



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ELETROFLOTAÇÃO E ELETROCOAGULAÇÃO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE GERADO PELA TINTA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

ELECTROFLOTATION / ELECTROCOAGULATION FOR INK GENERATED WASTE TREATMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Victor de Barcellos Tesolini¹, Vanielle Aparecida do Patrocínio Gomes², Paulo Sérgio da Silva Porto³ & Rodrigo Randow de Freitas^{4*}

^{1 2 3 4}Departamento de Engenharias e Tecnologia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Energia. Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus.

¹ victorbtezolin@hotmail.com ² vaniellea.gomes@hotmail.com ³ paulo.porto@ufes.br ⁴ rodrigo.r.freitas@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 24.07.2019

Aprovado em: 14.09.2019

Disponibilizado em: 20.09.2019

PALAVRAS-CHAVE:

Eletroflotação; Eletrocoagulação; Energia; Tinta.

KEYWORDS:

Electroflotation; electroflocculation; Energy; Ink.

*Autor Correspondente: Freitas, R.R. de

RESUMO

Com o aumento do nível de industrialização mundial acarretou-se invariavelmente um incremento do descarte de efluentes sem tratamento nos corpos d'água, configurando um considerável problema de saúde pública e meio ambiente. Assim, métodos como eletrofloculação e eletrocoagulação tem despontado em diversos centros de pesquisa. Alguns desses métodos que podem tratar efluentes com baixo custo operacional e manutenção, e de fácil manuseio operacional. Com o exposto, este estudo busca analisar o uso destas técnicas vinculadas a separação de um determinado soluto (tinta) dissolvido em uma solução aquosa que está presente em âmbito acadêmico. Utilizou-se a plataforma Web of Science, para a realização da análise bibliométrica quantitativa

e qualitativa. Pode-se verificar que existem melhorias a serem feitas e que são necessárias, mas a técnica estudada é considerada viável.

ABSTRACT

With the increase in the world level of industrialization invariably led to an increase in the discharge of untreated effluents in the water bodies, constituting a considerable public health and environmental problem. Thus, methods such as electroflocculation and electrocoagulation have emerged in several research centers. Some of these methods can treat effluent with low operating cost and maintenance, and easy operational handling. With the above, this study seeks to analyze the use of these techniques linked to the separation of a particular solute (ink) dissolved in an aqueous solution that are present in the academic field. The Web of Science platform was used for the quantitative and qualitative bibliometric analysis. It can be verified that there are improvements to be made and that are necessary, but the studied technique is considered viable.



INTRODUÇÃO

Com a percepção da sociedade quanto as mudanças climáticas decorrentes dos impactos antrópicos mundiais, o governo e demais entes estão a descobrir as complexidades da natureza, viabilizando equilibrar o ecossistema. Por exemplo, cita-se o Brasil, que abarca cerca de 10% da água doce de todo o planeta Terra, do qual se concentra aproximadamente 80% na região Norte do país (Ana, 2019). O uso desenfreado da água, seja em âmbito residencial, comercial ou industrial, tem acarretado danos, talvez irreversíveis, para a recuperação das fontes hídricas. Fatores que contribuem para a degradação podem ser fomentados por origem natural, como mudança topográfica, cobertura vegetal e outros, ou principalmente por ações antrópicas, como despejo de dejetos no bojo hídrico, uso inadequado de pesticidas, entre outros inúmeros aspectos. (Queiroz, et al., 2019)

A industrialização está cada dia mais ascendente, e a população está cada vez mais submissa a este eixo, o qual é o maior meio de atividades poluidoras (Rodríguez & Puga, 2018). As manufaturas são as primordiais quanto ao despejo de elementos tóxicos e efluente nos corpos d'água, acarretando acúmulos absurdos de dejetos, conseqüentemente contaminando as áreas de mananciais. Despejo que ocorre essencialmente pela complexidade dos elementos químicos, que não são úteis para qualquer outra atividade da indústria e/ou pela grande quantidade de rejeitos acumulados, onde em alguns casos são utilizados, mas restam acúmulos que não são aproveitados, ou que nunca serão despendidos. Diante de todo esse processo, a sociedade requer formas para mitigar estes problemas, exigindo que o setor industrial adote medidas para minimizar os problemas, principalmente ambientais.

