistema de tratamento de água ou esgoto industrial (Barbosa al., 2014). A solução que precipitou foi levada à estufa por 6 h para concentração da solução de percloroeto de ferro.

A Figura 2a mostra a placa de circuito impresso após a aplicação da camada de tinta e desenho do circuito onde a solução de percloroeto de ferro irá atuar como agente de corrosivo. Na Figura 2b é mostra a placa submersa na solução, o componente ficou exposto ao tratamento durante 5 min sob agitação.



(a)



(b)

Figura 2: (a) Placa de circuito impresso após aplicação da camada de tinta; (b) Placa submersa na solução de percloroeto de ferro.

A solução de percloroeto de ferro produzida a partir do efluente das águas residuais da produção de biodiesel tratadas pela técnica de eletrofloculação, mostrou-se eficiente atuando como agente corrosivo em placas de circuito impresso (Figura 3a). A Figura 3b exibe o circuito impresso com os

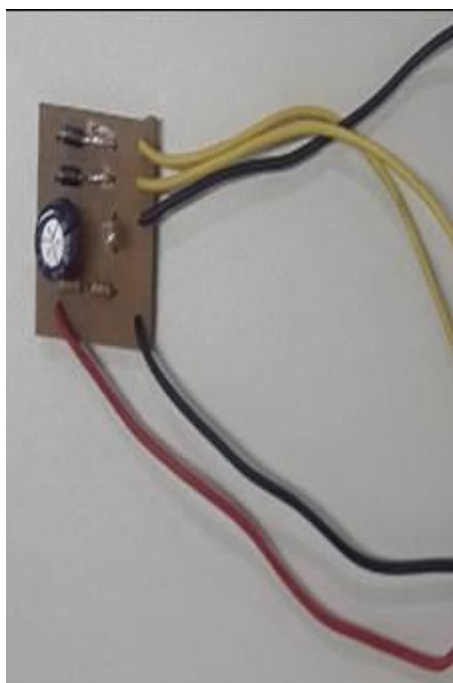
componentes eletrônicos instalados. Tal procedimento pode ser aplicado em aulas de eletrônica básica no Curso Técnico de Eletromecânica ou no Curso de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus Paulo Afonso, e em outras unidades da rede.

A partir da confecção da placa de circuito impresso no IFBA, foram realizados e planejados treinamentos sobre a metodologia de construção dos circuitos a partir da metodologia descrita no trabalho e a importância da reciclagem de componentes eletrônicos, ainda como forma de concluir com sucesso os objetivos do projeto e difundir a cultura científica na instituição.

Os pontos diferenciais no tratamento via eletrofloculação no presente trabalho é o uso de um sistema fotovoltaico que fornece energia para uma fonte de corrente contínua, e o uso do alumínio oriundos de latinhas recicláveis para a construção dos eletrodos usados no processo, tornando o tratamento atrativo, visto que é usado uma fonte de energia alternativa que propõe a diminuição de custos no processo, e também pelo fato de estar contribuindo com meio ambiente ao diminuir a quantidade de resíduos sólidos a partir da reutilização das latinhas de alumínio.



(a)



(b)

Figura 3: (a) Placa de circuito impresso após a corrosão; (b) Circuito final montado

4. CONCLUSÃO

O tratamento da água de lavagem do biodiesel via eletrofloculação por meio de um sistema fotovoltaico como fonte geradora de energia se mostrou eficiente visto que, torna o processo mais econômico além de causar menos impactos ambientais, assim como o uso de latinhas de alumínio como eletrodos que minimiza o descarte inadequado de resíduos sólidos no meio ambiente. Através do alto teor de ferro e alumínio residual (a depender do eletrodo utilizado) constatado no efluente após o tratamento, pode-se produzir alúmen de potássio como alternativa ao reuso do efluente com teor residual de alumínio, e de percloroeto de ferro ao efluente com teor de ferro, apesar das duas possibilidades serem viáveis, o ferro se torna mais vantajoso uma vez que possibilita a produção de placas de circuito impresso por meio da síntese do percloroeto de ferro.

5. REFERÊNCIAS

BARBOSA, L., FERNANDES, R. C., e MIYAZAWA, C. S. Análise da influência do cloreto de ferro III em ambiente aquático. *Revista Scientia Vitae*, v. 1, n. 4, p. 61-65. 2014

BERMANN, C. Crise ambiental e as energias renováveis. *Ciência e Cultura*, v.60, n.3, p. 20-29, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.2010.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as 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. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

BRITO, J.F.; FERREIRA, L.O; e SILVA, J. P.Tratamento da água de purificação do biodiesel utilizando eletrofluculação. *Quimica Nova*, v. 35, pp. 728-732. 2012

CABELLO, A. F. ;e POMPERMAYER, F. M. Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico. Brasília: Ipea. 2013.

CAVALCANTI, L. A. P.Reologia e melhoramento das propriedades de escoamento a frio de biodiesel e suas misturas BX. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Química. Tese de Doutorado. 2013. Disponível em: <[http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/10548/TESE Luiz Antonio Pimentel Cavalcanti.pdf](http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/10548/TESE%20Luiz%20Antonio%20Pimentel%20Cavalcanti.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

CORDEIRO, R. B. et al. Purificação e reutilização de águas residuárias da produção de biodiesel por meio da eletrofloculação. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 2, n. 2, pp. 51-58,. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v2n2/v02n02a05.html>>. Acesso em: 19 fev. 2017.2015.

FREITAS, N. T. A.; MARTIN, F. A. D. G. Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais. *Nuances: estudos sobre Educação*, v. 26, número especial 1, pp. 234-253. 2015

JUNQUEIRA, C. N. et al. Contaminantes metálicos no biodiesel de soja. *Anais do 10º Congresso Internacional de Bioenergia*, São Paulo. 2015.

KNOTHE, G. et al. Manual do biodiesel. São Paulo: Edgard Blücher.2006.

LÔBO, I. P., FERREIRA, S.L.C., e CRUZ, R.S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Química nova, v.32 (6), pp.1596- 1608.2009

MENESES, J. M. et al (. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. Química Nova, v. 35, n. 2, pp. 235-240. 2012.

MOURA, B. S. Transesterificação Alcalina de Óleos Vegetais Para Produção de Biodiesel: Avaliação Técnica e Econômica. Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010

NASCIMENTO, F. A. et al. Integração de um sistema fotovoltaico isolado e de coleta seletiva de resíduos em um quiosque multifuncional. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 2, n. 2, pp. 43-50. <http://dx.doi.org/10.21438/020204>.2015.

PITAKPOOLSIL, W.,; & HUNSOM, M. Treatment of biodiesel wastewater by adsorption with commercial chitosan flakes: Parameter optimization and process kinetics. J. Environ. Manag. pp. 284-292. 2014.

Silveira, R. L., Dias, T. A., Rodrigues, T. V., Belo, E. M. e, Barbosa, H. C. S (2013). Reciclagem do percloroeto de ferro. Anais do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE, Curitiba.

SYMANSKI, C. Pesquisa e Desenvolvimento de Técnicas de Processamento Digital de Imagens para Garantia da Qualidade em Linhas de Produção de Placas de Circuito Impresso em Pequenas Séries. Dissertação de Mestrado Florianópolis-SC: Universidade Federal de Santa Catarina. 2014.

VIEIRA, S. P.et al. Reuso de latinhas de alumínio recicláveis para tratamento de águas residuais da produção de biodiesel via eletrofloculação. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 2, n. 3, pp. 145-151. 2015. <http://dx.doi.org/10.21438/020307>.