

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GILBERTO HENRIQUE SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTE
TÊXTIL POR ELETROCOAGULAÇÃO COM DOIS DIFERENTES
ELETRODOS**

CAMPO MOURÃO

2018

GILBERTO HENRIQUE SANTOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTE
TÊXTIL POR ELETROCOAGULAÇÃO COM DOIS DIFERENTES
ELETRODOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza

Co-orientador: Prof. Paulo Henrique Rodrigues

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL POR ELETROCOAGULAÇÃO COM DOIS DIFERENTES ELETRODOS

por

Gilberto Henrique Santos

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h30min do dia 25 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Eudes José Arantes

(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Vanessa Medeiros Corneli

(UTFPR)

Prof. Paulo Henrique Rodrigues

(UTFPR)

Co-orientador

Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr. Ronaldo Rigobello**

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Deus e Nossa Senhora. É bom saber que a todo momento da minha vida acadêmica e pessoal eles estiveram me auxiliando direta e indiretamente para que esse sonho fosse realizado. Deus e Nossa senhora, eram eles que nos momentos de agonia e dificuldades acalentavam minhas dores que nem as pessoas mais próximas conseguiam ajudar. É o momento de agradecer toda a fé que depus em neles e saber que eles jamais me abandonaram é indescritível.

Meus pais acreditaram em mim alguns anos atrás no momento em que eu disse que gostaria de me tornar um engenheiro e jamais deixaram de acreditar em mim. Muitas vezes nos desentendemos por tantos motivos, mas o amor que existe entre nós vale muito, muito mais. Existe também um muleque de 11 anos mais conhecido como meu irmão que merece estar aqui porque ele é demais. Amo vocês família!

Professora Paula, que desde a primeira matéria que fiz sempre me identifiquei muito com ela (apesar dela me chamar de Saulo), corri atrás dela até ela me encaixar no seu projeto de iniciação científica e hoje estou finalizando meu curso com o auxílio dela. Sempre muito prestativa e atenciosa em todos os momentos que fui atrás de ajuda, conseguindo acalmar com a sua risada (gargalhada) inconfundível.

Meus agradecimentos ao Professor Paulo/Paulinho que também me auxiliou muito durante todos os experimentos e no meu trabalho. A Lais que quando entrei perdido no projeto teve uma santa paciência para me explicar tudo, muito obrigado!

O momento de falar dos amigos é difícil pois são tantos que estiveram comigo que fica complicado citar nomes. Nosso grupo de estudos Julinho do Céu: Ana Carolina, Gabriella, Vanessa, Taynah, Leonardo Andrade, Pinhão. Valeu pela amizade, auxílio nos estudos e por todos os papos (que não foram poucos). Não posso esquecer também do Victor Menegon e Victor Cruz, dois amigos que fiz durante a faculdade que tiveram sempre comigo.

Agradecer aos que não quiseram aproveitar mais da faculdade e se formaram em 5 anos: Gustavo Czerpicki, Paula, Tais, Saulo, Rodrigo, Julio e Zé. Cada um seguiu seu caminho e espero que possamos nos encontrar e relembrar tudo o que já passamos. Aos demais professores e pessoas que conheci durante esses anos morando em Campo Mourão agradeço por tudo!

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a eficiência da remoção dos parâmetros cor aparente, DQO, turbidez e pH através da eletrocoagulação com dois tipos de eletrodos: alumínio e aço inox. O processo de eletrocoagulação foi aplicado em um reator tipo batelada com pH inicial sendo variado e duração de 120 min para cada experimento. Os parâmetros foram determinados através do método definido pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) e as leituras dos resultados obtidos realizadas com auxílio de um espectrofotômetro e um pHmetro. Constatou-se que o eletrodo de alumínio é mais eficaz quanto a descoloração do efluente e os resultados obtidos para DQO também foram mais satisfatórios em comparação com o eletrodo de aço inox. A turbidez analisada mostrou que ambos eletrodos são eficientes sendo que a redução foi de aproximadamente 100%.

Palavras-chave: Eletrocoagulação. Eletrodos de alumínio. Eletrodos de aço inox.

ABSTRACT

The aim of this work is to verify the efficiency of removal of four parameters: color, COD, turbidity and pH through electrocoagulation with two types of electrodes, aluminum and stainless steel. The electrocoagulation was applied in a batch reactor with initial pH being varied and duration of 120 min each experiment. The parameters were determined using the method defined by the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) and the readings of the results obtained using a spectrophotometer and a meter. It was verified that the aluminum electrode is more efficient as the effluent discolouration and the results obtained for COD were also more satisfactory in comparison with the stainless steel electrode. The turbidity also analyzed showed that both electrodes are efficient and the reduction was approximately 100%.

Keywords: Electrocoagulation. Stainless steel electrodes. Stainless steel electrodes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema do processo de eletrocoagulação	11
Figura 2 – Arranjo do reator monopolar paralelo.....	13
Figura 3 – Reator de eletrocoagulação	17
Figura 4 – Modelo de pHmetro utilizado.....	18
Figura 5 – Modelo do espectrofotômetro utilizado.....	19
Figura 6 – Gráfico para comparação dos parâmetros estudados.....	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Processos da fiação	7
Quadro 2 - Processos da tecelagem	8
Quadro 3 – Processos de Beneficiamento têxtil	9
Quadro 4 – Processos da confecção	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões para o lançamento de efluentes líquidos em corpos receptores	15
Tabela 2 - Dados dos efluentes bruto utilizados nos experimentos	20
Tabela 3 - Dados obtidos após a realização do processo de EC com eletrodos de alumínio.....	21
Tabela 4 - Porcentagens de remoção com eletrodos de alumínio.....	21
Tabela 5 - Dados obtidos após a realização do processo de EC com eletrodos de aço inox.....	22
Tabela 6 - Porcentagens de remoção com eletrodos de aço inox.....	22

LISTA DE SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
CEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EC	Eletrocoagulação
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
POA	Processos Oxidativos Avançados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivos Específicos	4
3 JUSTIFICATIVA	5
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
4.1 Indústria Têxtil	6
4.1.1 Processos de fabricação	6
4.1.1.1 Fiação.....	7
4.1.1.2 Tecelagem.....	7
4.1.1.3 Beneficiamento.....	8
4.1.1.4 Confecção	9
4.2 Processos de Tratamento dos Efluentes	10
4.2.1 Eletrocoagulação.....	11
4.2.1.1 Tipos de reatores	12
4.2.1.2 Tipos de eletrodos	13
4.3 Legislação	14
5 MATERIAL E METODOS	16
5.1 Amostras	16
5.2 Tratamento	16
5.3 Determinações Analíticas	17
5.3.1 pH.....	17
5.3.2 Cor.....	18
5.3.3 Turbidez	18
5.3.4 DQO	19
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
6.1 Efluente Bruto	20
6.2 Efluente tratado com eletrodo de alumínio	20
6.3 Efluente tratado com eletrodo de aço inox	22
6.4 Comparação da eficiência entre os dois eletrodos	23
7 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A Indústria têxtil é uma das áreas da economia brasileira que mais gera empregos com cerca de 1,479 milhão de empregados diretos, segundo dados da ABIT (2017) a expectativa de geração de empregos para o ano de 2017 são de 10 mil novos contratados, ressalta-se que o setor vem de uma recessão há alguns anos seguidos.