Por isto, alguns processos alternativos vêm aumentando o interesse das indústrias quanto ao tratamento ou reciclagem da água. A eletrocoagulação (EC) e eletroflotação (EF) mostram-se como tecnologias eletroquímicas excelentes, pela alta eficiência, de baixo custo e funcionamento simples. Estes tipos de processos podem ser empregados em diversos tipos de efluentes, dos quais: efluente de lavagem de veículos (Silva, et al., 2017), efluentes de abatedouros de aves (Módenes, et al., 2017), efluente da indústria de laticínio (Geraldino, et al., 2015) entre outros.

Este processo eletrolítico consiste na dissolução de um metal em eletrodos de sacrifício com diferentes polaridades, alguns ânodos e os outros catodos, quando entram em contato com uma solução aquosa. Quando é aplicada uma voltagem, o catodo é reduzido e o ânodo oxidado, assim ocorre a geração eletroquímica do agente coagulante (Orssatto, et al., 2018). No processo de eletrocoagulação o metal carregado com íons positivos pode reagir com as cargas negativas da solução, fazendo com que seja liberado através da hidrólise o hidróxido de alumínio, componente responsável pelo tratamento do efluente em questão. Habitualmente ocorre o processo de eletrocoagulação e após a eletroflotação, onde a primeira fase é a separação da emulsão óleo-água, conseqüentemente a coagulação das partículas, e a segunda etapa são encarregadas pelo arraste dos flocos para a face da solução aquosa (João, et al., 2017).

No entanto os temas eletrocoagulação/eletrofloculação, tornaram-se as principais motivações para desenvolver este trabalho, contudo seu objetivo é desenvolver uma análise bibliométrica



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

com o que tem sido investigado acerca do uso da eletrocoagulação/eletrofloculação e sua aplicação na separação de um determinado soluto dissolvido em água, no caso deste trabalho será estudada a dissolução da tinta. Esta técnica tem se mostrado promissora por empregar um sistema compacto que utiliza baixo consumo de energia se comparado com outras técnicas de separação.

METODOLOGIA

A realização da análise bibliométrica, utilizou-se a base de dados *Web of Science* - WOS, através do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e as palavras-chave utilizadas na busca foram: *electroflotation* e *electrocoagulation*. Utilizou-se ainda todo o período disponível pela plataforma WOS: de 1945 e 2019.

A bibliometria é uma técnica quantitativa que analisa o processo da comunicação por meio da escrita, descrevendo padrões de publicações para o tema a ser pesquisado (Melo, et al., 2017).

A fim de selecionar o portfólio de artigos que irão compor o referencial bibliográfico desta pesquisa, foi realizado um primeiro refino, utilizando a palavra *ink* (tinta, em inglês), que é o assunto abordado para a realização desta pesquisa. Com isto, foi empregado o termo *ink* associado os dois primeiros termos usados, primeiramente foram correlacionadas às expressões *electrocoagulation* e *ink* na plataforma WOS. Em seguida foi feita a associação dos termos *electroflotation* e *ink*.

Para construir o portfólio da pesquisa, foi feito um segundo refino, onde foi realizada a leitura dos títulos e dos resumos dos artigos encontrados, para manter aqueles que tinham relação com o assunto abordado.

Por fim, foi elaborada uma Matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) para identificar as potencialidades quanto ao tema abordado. Apresentando os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças desta técnica, para que os resultados encontrados possam colaborar para o desenvolvimento de estudos para o futuro (Martins & Turrioni, 2002).

