



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

NILSON MATEUS GALVÃO FARIA

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETRO-FLOCULAÇÃO NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES**

**Assis/SP
2020**



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

NILSON MATEUS GALVÃO FARIA

**APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETRO-FLOCULAÇÃO NO
TRATAMENTO DE EFLUENTES**

Trabalho de pesquisa apresentado ao curso de Bacharel em Química Industrial e Licenciatura em Química do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

Orientando(a): Nilson Mateus Galvão Faria

Orientador(a): Gilcelene Bruzon

**Assis/SP
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA

F224a FARIA, Nilson Mateus Galvão

Aplicação da técnica de eletro-floculação no tratamento de efluentes / Nilson Mateus Galvão Faria. – Assis, 2020.

52p.

Trabalho de conclusão do curso (Química Industrial). – Fundação Educacional do Município de Assis-FEMA

Orientadora: Me. Gilcelene Bruzon

1.Eletro-floculação 2.Descontaminação-efluentes

CDD544.9

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE ELETRO-FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

NILSON MATEUS GALVÃO FARIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Municipal de Ensino
Superior de Assis, como requisito do Curso
de Graduação, avaliado pela seguinte
comissão examinadora:

Orientador: _____ Ms. Gilcelene Bruzon

Examinador: _____ Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho de conclusão primeiramente a Deus que sempre me permitiu sentir a sua majestosa presença ao meu lado, o que me tornou capaz de realizar tudo que fiz até hoje. Mesmo quando duvidei, Ele me permitiu alcançar os objetivos para demonstrar que nada é impossível para aquele que crê. Que esse trabalho sirva como algo para engrandecer o nome Santo de nosso senhor ao invés do meu.

Dedico esse trabalho aos meus professores que sempre me apoiaram e exercendo sua função de maneira sublime, me inspiraram a seguir essa profissão a qual é responsável por criar todas as outras.

Dedico também esse trabalho a todas as pessoas que duvidaram ou que desejaram que eu não obtivesse tal formação, provando mais uma vez que para Deus nada é impossível.

E por último dedico esse trabalho aos meus familiares, aos meus amigos e a todos que me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pois ele permitiu-me chegar até aqui, me deu forças quando tudo parecia muito difícil e provou mais uma vez para mim que nada é impossível.

Especialmente aos meus pais, avós e minha irmã pelo amor e apoio depositados em mim.

Aos professores da faculdade que me orientaram sempre que existisse alguma dúvida e me auxiliaram no que podiam em todos os momentos, agindo também como amigos.

Com muito carinho aos meus amigos de longa data e as novas amizades que também já fazem parte de minha vida, pelos momentos divertidos que vivemos até aqui, pelas conversas e conhecimentos que trocamos e também pelo apoio recebido em diversos momentos.

Agradeço também a FEMA pelos incentivos e oportunidades para com os alunos.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.” - Cora Coralina

RESUMO

Quando falamos a respeito do meio ambiente, logo lembramos do protagonismo da água. Todos esperam que ela permaneça nos sustentando e acima de tudo permaneça potável. Apesar disso vemos diariamente que a contaminação de rios, mares, lagos e outros corpos hídricos tem aumentado, o que acompanha a velocidade de desenvolvimento dos centros urbanos e da expansão e utilização de indústrias. O presente trabalho teve como objetivo analisar a eficiência do processo de eletro-floculação como substituto de baixo custo para o processo de floculação com reagentes químicos realizado em empresas de tratamento de efluentes. Os testes foram realizados com um experimento simples e que pode ser executado em qualquer ambiente, contendo materiais de fácil acesso e sobre análises qualitativas e quantitativas. Primeiro foi elaborado um equipamento para se realizar o processo de eletro-floculação em uma pequena quantidade de água retirada de um rio na região de Maracaí, SP, com materiais caseiros e desenvolvido somente para esse fim. Após isso, foram coletadas amostras de água bruta e de água processada por esse experimento e levadas para análises de parâmetros quantitativos no laboratório da FEMA, localizada na cidade de Assis, SP. Nessa etapa, o objetivo buscado foi a análise perante somente ao tratamento pela eletro-floculação. Visto que a água do rio analisada continha uma quantidade mínima de poluição visual, foi realizado outro experimento, para fins demonstrativos e análises puramente qualitativas com uma solução de água já tratada e corante alimentício, que permaneceu em maior tempo sobre o processo de decantação. Essa parte qualitativa apresentou os resultados esperados. Conclui-se que essa metodologia é eficiente em comparação com o tratamento de floculação por adição de agentes químicos, mas deve ser utilizada em conjunto com outras técnicas de tratamento para atingir a potabilidade desejada.