Nas indústrias têxteis são encontrados vários tipos de processos para a produção de determinado tecido. O processo de beneficiamento têxtil gera uma grande quantidade de efluente, pois envolve uma ampla quantidade de corantes e métodos de tingimento diversificados (GILI, 2015).

Os efluentes resultantes do beneficiamento têxtil apresentam alta carga de corantes que não se prendem as fibras durante o processo de beneficiamento e que se lançados de forma incorreta em corpos d'água geram sérios problemas ambientais, como a contaminação de leitos de rios (KUNZ; ZAMORA, 2002).

Para que esses efluentes atendam as devidas legislações ambientais a nível estadual e nacional, eles devem ser lançados de forma correta e para que isso possa ocorrer existem diversos tratamentos que podem ser empregados, os mais conhecidos são os processos físicos, biológicos e químicos.

A eletrocoagulação é um processo eletroquímico que vem atualmente sendo um dos mais utilizados, pois apresenta vantagens como a não adição de elementos químicos, lodo gerado com filtração mais fácil e alta eficiência (KHANDEGAR; SAROHA, 2013). Processo que consiste na criação *in situ* de agentes coagulantes através de eletrodos de sacrifício (anodos e catodos), sendo esses agentes formados capazes de segregar o corante presente no efluente.

O objetivo deste trabalho foi qualificar o efluente bruto de uma lavanderia industrial e verificar a eficiência do tratamento por eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio e aço inox na eficiência de remoção de pH, cor, turbidez e DQO (demanda química de oxigênio).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência do tratamento por eletrocoagulação de um efluente têxtil de uma lavanderia industrial da região de Campo Mourão -PR, quanto a remoção de pH, cor, turbidez e DQO, utilizando eletrodos de alumínio e aço inox.

2.2 Objetivos Específicos

- Visando atingir o objetivo geral foram formulados os seguintes objetivos
Caracterizar do efluente têxtil gerado na lavagem de jeans, determinando parâmetros como: pH, cor, turbidez e DQO (Demanda Química de Oxigênio).
- Analisar os parâmetros de funcionamento de um reator de eletrocoagulação quanto a remoção de cor, turbidez, DQO, utilizando eletrodos de alumínio, nas melhores condições de operação;
- Analisar os parâmetros de funcionamento de um reator de eletrocoagulação quanto a remoção de cor, turbidez, DQO, utilizando eletrodos de aço inox, em mesma condição de operação;
- Comparar a eficiência de remoção dos dois tipos de eletrodos.

3 JUSTIFICATIVA

Á água é um bem que está acabando gradativamente ao decorrer dos anos, isso, devido ao mal uso desse recurso. Para garantir que novas gerações tenham acesso a água, faz-se necessário o uso consciente e racionado.

O crescimento do setor industrial têxtil no Brasil trouxe pontos positivos para o desenvolvimento econômico e negativos para o meio ambiente, pode-se citar a poluição dos leitos dos rios e degradação de ecossistemas como exemplos. Nos processos industriais têxteis deve-se ressaltar a grande quantidade de água que é empregada em suas etapas (KUNZ, 1999).

Os pigmentos usados nos processos têxteis são um agravante quando se fala deste efluente, uma vez que sua coloração é de fácil percepção quando lançada em leitos de rios e podem alterar características físicas, químicas e biológicas da água. Isso não só afeta o meio ambiente como a própria indústria que poderia estar reutilizando esse efluente de outra maneira em uma diferente etapa de seus processos (LOPES, 1999).

Uma das alternativas estudadas nos últimos anos para o tratamento dos efluentes é a eletrocoagulação que de forma simplificada pode ser definida como um processo que desestabilizada determinada solução através da eletricidade que passa pela água e que coagula seus contaminantes.

Segundo Bayramoglu (2006), o método da eletrocoagulação se mostra eficiente para o tratamento de vários efluentes pois tratando-se de custo seus equipamentos são relativamente acessíveis, a quantidade de produtos químicos adicionadas é baixa e o lodo gerado sedimenta mais rápido em comparação a outros processos.

A eletrocoagulação é um processo que apresenta vantagens como a economia de energia, alto desempenho e um fácil controle de parâmetros, como a definição do pH e corrente que podem ser determinados especificamente para cada estudo (SANTOS et. al. 2006). Mollah (2004) acrescenta ainda como vantagens, as reações químicas que podem ser controladas e são consideravelmente rápidas.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Indústria Têxtil

Existem registros de atividades do setor têxtil no Brasil desde o período colonial, sendo sempre um dos principais setores que fomentam a economia brasileira. No período colonial a região nordeste mostrou-se uma das regiões mais rentáveis para tal prática, sendo a Bahia um dos principais polos. Com o crescimento de outras regiões e as mudanças de governo que ocorreram pode-se observar que outras áreas do Brasil vieram a se destacar devido à um grande investimento recebido, como a região sudeste (FUJITA et al., 2015)

Com a Revolução industrial o setor têxtil também pode absorver certos benefícios que alavancaram a sua produção, prova disto é que o Brasil passou de apenas importador para um país exportador e, durante a Segunda Guerra Mundial o Brasil tornou-se o segundo maior país produtor da área têxtil.

A abertura econômica vista durante os anos 90 trouxe instabilidade para o mercado brasileiro da indústria têxtil devido à concorrência aberta com outros países que possuíam preços e materiais de qualidade (AZEVEDO, 1997).

Dados da ABIT (2017) mostram que o cenário atual da indústria têxtil teve um faturamento de US\$ 37 bilhões, existem 1,5 milhões de empregados diretos, empresas formais atualmente no país são 29 mil e o Brasil hoje é o quinto maior produtor têxtil do mundo.

4.1.1 Processos de fabricação

As etapas existentes dentro das indústrias têxteis podem variar dependendo do processo produtivo adotado, mas existe etapas primordiais como: fiação, tecelagem, beneficiamento e confecção. Devido à grande variedade de matérias primas existente no mercado e as inovações tecnológicas que crescem a cada ano esses processos podem ser desmembrados em outros para uma melhor obtenção de um produto final.