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

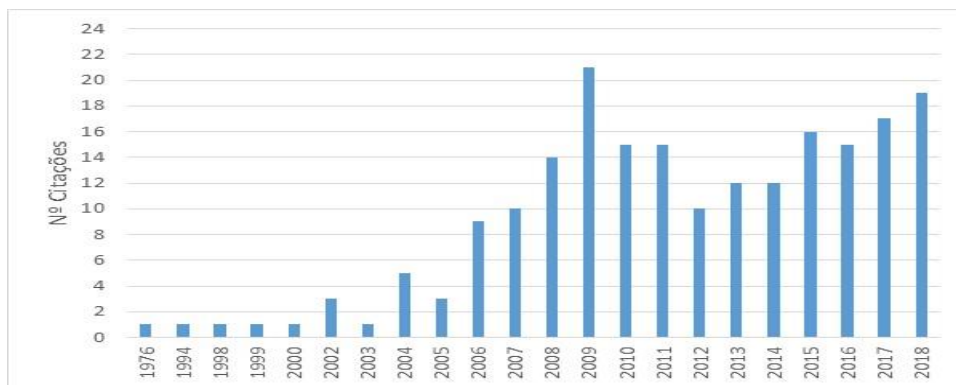
Com emprego das palavras-chave, foram encontrados 5091 artigos do tema *electrocoagulation* e 415 artigos com o termo *electroflotation*, totalizando 5506 artigos. Contudo foi observado que utilizando os termos separados muitos artigos continham temas voltados para áreas de pesquisa que não estavam voltadas para o tema central do estudo. Portanto, as duas palavras-chaves foram inseridas para realizar a pesquisa concomitantemente, que resultou em um total de 219 artigos até o ano de 2019. O primeiro artigo publicado de acordo com a pesquisa realizada foi em 1976, mostrando ser uma técnica notavelmente contemporânea.

Pode-se observar no Gráfico 1, que o número de citações do total dos artigos encontrados somam 8088 citações, e a partir do começo do século XXI este número cresceu de uma forma expressiva. Salienta-se que houve um crescimento para as pesquisas nesta área como forma de ofertar aos novos pesquisadores robustez e crescimento no conhecimento dos novos projetos.



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

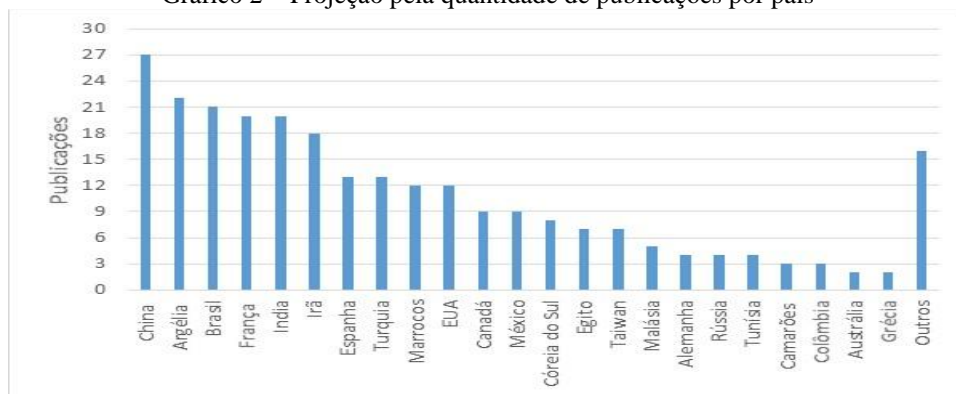
Gráfico 1 – Número de citações por ano



Fonte: Adaptado de *Web of Science*

Verifica-se ainda que as publicações foram realizadas em 39 países diferentes, como apresentado no Gráfico 2, ver-se que a China é o país que mais se destaca

Gráfico 2 – Projeção pela quantidade de publicações por país



Fonte: Adaptado de *Web of Science*

Os usos das duas palavras-chave concomitantemente geraram 219 artigos, para o primeiro refino, correlacionando às expressões *electrocoagulation* e *ink*, foram encontrados nove artigos. Uma nova análise foi feita com a associação dos termos *electroflotation* e *ink*, encontrando-se dois artigos. Com a realização destas associações, foi encontrado um total de 11 artigos. Mais um refino poderia ser realizado quanto ao idioma em que os artigos foram escritos, mas desta seleção final todos eles estão escritos em inglês.

Após a leitura dos títulos e dos resumos dos artigos encontrados, a fim de compor o foco desta pesquisa, reduziu-se há 2 artigos da associação das palavras EC e *ink*, e 2 artigos da interligação de EF e *ink*. Verificou-se ainda uma duplicidade, de forma que 1 artigo foi excluído na segunda pesquisa por já existir na correlação realizada na primeira pesquisa.

Após a coleta de dados e os refinamentos realizados para se compor o portfólio de artigos a ser estudado, elaborou-se a Tabela 1 contendo, título, fonte, ano de publicação e número de citações.