Palavras-chave: 1.Eletro-floculação 2.Descontaminação-efluentes

ABSTRACT

When we talk about the environment, we immediately remember the role of water. Everyone expects it to remain supporting us and above all to remain drinkable. Despite this, we see daily that the contamination of rivers, seas, lakes and other water bodies has increased, which accompanies the speed of development of urban centers and the expansion and use of industries. This work aims to analyze the efficiency of the electro-flocculation process as a low-cost substitute for the flocculation process with chemical reagents carried out in wastewater treatment companies. The tests were performed with a simple experiment that can be performed in any environment, containing materials that are easily accessible and on qualitative and quantitative analyzes. First, equipment was developed to carry out the electro-flocculation process in a small amount of water taken from a river in the region of Maracaí, SP, using homemade materials and developed only for this purpose. After that, samples of raw water and water processed by this experiment were collected and taken for analysis of quantitative parameters in the laboratory of FEMA, located in the city of Assis, SP. At this stage, the objective sought was the analysis before the treatment by electro-flocculation. Since the analyzed river water contained a minimal amount of visual pollution, another experiment was carried out, for demonstrative purposes and purely qualitative analyzes with a solution of already treated water and food coloring, which remained on the decanting process for a longer time. This qualitative part presented the expected results. It is concluded that this methodology is efficient in comparison with the treatment of flocculation by adding chemical agents, but it must be used in conjunction with other treatment techniques to achieve the desired potability.

Key words: 1.Electro-flocculation 2.Decontamination-effluents

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Processo de Eletro-floculação.....	27
Figura 2. Pregos ligados a bateria através de um fio de cobre.....	34
Figura 3. Água do rio sem sal/ com sal.....	35
Figura 4. Experiência montada.....	35
Figura 5. Presença de bolhas de Hidrogênio no cátodo.....	36
Figura 6. 6 horas passadas desde o início do processo.....	36
Figura 7. 12 horas passadas desde o início do processo.....	37
Figura 8. Amostras filtradas 1 vez cada.....	37
Figura 9. Laboratório de análise da FEMA/IMESA.....	38
Figura 10. Soluções de corante com água.....	38
Figura 11. Quantidade de sal colocada em cada copo.....	39
Figura 12. Formação de bolhas de Hidrogênio no cátodo e íons metálicos no anodo.....	39
Figura 13. Diminuição na quantidade de Hidrogênio na região catódica e sedimentação de íons metálicos e impurezas (corantes) na região anódica e no fundo.....	40
Figura 14. Estabilidade e aparente finalização do processo de eletro-floculação.....	40
Figura 15. 1º Filtração da solução com corante.....	41
Figura 16. Soluções com impurezas suspensas após a 1º filtração.....	41
Figura 17. 2º e posteriores filtrações da solução com corante.....	42
Figura 18. Resultado final do processo de eletro-floculação, decantação e filtração.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela comparativa dos valores verificados após análise quantitativa em laboratório.....	45
----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU - Organização das Nações Unidas

GESAMP - Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection

ICES - International Council for the Exploration of the Sea.

CCP – Composite Correction Program

DEP – Department of Environmental Protection

FPPE – Filter Plant Performance Evaluation

ETA – Estação de Tratamento de Água

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. POLUIÇÃO DOS EFLUENTES.....	16
2.1. Caracterização da poluição.....	17
2.2. Poluição no Brasil.....	19
2.3. Necessidade de Reuso.....	19
3. TRATAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS.....	21
3.1. Turbidez.....	21
3.2. Processos para otimização de tratamento de água	22
3.3. Tratamento de água no Brasil.....	23
4. ELETRO-FLOCULAÇÃO	26
5. ELETROQUÍMICA NO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO	28
5.1. ELABORAÇÃO DOS ELETRODOS DAS CÉLULAS GALVÂNICAS.....	29
5.2. PREPARO DAS SOLUÇÕES	29
5.3. ELABORAÇÃO DA PONTE SALINA	30
5.4. ELABORAÇÃO DAS CÉLULAS ELETROLÍTICAS	30
5.5. ELABORAÇÃO DO MEDIDOR DE CONDUTÂNCIA	30
5.6. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	31
6. MATERIAIS E MÉTODOS	33
6.1. Materiais.....	33
6.2. Método	34
6.2.1. Tratamento de água do rio com eletro-floculação para análises quantitativas.....	34
6.2.2. Tratamento de solução com corantes alimentícios através do processo de eletro-floculação, decantação e filtração para análise visual e demonstrativa	38
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
9. REFERÊNCIAS	49

1. INTRODUÇÃO

Em se tratando de assuntos relacionados ao meio ambiente, logo percebemos o protagonismo da água, vendo como todos estão torcendo para que ela permaneça nos sustentando e acima de tudo permaneça potável. Infelizmente não vemos essa situação muito frequentemente no dia a dia, vendo que a degradação de rios, mares, lagos e outros corpos hídricos tem aumentado constantemente, acompanhando o desenvolvimento dos centros urbanos e da crescente expansão e utilização de indústrias no meio rural (CERQUEIRA, 2006).

De acordo com as pesquisas realizadas pela ONU, em se tratando da área global, “80% das águas residuais não são recolhidas nem tratadas e vão direto para outros corpos de água ou se infiltram no solo, gerando problemas de saúde à população e deteriorando o meio ambiente” (A ONU E A ÁGUA apud LUIZ; BELAN, 2014).