4.1.1.1 Fiação

Etapa que se inicia com as fibras têxteis e resulta com a transformação delas em fios, como mostra o quadro 1. Essas fibras podem ser fibras naturais que são classificadas conforme a sua origem e fibras sintéticas que são criadas através de compostos químicos. Vale ressaltar que as fibras sintéticas produzidas no Brasil são de alta qualidade podendo ser comparadas com as do exterior (BASTIAN, 2009).

Quadro 1 - Processos da fiação

Principais Processos	Finalidade básica
Fibras Naturais - abertura - carda - passadeira - reunideira - penteadeira - maçarqueira - filatório - conicaleira - retorcedeira - vaporizador	Esses processos consistem basicamente em: - remover impurezas da fibra; - separar fibras de menor tamanho; - paralelizar, estirar e torcer as fibras para confeccionar o fio; - unir fios para a formação de fios retorcidos; - enrolar os fios (mudança na forma de acondicionamento); - fixar o fio, por meio de calor.
Fibras Sintéticas / Artificiais - chips - extrusão - bobinagem - estiragem - enrolamento - texturização	Esses processos consistem basicamente em: - elaboração dos fios; - estirar, torcer e unir os fios; - enrolar os fios (mudança na forma de acondicionamento); - fixar o fio, por meio de calor.

Fonte: BASTIAN, 2009

4.1.1.2 Tecelagem

A tecelagem de um modo geral pode ser caracterizada como o resultado da intersecção dos fios derivados das fibras têxteis que são dispostos em dois grupos de fios, realizado isto se obtêm uma variedade grande de tecidos (BAPTISTA, 2004).

Com os fios têxteis já produzidos são confeccionados dois tipos de materiais: malhas e tecidos. Eles se diferenciam pela sua estrutura e forma de produção que são distintas e o produto final apresentado mostra diferentes características (FIEMG, 2014). Tanto esta etapa quanto a de fiação não geram efluentes, pois são métodos a seco e muitas vezes realizados por máquinas (BELTRAME, 2000).

O quadro 2 abaixo apresenta os processos que compõem a tecelagem, detalhando cada ação realizada.

Quadro 2 – Processos da tecelagem

Principais Processos	Finalidade básica
Urdimento	Dispor fios de urdume, provenientes de cones, em rolos de urdume.
Engomagem	Aplicar película de goma (natural ou sintética) nos fios de urdume, para posterior tecimento.
Tecimento (tecido)	Confeccionar tecido plano (teares de pinça, de ar ou de água, etc.).
Tecimento (malha)	Confeccionar tecido de malha utilizando teares circulares ou retilíneos (de cone ou de urdume).

Fonte: BASTIAN, 2009

4.1.1.3 Beneficiamento

Diversos processos estão dentro do beneficiamento, que tem como prioridade modificar as características do material têxtil dando-lhes uma melhor resistência, aparência desejável, capacidade de absorção de água, entre outras (ALCÂNTARA e DALTIM, 1996).

Dentre os tipos de beneficiamentos realizados, o beneficiamento primário tem a função de preparar o material têxtil e para que ele fique em condições de receber a tintura e o amaciamento, nesta etapa é realizada a limpeza do material de todas as impurezas que vieram dos processos anteriores já citados (SOARES, 2003).

O beneficiamento secundário é o momento que de fato o substrato têxtil irá receber sua coloração absoluta ou parcial, coloração esta que depende da inserção da tintura nas fibras têxteis do substrato. Por fim tem-se o beneficiamento terciário que deve deixar o produto final com aparência e características agradáveis aos olhos dos futuros clientes (SOARES, 2003).

De acordo com Robinson et al. (2000), a alta geração de efluentes ocorre na etapa de beneficiamento, em média para 1Kg de tecido são necessários de 200L a 400L de água.

Segue abaixo o quadro 3 que detalha de maneira sucinta esse processo que apresenta uma grande variedade de etapas.

Quadro 3 – Processos de Beneficiamento têxtil

Principais Processos	Finalidade básica
Chamuscagem	Eliminar fibrilas da superfície do material têxtil, por meio de queima.
Purga / Limpeza	Remover materiais oleosos (graxos ou não) e impurezas através de reações de saponificação, emulsão e solvência para proporcionar hidrofiliidade ao substrato. <i>Nota:</i> As lavanderias utilizam este processo para remoção das impurezas, dependendo do grau de sujidade do material, outros produtos químicos poderão ser adicionados: agentes oxidantes, enzimas, ácidos, etc.
Alvejamento	Remover coloração amarelada (natural) do material têxtil.
Mercerização e Caustificação (operações individuais)	Tratamento alcalino do material têxtil com objetivo de melhorar propriedades físico-químicas da fibra (brilho, aumento da afinidade por corante, estabilidade dimensional etc.). <i>Nota:</i> a diferença básica entre a mercerização e caustificação é que a primeira trabalha com maior concentração de álcali, sob tensão e em equipamento específico (mercerizadeira).
Tingimento	Conferir coloração ao material têxtil.
Estamparia	Conferir coloração ao material têxtil de forma localizada.
Secagem	Retirar umidade do material, através de energia térmica.
Compactação	Proporcionar encolhimento do material (através de ação física), a fim de evitar encolhimento posterior da peça confeccionada, quando submetida à lavagem.
Calandragem	Eliminar vincos e conferir brilho (mais utilizada em tecido de malha).
Felpagem	Conferir aspecto de felpa à superfície do material podendo atuar como isolante térmico (utilizado em moletons, malhas soft etc.) ou apenas alterar o aspecto (felpado).
Amaciamento	Conferir toque agradável ao material.
Acabamento anti-chama	Evitar propagação de chama.

Fonte: BASTIAN, 2009

4.1.1.4 Confeção

Última etapa da cadeia de produção têxtil, a confeção produz o artigo que finalmente será adquirido pelo cliente. As indústrias têxteis muitas vezes não implantam esse processo passando para outra empresa realizar esta etapa, empresa estas que são conhecidas como “facções” (FIEMG, 2014). Para um melhor entendimento o quadro 4 mostra a etapa da confeção e seus processos.

Quadro 4 – Processos da confecção

Principais Processos	Finalidade básica
Modelagem	O esboço idealizado pelo estilista é preparado em papel ou sistema computadorizado gerando o molde base.
Enfesto	Etapa que aumenta o rendimento do corte do tecido. Este é feito em diversas folhas de tecido (camadas sobrepostas).
Corte	O corte do enfesto é a base da confecção que pode ser feito com faca circular ou com serra vertical.
Costura	Tem a finalidade de unir os diferentes componentes de uma peça de vestuário pela formação de uma costura, utilizando técnicas mecânicas (costura), física (solda ou termofixação), ou química (por meio de resinas).
Acabamento	Envolve o arremate das peças (sistema não automatizado), a revisão para verificação da qualidade da costura, passadoria e lavanderia de peças (*).
Embalagem/Expedição	Envolve a embalagem da confecção utilizando saco plástico, papel, caixa de papelão, etc.