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

Tabela 1- Relação dos artigos selecionados para compor o portfólio

Título	Fonte	Ano de Publicação	Citações
<i>Treatment of printing ink wastewater using electrocoagulation</i>	<i>Journal of Environmental Management</i>	2019	0
<i>Electric treatment for hydrophilic ink deinking</i>	<i>Water Science & Technology</i>	2017	0
<i>Electroflotation Combined with Flotation Deinking of Flexographic Newsprint</i>	<i>Engineering Chemistry Research</i>	2010	5

Fonte: Autores

Pode-se observar que apenas 1 artigo foi citado, sendo esse publicado no ano de 2010, os 2 trabalhos mais recentes ainda não foram citados.

As publicações estão em periódicos distintos, sendo seus Fatores de Impacto respectivamente 4.865, 1.624, 3.375. O Fator de Impacto de um periódico científico é estabelecido pela média das citações por artigo em um período de tempo, para designar a avaliação do impacto que as revistas e periódico causam (Almeida, 2018).

Após a análise quantitativa apresentada, inicia-se a análise qualitativa resultante da análise bibliométrica.

Papadopoulos, et al., (2019), estudam o processo de eletrocoagulação para o tratamento de efluentes originários de uma indústria de papelão corrugado impresso. Do mesmo modo foi avaliado o custo com energia usada no processo e a demanda química de oxigênio (DQO). Resultando em que as maiores porcentagens de remoção da cor e de DQO foram obtidas quando os níveis de DQO iniciais eram menores, usando dois tipos de eletrodos (alumínio (Al) e ferro (Fe)), provando assim que a concentração inicial de DQO afeta o tempo de tratamento da purificação da água e não o eletrodo. O aumento da densidade da corrente reduz o tempo de tratamento, assim economizando energia.

Enquanto, Du & Hsieh, (2017), analisam a remoção de tinta hidrofílica (repelentes de água) com tratamento elétrico, porque tais tintas apresentam diversas vantagens em relação às tintas usadas nas impressões convencionais (*offset*), como por exemplo, as tintas hidrofílicas não possuem compostos orgânicos voláteis que propiciam problemas de saúde e ambientais. Houve também a investigação dos efeitos do material anódico e do tempo de tratamento elétrico no desempenho da remoção da tinta.

Shemi & Hsieh, (2010), estudaram a remoção da tinta flexográfica dos jornais, usando tratamento de eletroflotação. A motivação que os levou a usar este tipo de tinta seria a de reduzir a emissão de compostos orgânicos voláteis prejudiciais à natureza. As referidas tintas são fabricadas com partículas de pigmentos hidrofílicos, que dificilmente são separados por meio da flotação das bolhas de ar.

Papadopoulos, et al., (2019), citam que as águas residuais que são provenientes de diversos meios de industrialização, como têxtil e outros que usam tintas para impressão possuem altos



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

teores de composto não biodegradáveis e devem receber um tratamento adequado para que sejam descartados no meio ambiente.

Para Du & Hsieh, (2017), pode haver a contaminação da água nas indústrias de papel e elevar a carga para o tratamento de águas residuais devida às tintas hidrofílicas. Podendo assim utilizar a água contaminada em outras máquinas de papel na mesma indústria. Por isso as pesquisas para reduzir estes problemas e aumentar a produção do uso de tintas hidrofílicas que podem ser recicladas vêm aumentando.

Segundo Papadopoulos, et al., (2019), o processo de eletrocoagulação por ser um processo de menor custo, está sendo investigado em áreas como: tratamentos domésticos, agroindustriais e industriais.

Papadopoulos, et al., (2019), observaram que usando Al ou Fe nos eletrodos, foram produzidas elevadas porcentagens de remoção da cor, chegando a 99%. Contudo, utilizando o material Fe no eletrodo a remoção de DQO foi mais rápida por alguns fatores, entre eles, o Fe tem um peso molecular mais elevado do que o Al, portanto o eletrodo de Al foi mais adequado para estudos futuros devido aos efluentes incolores examinados.

Para Du & Hsieh, (2017), os eletrodos utilizados foram de aço inoxidável ou grafite. Apesar dos resultados serem muito semelhantes quanto a eficiência dos dois materiais, o uso do eletrodo de aço inoxidável aumenta o tamanho das partículas da tinta pelo processo de eletrocoagulação, aumentando, por conseguinte a flotação do material, entendido através de experimentos elétricos. Por outro lado, o grafite é um melhor material a ser utilizado como ânodo para aplicação da retirada de tinta, pelo seu efeito prejudicial de rede posição de tinta da eletrocoagulação induzida por íons metálicos, com um rendimento 17% maior na flotação com pré-tratamento elétrico e sua existência no processo ser maior.