Fonte: BASTIAN, 2009

4.2 Processos de Tratamento dos Efluentes

Para o tratamento de efluentes, atualmente existem diversos métodos que podem ser aplicados e pode-se observar essa preocupação com seu tratamento devido à uma cobrança maior das legislações ambientais vigentes. Tratamentos esses que são classificados em processos físicos, biológicos e químicos.

Define-se os processos físicos como a série de ações que fazem com que o efluente seja tratado e separado em fases, eliminando-se assim parte dos seus sólidos. As fases existentes são: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação dos resíduos (CRESPILHO et al. 2004).

Um dos processos mais utilizados, o processo biológico necessita da ação de microrganismos para que aconteça a retirada do material orgânico presente no efluente (FREIRE et al. 2000).

Os processos químicos são trabalhados muitas vezes junto com os processos citados anteriormente, mas este em particular se faz necessário a utilização de produtos químicos para remoção dos materiais orgânicos (BRAILE, 1979).

Visto a necessidade de novas alternativas para o tratamento de efluentes, dentro dos processos químicos surgiram os Processos Oxidativos Avançados (POA) que geram radicais como a hidroxila (OH), que possuem grande poder de oxidação e

dissolvem com maior facilidade os poluentes encontrados (FIOREZE, SANTOS e SCHMACHTENBERG, 2014).

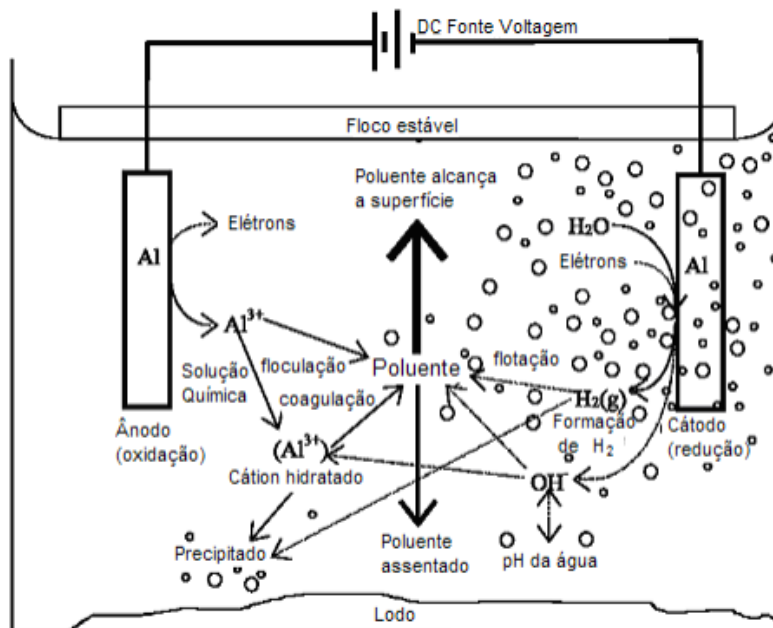
4.2.1 Eletrocoagulação

Processo eletroquímico utilizado no tratamento de efluentes em geral, a eletrocoagulação (EC) consiste na passagem de corrente elétrica por eletrodos de sacrifício positivos e negativos (ânodo e cátion), gerando respectivamente íons metálicos e o gás hidrogênio. Formado os coagulantes através da oxidação dos eletrodos metálicos o efluente é desestabilizado, a emulsão é quebrada, partículas ficam suspensas e são formados flocos (CHEN, 2004; THAKUR; CHAUHAN, 2016).

Eletrocoagulação, eletroflotação, eletrofloculação ou ainda eletrocoagulação/flotação são palavras diferentes, mas que representam o mesmo processo e algumas vezes podem confundir pensando ser diferentes processos (EMAMJOMEH, 2009).

A Figura 1 mostra um esquema do que ocorre durante todo o processo de eletrocoagulação com eletrodos de alumínio.

Figura 1 – Esquema do processo de eletrocoagulação



Fonte: HENRIQUES, 2004

O processo de EC possui uma grande quantidade de atividades que ocorrem simultaneamente tornando-o complexo. Para que seja executado corretamente é necessário que vários parâmetros sejam observados e executados de modo adequado, como: pH, condutividade, distância entre as placas, inversão da polaridade.

O pH do efluente é importante pois ele determina a formação dos agentes coagulantes (íons metálicos), para Holt, Barton e Mitchell (1999) o pH influencia na solução como um todo desde a solubilidade dos materiais criados até a eficiência da EC. O pH é um dos parâmetros que podem ser definidos inicialmente e podem variar conforme o estudo, uma faixa que se mostra positiva para estudos é entre 6,5 a 7,5.

A condutividade está interligada com os íons criados e também é responsável pela condução da corrente elétrica no efluente. Fica claro que quanto maior a condutividade e concentração dos íons, ocorrerá de forma otimizada as reações durante o processo de EC e também é verificado um consumo energético diminuído (CERQUEIRA, 2006). Chen (2004) fala ainda que se a condutividade for elevada a influência do pH será mínima.

Daneshvar, Sorkhabi e Kasiri (2004) mostram que quanto maior a distância entre os eletrodos maior deve ser a diferença de potencial (ddp) aplicada, com essa distância maior a movimentação dos íons criados seria mais devagar e desse modo eles teriam uma mais oportunidade de criar flocos.

A inversão de polaridade é feita quando se muda o sentido da corrente, o que era cátodo se torna anodo. Isso faz com que a passivação seja diminuída e o tempo de uso do eletrodo seja prolongado (PEREIRA, 2007).

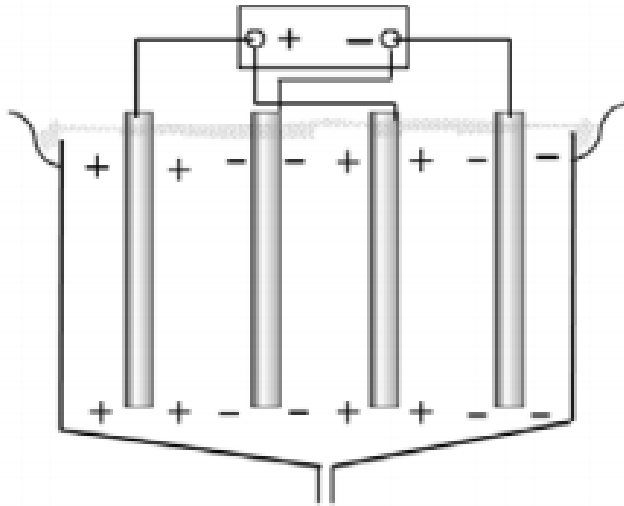
4.2.1.1 Tipos de reatores

Existem reatores monoplares e bipolares, sendo os monoplares os mais utilizados (MOLLAH et al, 2001). Em nossos estudos foram empregados reatores monoplares com arranjo em paralelo assim como o da Figura 2.

Este tipo de reator é formado por placas de determinado material, que são conhecidas como “eletrodos de sacrifício”. Esses eletrodos são ligados a uma fonte de energia externa que fará com que o catodo esteja sujeito a passivação e o anodo

oxide durante a ação. Como o arranjo é paralelo todos os eletrodos estarão recebendo corrente igual (MOLLAH et al., 2001).

Figura 2 – Arranjo do reator monopolar paralelo



Fonte: MICKOVA, 2015

4.2.1.2 Tipos de eletrodos

A literatura apresenta diversos tipos de eletrodos que podem ser utilizados nos processos de EC. Mickova (2015) mostra que os mais utilizados são os de ferro, alumínio e aço inoxidável, sendo que este último apresenta bolhas de gás resultantes do processo de eletrocoagulação em um tamanho menor. Segundo Singh, Chaudhary e Sharma (2012) isso ocorre devido à resistência do aço que é maior em relação aos outros eletrodos usados.

Koby, Can e Bayramoglu (2003) realizaram experimentos com eletrodos de ferro e alumínio, e constataram que ambos os eletrodos de sacrifício são dependentes do pH. Os resultados obtidos apresentaram também que o ferro é superior ao alumínio na remoção da DQO e eficiência no consumo de energia.

Silva, Will e Filho (2000) utilizaram eletrodos de alumínio e aço carbono com efluentes têxteis, como resultado alcançaram resultados satisfatórios para remoção de cor de corantes sulfurosos sendo o eletrodo de alumínio nesse caso mais eficiente que o eletrodo de aço carbono.

O objeto de estudo de Palácio et al. (2003) foram experimentos de EC com eletrodos de aço inoxidável e com eletrodos mistos de alumínio e aço inoxidável. Os resultados foram remoções satisfatórias de cromo do efluente.

4.3 Legislação

O Brasil possui uma das maiores redes hidrográficas do mundo e com o passar do tempo notou-se o descaso em relação a seus recursos hídricos, pode-se notar isso devido à grande poluição existente, como: esgoto doméstico e efluentes industriais sendo lançados diretamente em leitos de rios, em áreas rurais sendo afetado por agrotóxicos, etc.

No dia 8 de janeiro de 1997 através da Lei 9.433/97°, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e junto com ele instituído a Política Nacional de Recursos Hídricos, que afirma que a água é um bem de domínio público, que é um recurso limitado, com valor econômico e que deveria ser utilizada de forma racional e integrada (BRASIL, 1997).

Segundo a resolução n°430 do CONAMA, surgiram as classificações, condições e devidos padrões para os efluentes industriais serem devidamente lançados para que seu potencial tóxico não afetasse o corpo receptor. (BRASIL, 2011).

A Resolução n° 430 apresenta as devidas condições que os efluentes devem apresentar ao serem lançados em corpos receptores.

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
 - 1. Óleos minerais: até 20 mg/L;

2. Óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor; (BRASIL, 2011, p. 4).

No estado do Paraná, o Conselho Estadual do Meio ambiente dispôs a Resolução N° 70/2009 sobre o licenciamento ambiental, designa condições e critérios e propõe outras providências, para empreendimentos industriais (BRASIL, 2009). O anexo 7 da Resolução N° 70/2009 apresenta as taxas toleráveis para o lançamento de efluentes líquidos industriais conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Padrões para o lançamento de efluentes líquidos em corpos receptores

TINTURARIA, TÊXTEIS E LAVANDERIA INDUSTRIAL	
DBO5	50 mg/L
DQO	200 mg/L
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Zinco total	5,0 mg/L Zn
Toxicidade aguda	FTd para <i>Daphnia magna</i> : 8 (12,5%)
	FTbl para <i>vibrio fischeri</i> : 8 (12,5%)

Fonte: Adaptado de CEMA Resolução nº 070/2009.

5 MATERIAL E METODOS

5.1 Amostras

As amostras que foram utilizadas neste trabalho provêm de uma lavanderia industrial localizada no município de Campo Mourão- Pr. Foram coletadas em um tanque de equalização presente no local.

A resolução n° 430/2011 do CONAMA apresenta algumas determinações já identificadas neste trabalho que devem ser seguidas para o correto lançamento do efluente em um corpo d'água. O efluente em questão apresenta poluentes orgânicos e inorgânicos e possui uma coloração azul, visto isso é necessário ser realizado o seu apropriado tratamento.

As amostras deste trabalho foram armazenadas em galões de 4 litros a 5°C em um refrigerador.

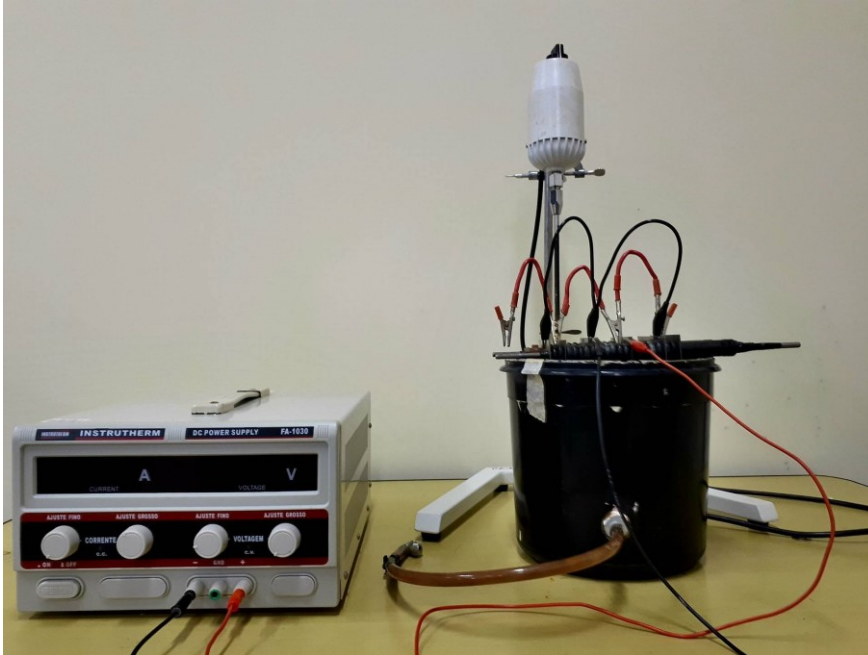
5.2 Tratamento

Para o processo de eletrocoagulação (EC) foi empregado um reator do tipo batelada, composto por um tanque cilíndrico de acrílico com dimensões de 0,20 metros de diâmetro e 0,20 metros de altura, tendo um volume útil de 4 litros.