De acordo com Shemi & Hsieh, (2010), os eletrodos usados são de aço inoxidável, não explicando o porquê do uso deste material. E ainda sugere que futuros pesquisadores poderiam estudar de forma mais aprofundada a descontaminação das águas residuais causada pelas tintas. Observa-se que este tipo de trabalho ainda é pouco estudado.

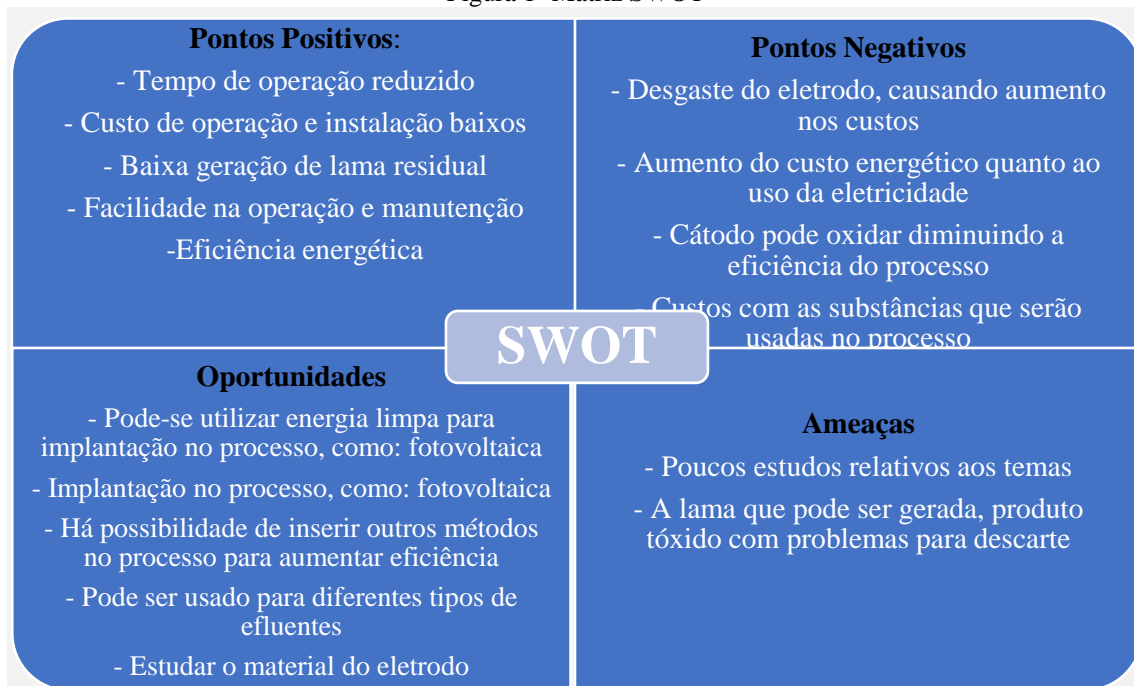
MATRIZ SWOT

A partir da coleta de dados foi possível identificar os positivos e negativos quanto ao estudo da eletrocoagulação e eletroflotação. A Figura 1 retrata estes pontos, apresentando ainda, as ameaças que são as condições desfavoráveis e as oportunidades.



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

Figura 1- Matriz SWOT



Fonte: Elaborado pelo autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizada a análise bibliométrica, pode-se constatar dentro dos registros da plataforma *Web of Science* a crescente pesquisa no campo da eletrofloculação e eletrocoagulação, portanto estas quando associadas ao tema específico “tinta” ainda é pouco estudada e pesquisada.

Com a aplicação de filtros e refinamentos na base de dados *WOS*, com vários trabalhos analisados, foi possível analisar a importância do estudo neste tema a fim de reduzir o aumento da poluição no meio ambiente, gerando problemas a todos os seres.