O conjunto de eletrodos será constituído por seis placas (10 cm de altura x 19,5 cm de largura x 0,3 cm de espessura) de íon metálicos, inserido verticalmente no reator, a uma distância de 10mm entre as placas, apoiado por uma base de sustentação, parcialmente imersa na solução, com área efetiva de 660 cm², interligado a uma fonte de energia de corrente contínua, fornecendo tensão não faixa de 0 a 50V e intensidade de corrente na faixa de 0 a 10A (Fonte de Alimentação DC - Instrutherm - FA-1030). Foi empregado um agitador mecânico da marca FISATON, modelo 711, cod.450-1, 230V.

A densidade de corrente (j) foi fixada em 7,58 mA/cm², o que corresponde a valor de corrente (I) de 5A. Todos os ensaios foram realizados à temperatura ambiente (19 – 29 °C) e com tempo de eletrolise fixado em 120 minutos. Os valores de pH inicial utilizados foram 4,6 e 8 sendo o controle e obtenção desses valores alcançados com a adição de hidróxido de sódio (NaOH) e ácido sulfúrico (H₂SO₄). O reator de eletrocoagulação utilizado nos experimentos é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Reator de eletrocoagulação



Fonte: Autoria própria

As porcentagens de remoções (Y) serão definidas conforme Equação 1.

$$Y(\%) = \frac{C_i - C}{C_i} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

5.3 Determinações Analíticas

Todas as determinações dos parâmetros pH, cor, turbidez e DQO foram feitas em duplicata, utilizando os seus valores médios e foram aplicados os métodos estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

5.3.1 pH

O pH demonstra a acidez que o efluente irá apresentar e para os estudos realizados é de grande valia pois será um valor utilizado nos controles de corrosão. A determinação do pH foi realizada com a utilização de pHmetro e a metodologia empregada será segundo APHA, 2012.

Figura 4 – Modelo de pHmetro utilizado



Fonte: Autoria própria

5.3.2 Cor

Para que a cor seja determinada foi empregado o espectrofotômetro HACH modelo DR/2010 (figura 5), a leitura foi realizada de forma direta com comprimento de onda de 455nm (devido ao pigmento dominante no efluente) e seus resultados serão expressos em mg PtCo/L.

5.3.3 Turbidez

Este parâmetro é relacionado à presença de partículas no efluente, quanto mais partículas, maior será a nebulosidade presente. Com o auxílio do espectrofotômetro HACH modelo DR/2010 (figura 5), as leituras foram realizadas com comprimentos de onda de 620nm e seus resultados apresentados em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

5.3.4 DQO

A DQO foi realizada por meio de digestão e novamente com ajuda do espectrofotômetro HACH modelo DR/2010 e com uma quantificação fotométrica fixada em 600nm para que seja aferida sua leitura de forma direta.

Figura 5 – Modelo do espectrofotômetro utilizado



Fonte: A autoria própria

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Efluente Bruto

A tabela 2 apresenta os dados obtidos do efluente bruto utilizados para a realização dos experimentos.

Tabela 2 - Dados dos efluentes bruto utilizados nos experimentos

Amostras	Bruto - Alumínio				Bruto - Aço inox			
	DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	Cor Aparente (gPt-Co L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	pH inicial	DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	Cor Aparente (gPt-Co L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	pH inicial
1	173,545	290,000	79,500	4,000	409,603	157,000	78,900	4,000
1	182,645	290,000	66,500	4,000	409,603	157,000	78,900	4,000
2	136,431	340,000	76,100	6,000	335,524	136,000	15,200	6,000
2	97,944	340,000	63,100	6,000	335,524	136,000	15,200	6,000
3	130,144	310,000	65,500	8,000	454,050	121,000	58,300	8,000
3	171,292	580,000	102,000	8,000	454,050	121,000	58,300	8,000

Fonte: Autoria própria

O efluente bruto utilizado no eletrodo de alumínio foi coletado em época e locais diferentes do efluente empregado no eletrodo de aço inox, pois o estudo com cada eletrodo foi realizado em tempos diferentes sendo decidido a análise da eficiência posteriormente. Pode-se perceber que o efluente utilizado no alumínio apresentava valores baixos de taxas poluidoras como DQO, cor e turbidez quando comparados ao usado no eletrodo de aço inox, o equivalente a 37% do valor encontrado no efluente de aço inox.

6.2 Efluente tratado com eletrodo de alumínio

A tabela 3 apresenta o efluente com seu pH inicial e os dados obtidos após o tratamento, nos experimentos com os eletrodos de alumínio.

Tabela 3 - Dados obtidos após a realização do processo de EC com eletrodos de alumínio

Tratado				
pH inicial	DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	Cor Aparente (gPt-Co L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	PH final
4	40,259	11,000	2,000	7,220
4	24,787	0,000	4,000	7,640
6	24,393	0,000	4,000	8,150
6	28,730	0,000	3,960	7,500
8	27,246	130,000	17,000	7,200
8	45,292	210,000	18,000	8,640

Fonte: Autoria Própria

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, a tabela 4 mostra as porcentagens de remoção para os eletrodos de alumínio.

Tabela 4 - Porcentagens de remoção com eletrodos de alumínio

	Percentual de Redução %		
	pH 4	pH 6	pH 8
DQO	81,62%	76,39%	76,31%
Cor Aparente	98,10%	100,00%	60,93%
Turbidez	95,73%	94,23%	78,20%

Fonte: Autoria própria

Com os eletrodos de alumínio as melhores reduções de DQO e turbidez foram com pH 4 (o mais ácido entre os três em questão), DQO com remoção de aproximadamente 82% e turbidez em torno de 96% de acordo com a tabela 4. Kobya et. al. (2006) em seus estudos obteve resultados satisfatório em pH menores que 6, encontrando uma remoção de DQO entre 65 e 61% e para turbidez de 98%.

Merzouk et al. (2011) mostra em seus estudos um intervalo de pH entre 4,0 e 7,8 que apresenta uma melhor remoção de cor. Nos experimentos realizados foi visto uma ótima remoção de cor com pH de 6 que condiz com a literatura.

Com pH 8 a remoção de cor foi de apenas 60%, segundo Ritter (2016), esta menor eficiência da remoção de cor com pH mais altos pode estar relacionada a uma turbidez mais baixa em pH mais elevados e também durante a leitura no espectrofotômetro as partículas dissipadas e em suspensão podem ter sido detectadas e influenciado no resultado final.

6.3 Efluente tratado com eletrodo de aço inox

Os dados apresentados na tabela 5 e 6 são referentes aos resultados alcançados com eletrodos de aço inox

Tabela 5 - Dados obtidos após a realização do processo de EC com eletrodos de aço inox

Tratado				
pH inicial	DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	Cor Aparente (gPt-Co L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	PH final
4	236,752	23,000	2,000	9,120
4	231,813	31,000	3,000	9,730
6	147,857	27,000	11,000	8,200
6	113,287	19,000	13,000	7,400
8	147,857	12,000	5,130	9,810
8	122,176	14,000	6,170	9,960

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 - Porcentagens de remoção com eletrodos de aço inox

	Percentual de Redução %		
	pH 4	pH 6	pH 8
DQO	42,20%	61,08%	70,26%
Cor Aparente	85,35%	83,09%	89,26%
Turbidez	97,47%	78,26%	90,31%

Fonte: Autoria própria

Os pH's finais apresentaram uma considerável alta sendo o maior de 9,96. Arslan- Alaton et. al. (2009) em seus estudos com eletrodos de aço inox mostrou que para pH 3 e 5 o aumento foi mais rápido e em pH mais altos o crescimento mostrou-se mais devagar.

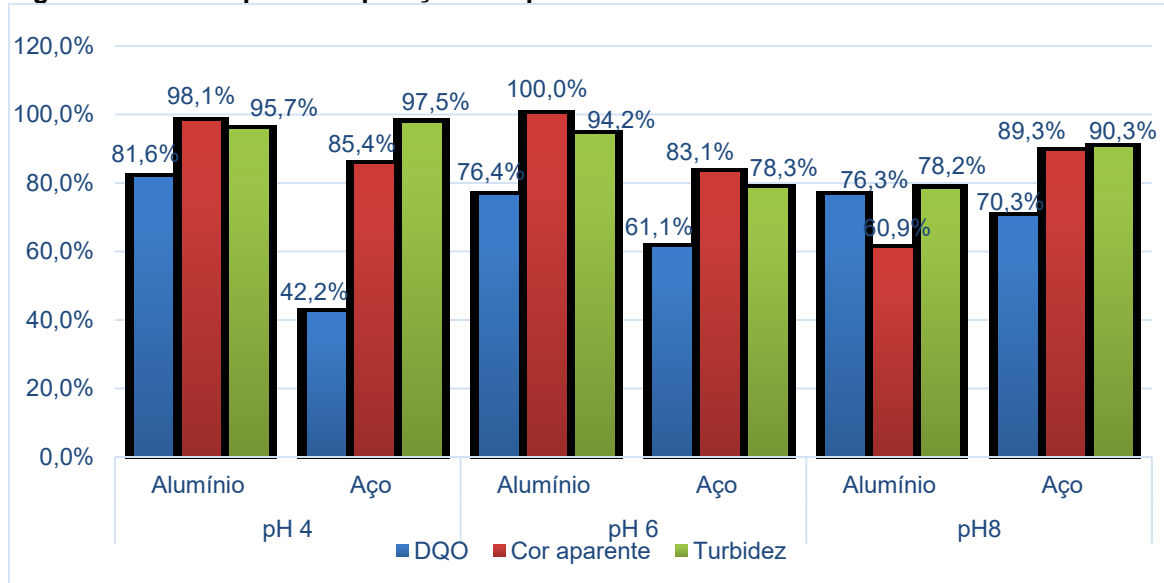
Com os eletrodos de aço inox as melhores reduções de DQO e cor aparente foram encontradas com um pH de 8, reduções essas de aproximadamente 70% e 90%.

Entre os três pH utilizados nos experimentos o que apresentou uma melhor redução em relação á turbidez foi o com pH de 4, com uma redução de cerca de 97%. Alexandre (2015) obteve um percentual de remoção em seus experimentos acima de 82%, sendo considerado resultados satisfatórios.

6.4 Comparação da eficiência entre os dois eletrodos

A figura 6 abaixo demonstra um gráfico feito para mostrar de maneira mais clara os resultados das comparações realizadas.

Figura 6 – Gráfico para comparação dos parâmetros estudados



Fonte: Autoria própria

Pode-se perceber que o eletrodo de alumínio foi mais eficiente na redução da DQO em relação ao eletrodo de aço inicial para todos os pH definidos inicialmente.

A descoloração do efluente com pH 4 obteve um bom resultado e alcançou 100% com o pH de 6 no eletrodo de alumínio, já no eletrodo de aço inox a descoloração foi melhor no pH mais alto.

A turbidez com pH iniciais de 4 e 6 também foram mais eficientes no eletrodo de alumínio. Uma eficácia maior foi encontrada no eletrodo de aço inox com pH 8.

7 CONCLUSÃO

Realizado o estudo pode-se verificar que os efluentes apresentavam cargas poluidoras consideravelmente distintas, pois suas coletas foram realizadas em locais e épocas distintas. O efluente utilizado nos experimentos com eletrodos de alumínio mostrava uma carga poluidora menor que o empregado nos eletrodos de aço inox.

A respeito dos eletrodos de alumínio viu-se que eles são extremamente eficientes na remoção de cor aparente atingindo uma taxa de redução de 100%. Relacionado ao pH, o pH final mostrou uma convergência entre 8 e 9 nos estudos com os eletrodos de alumínio.

Para a remoção da turbidez ambos os eletrodos foram eficientes, mas nos eletrodos de aço inox notou-se uma melhora nos resultados com um pH inicial próximo da faixa neutra, pois a remoção de turbidez e cor aparente foram melhores quando comparadas com os resultados encontrados nos eletrodos de alumínio.

Pode-se ver que relacionado as legislações ambientais, o efluente tratado com os eletrodos de alumínio alcançaram os devidos padrões para o lançamento em corpos receptores, tendo um pH final entre 5 e 9 e valores de DQO dentro do previsto. O mesmo não aconteceu nos eletrodos de aço inox que em alguns experimentos tiveram um pH final superior a 9.

Uma sugestão para um próximo estudo seria a realização desta mesma análise com efluentes coletados no mesmo local e nas mesmas condições operacionais.

REFERÊNCIAS

- ABIT (2006). **Perfil do Setor**. Disponível em: <<http://www.abit.org.br>>. Acesso em 25 out 2017.
- ALCÂNTARA, M.R.; DALTIM, D. A Química do processamento têxtil. **Química Nova**. 1996:19(3); 320-30.
- ALEXANDRE, Jéssica Elen Costa. **Estudo da tecnologia de eletrocoagulação aplicada ao tratamento de efluente têxtil utilizando corrente contínua pulsada**. 2015. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. 2015
- ARSLAN-ALATON, I.; KABDASLI, B.; VARDAR, O. TÜNAY. Electrocoagulation of simulated reactive dyebath effluent with aluminum and stainless steel electrodes. **Journal of Hazardous Materials**. v.164, p.1586–1594, 2009.
- AZEVEDO, Gustavo Henrique Wanderley de. **A Indústria têxtil brasileira: desempenho, ameaças e oportunidades**. 1997. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPEEAD.
- BAPTISTA, Elza Hirata. **A Imagética rural na estrutura do design têxtil**. 2004. Monografia (Especialização em Design de Estamparia). Universidade Federal de Santa Maria – RS – Brasil. 2004.
- BASTIAN, ELZA Y. ONISHI; ROCCO, JORGE LUIZ SILVA, colaboração EDUARDO SAN MARTIN ... [et al.]. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**; São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL, 2009.
- BAYRAMOGLU, M.; KOBYA, M.; EYVAZ, M.; SENTURK, E. Technical and economic analysis of electrocoagulation for the treatment of poultry slaughterhouse wastewater. **Separation and Purification Technology**, v. 51, p. 404 - 408, 2006.
- BELTRAME, Leocádia T C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. 2000. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2000
- BRAILE, P. M. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: CETESB, 1979.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, 08 jan. 1997
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA). **Apresentação**. Disponível em: <<http://www.cema.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=11>>. Acesso em: 05 de Maio de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA). Resolução nº 070, de 01 de Outubro de 2009. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para Empreendimentos Industriais.** 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 04 nov 2017