Assim, devem-se aumentar as pesquisas referentes ao tema, onde ainda é escassa. Com investimentos neste tipo de pesquisa pode-se retardar o acúmulo de materiais tóxicos nos mananciais. Apesar deste retardamento, a lama que é produzida ainda é uma preocupação quanto ao seu descarte.

Os métodos estudados são considerados de fácil manuseio, baixo custo e adequado para o sistema de reuso e recirculação. Portanto conclui-se que as pesquisas nesta área devem continuar, pois os poucos registros encontrados mostram o quanto é importante e eficaz o uso desta técnica, porém, não deixando de mencionar as melhorias sugeridas na matriz SWOT.

Esta pesquisa foi realizada somente utilizando a base de dados *Web of Science*, para uma maior dimensão sobre o assunto, sugere-se também que seja buscado artigos em outras bases de dados. Ainda é esperado que os resultados encontrados neste artigo sejam relevantes para atrair novas produções científicas a respeito do tema.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Programa de Pós-Graduação em Energia - PGEN/UFES e a Fundação de Amparo À Pesquisa e Inovação do Espírito Santo. Edital Fapes No 18/2018 - Bolsa Pesquisador Capixaba.



Citação (APA): Tesolini, V.de B., Gomes, V.A. do P., Porto, P.S.da S. & Freitas, R.R. de (2019). Eletroflotação e eletrocoagulação para tratamento de efluente gerado pela tinta: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 178-185.

REFERÊNCIAS

Almeida, M.G. (2018). Fator de impacto de periódicos utilizados pelos programas de pós-graduação em Comunicação e Informação para a divulgação do conhecimento. *Em questão*, 24(3), 198–225.

Ana - Agência Nacional de Águas. Quantidade de águas. Brasília. Retrieved Julho 03, 2019 from

<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>

Du, X. & Hsieh, J.S. (2017). Electric treatment for hydrophilic ink deinking. *Water Science and Technology*, 76(5), 1215–1224,

Geraldino, H.C.L., Simionato, J.I., Freitas, T.K.F.S., Garcia, J.C., Júnior, O.C. & Correr, C.J. (2015). Efficiency and operating cost of electrocoagulation system applied to the treatment of dairy industry wastewater. *Acta Scientiarum*, 37(3), 401-408.

João, J., Emerick, T. & Souza Filho, U. (2017). Processo De Eletrocoagulação-Flotação: Investigação dos parâmetros operacionais para o tratamento de águas residuais da indústria de pescados. *Química Nova*, 41(2), 163–168.

Martins, R. de F. & Turrioni, J.B. (2002). Análise de swot e balanced scorecard. *Enegep*, p. 1–8.

Melo, M.F.S., Yaryd, R.T., Souza, R.C. & Campos-Silva, W.L. (2017). Responsabilidade social corporativa e competitividade: uma análise bibliométrica da evolução do tema. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, 7(2), 115-133.

Módenes, A.N., Espinoza-Quiñones, F.R. & Yassue, P.H. (2017). Aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de abatedouro de aves. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(3), 571–578.

Orssatto, F., Tavares, M.H.F., Silva, F.M., Eyng, E. & Fleck, L. (2018). Optimization of nitrogen and phosphorus removal from pig slaughterhouse and packing plant wastewater through electrocoagulation in a batch reactor. *Ambiente & Água*, 13(5), 1-10.

Papadopoulos, K.P., Argyriou, R. & Economou, C.N. (2019). Treatment of printing ink wastewater using electrocoagulation. *Journal of Environmental Management*, 237, 442–448.

Queiroz, M.T.A., Queiroz, C.A. & Alvim, L.B. (2019). Reestruturação na forma do tratamento de efluentes têxteis: uma proposta embasada em fundamentos teóricos. *Gestão & Produção*, 26(1), e1149.

doi: 10.1590/0104-530x1149-19

Rodriguez, M.E.R. & Puga, A.B. (2018). Comunicación de riesgo, cambio climático y crisis ambientales. *Revista Latinoamericana de Comunicación*, 136, 179-194.

Shemi, A. & Hsieh, J.S. (2010). Electroflotation combined with flotation deinking of flexographic newsprint. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 49(5), 2380–2387.

Silva, A.A.R.da, Camara, C.A.P. da & Lobo, I. (2017). Otimização dos parâmetros operacionais de eletrocoagulação aplicada à recuperação de efluentes de lavagem de veículos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(1), 179–186.