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº. 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 16 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 04 nov 2011.

CERQUEIRA, A. **Aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes têxteis.** Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado), R J, 2006.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater Treatment. **Separation and Purification Technology.** v.38, p.11–41, out. 2004.

CRESPILHO, Frank N.; SANTANA, Claudemir. G.; REZENDE, Maria O. Tratamento de efluentes da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação, V. 27, n. 3, p. 387-392, 2004 **Quim. Nova**, São Carlos.

DANESHVAR, N; SORKHABI, H. Ashassi; KASIRI, M.B.; Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. **Journal of Hazardous Materials.** V. 112, 1–2 edição, 9 August 2004, 55-62. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.03.021>>. Acesso em: 03 nov 2017.

EMAMJOMEH, Mohammad. M; SIVAKUMAR; Muttucumar. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. **Journal of Environmental Management.** V. 90, 5ª edição, Abr 2009, 1663-1679. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.011>>. Acesso: em 02 nov 2017.

FIEMG (2014). **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil.** Disponível em <<http://www7.fiemg.com.br/fiemg/produto/producao-mais-limpa>>. Acesso em: 26 out 2017.

FIGUEIREDO, Mariele; SANTOS, Eliane Pereira dos; SCHMACHTENBERG, Natana. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET.** V. 18 n. 1 Abr

2014, p. 79-91. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117010662>>. Acesso em: 02 nov 2017.

FREIRE, Renato Sanches et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Quím. Nova**. 2000, vol.23, n.4, pp.504-511. ISSN 0100-4042. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422000000400013>>. Acesso em 02 nov 2017.

FUJITA, Renata Mayumi Lopes; JORENTE, Maria José. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **ModaPalavra** vol.8, n.15, jan./jul.2015.

GILL, Itamar. **Tratamento de Efluentes por Eletrólise: Estudo de Caso para Efluentes**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

HENRIQUES, Danielle, M. **Degradação de nonilfenol polietoxilado e de efluente têxtil por meio de eletrocoagulação e processos fenton**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

HOLT, Peter; BARTON, Geoffrey; MITCHELL, Cynthia. Electrocoagulation as a wastewater treatment. **The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event**. 23-26 november castlemaine, Victoria 1999.

KHANDEGAR, V.; SAROHA, A. K. Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluente – A review. **Journal of Environmental Management**, 128, p. 949-963, 2013.

KOBYA, Mehmet; CAN, Orhan Taner; BAYRAMOGLU, Mahmut. Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. **Journal of Hazardous Materials**. V. 100, 1–3 edition, 27 June 2003,163-178.

KUNZ, Airton. Remediação de efluente têxtil: combinação entre químico (ozônio) e biológico (P. chrysosporium); Airton Kunz – Campinas: [s.n],1999.

KUNZ, Airton; ZAMORA, Patrício P.; Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**. v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LOPES, Cristiane Nunes. **Remoção de cor de efluentes têxteis através do processo de nanofiltração**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFSC. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/>>. Acesso em: 25 agos 2017.

MERZOUK, B.; GOURICH, B.; MADANI, K.; VIAL, C.; SEKKI, A. Removal of a disperse red dye from synthetic wastewater by chemical coagulation and continuous electrocoagulation. A comparative study. **Desalination**. Volume 272, p. 246-253, 2011.

MICKOVA, Irena. Advanced Electrochemical Technologies in Wastewater Treatment. Part II: Electro-Flocculation and ElectroFlotation. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences**. Volume 14, N° 2, pp 273-294.

MOLLAH, M. Yousuf A.; SCHENNACH, Robert; PARGA, Jose R.; COCKE, David L. Electrocoagulation (EC) — science and applications. **Journal of Hazardous Materials**. V. 84, Edição 1, 1 junho 2001, 29-41.

MOLLAH, M. Y. A., MORKOSVSKY, P., GOMES, J. A. G., KESMEZ, M., PARGA, J., COCKE, D. L. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials**. V. 114, 1–3 edição, 18 Out 2004, 199-210.

PALÁCIO, Soraya Moreno et al. TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CROMAGEM POR ELETROCOAGULAÇÃO COM ELETRODO DE AÇO INOXIDÁVEL E ELETRODO MISTO DE AÇO INOXIDÁVEL E ALUMÍNIO. **Engevista**, [S.l.], v. 15, n. 3, fev. 2013. ISSN 2317-6717.

PEREIRA, Aline Figueiredo Soares **Aplicação da eletroflotação no tratamento de efluente na indústria**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Campinas. 2007

RITTER, Magali Teresinha. **Influência do pH no processo de Eletrocoagulação aplicado a efluentes têxteis tratados biologicamente**. 2016. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina. 2016

ROBINSON, T.; MCMULLAN, G.; MARCHNT, R.; NIZAM, P. Remediation of Dyes in textile effluent: a Critical Review on Current Treatment Tecnologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, vol. 77, p. 247-255, 2000.

SILVA, Ana Cristina Lourenço da; WILL, Isabela Bellot de Souza; FILHO, Olavo Barbosa. Remoção de DQO e de cor através do tratamento eletrolítico. XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2000

SINGH, Ajay K; CHAUDHARYB, Vipin; SHARMAC, A. Electrochemical Studies of Stainless Steel Corrosion in Peroxide Solutions. **Portugaliae Electrochimica Acta** 2012, 30(2), 99-109.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva. **Caracterização físico-química, ecotoxicológica e avaliação de impacto ambiental de efluentes líquidos provenientes de indústria têxtil/malhas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2003.

STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Washington, DC: American Public Health Association, 2012. 1 v. (várias paginações).

THAKUR, Sandeep; CHAUHAN, M.S. Electro-Coagulation integrated with Advance Oxidation Processes: Technical Review on Treatment of Industrial Wastewater. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**. Vol. 5, Issue 6, June 2016.