A população mundial ultrapassa os 6 bilhões de pessoas. No Brasil, atualmente se encontra uma população de aproximadamente 174 milhões de habitantes, onde se tratando de resíduos sólidos urbanos, a situação é preocupante. Cerca de 242 mil toneladas desses resíduos são diariamente produzidos. A produção *per capita* de resíduos domésticos nas áreas urbanas, no país, gira em torno de 0,5 kg a 1,0 kg por dia, dependendo do tamanho e nível industrial-econômico da cidade (OLIVEIRA, PASCAL apud IPT, 2004).

A atividade humana, exercendo ou não funções industriais, gera cotidianamente uma grande quantidade de resíduos. Corantes, óleos, graxas, entre outros, levam a muitos problemas para o meio ambiente, sendo que uma grande parte da contaminação pode se dar à refinaria de petróleo, indústrias químicas, têxteis, farmacêuticas, agricultura, esgotos sanitários e resíduos domésticos (NETO et al, 2011).

Nos dias atuais existem uma grande variedade de métodos físicos, químicos e biológicos disponíveis para o tratamento de águas que contém resíduos, gerados

por muitos tipos de atividade humana. Esses tratamentos tem como objetivo realizar transferência de fase do material de interesse presente no efluente e possivelmente transformar substâncias caracterizadas por seu alto grau de toxicidade em compostos inertes ou menos agressivos ao ambiente. Os métodos biológicos são mais utilizados para a remoção de resíduos, vindo que tem baixo custo, mas sua cinética de degradação é lenta e tem sua ação limitada a compostos de baixa toxicidade e a baixas concentrações de contaminantes. Os métodos eletroquímicos, como a floculação ou a eletro-floculação, são apresentados como uma alternativa para realizar a oxidação e não apenas a transferência de fase do material de interesse. Estudos indicam que elevada eficiência de degradação pode ser alcançada com estas técnicas (NETO et al, 2011).

A eletro-floculação é um processo que se utiliza da geração de coagulantes “in situ” pela dissolução de íons ferro e/ou alumínio a partir, respectivamente, de eletrodos de ferro e alumínio pela ação da corrente elétrica aplicada a esses eletrodos. A geração de íons metálicos ocorre no anodo, enquanto o gás hidrogênio surge no catodo (CERQUEIRA, 2006)

A medida utilizada nesse trabalho está voltada para analisar a eficiência de purificação de efluentes, realizada através da técnica indicada. Se mostra como alternativa eficiente para reduzir os níveis de cor e turbidez de determinado corpo hídrico a padrões aceitáveis, quando utilizada em conjunto com outras técnicas de purificação de efluentes como a decantação e filtração.

A justificativa deste trabalho se encontra no fato de que: a expansão das indústrias e de meios poluentes está cada vez mais vasta, fazendo com que corpos hídricos e terrestres, nos quais são depositados essa poluição, se encontrem cada vez mais contaminados e com o tempo menos propícios a manter a fauna local, o que por sua vez irá acarretar inúmeros prejuízos ao meio ambiente.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica do processo de eletro-floculação, na análise qualitativa e quantitativa de corpos hídricos contaminados ou poluídos, como um substituto de baixo custo para realização do mesmo processo utilizado em empresas de tratamento de efluentes, ao mesmo tempo comparando-se com os resultados apresentados na literatura.

2. POLUIÇÃO DOS EFLUENTES

A utilização de corpos hídricos para uso próprio e comunitário é indispensável para a raça humana alcançando ações como: irrigação, navegação, agricultura, entre outros. Em contraponto, como o desenvolvimento industrial se encontra em um período de grande consumo de combustível fóssil devido aos avanços tecnológicos referentes ao século passado até o início desse, percebe-se que a poluição da natureza ao redor também evoluiu, devastando grandes quantidades de solo e de água como parte da flora e de espécies animais como parte da fauna.

Corpos Hídricos comumente sofrem degradação da fauna e da flora presentes devido ao contato excessivo com meios poluentes, refletindo nos usos de solos localizados próximos (TUNDISI e SHASKRABA apud DELLAMATRICE e MONTEIRO).

“Podemos estar atentos como humanos corretos para com a natureza em certo local, mas não podemos responder por atos cometidos em lugares distantes, aos quais são refletidos na área em que estamos localizados”. Analisando esse raciocínio, nos questionamos se realmente um corpo natural que se situa próximo a nós está ou não poluído, imaginando que, mesmo se evitarmos a contaminação de corpos hídricos ao nosso redor, sem o auxílio de aparelhos avançados de análises, não conseguimos afirmar com certeza que os mesmos se encontram livre de poluição, já que esta pode ser originárias de uma região distante, sem alteração visual.

Existe uma notável diferença a ser considerada em se tratando de poluição e contaminação. Poluição é uma alteração ecológica provocada pelo ser humano, que prejudica, direta ou indiretamente, sua vida ou seu bem-estar, trazendo danos aos recursos naturais e impedindo atividades econômicas. Contaminação é a presença, em um ambiente, de seres patogênicos ou substâncias em concentrações nocivas ao ser humano, no entanto, se não resultar em uma alteração das relações ecológicas, a contaminação não é uma forma de poluição.

A água é considerada poluída quando tem sua composição alterada, fazendo com que ela se torne imprópria para diversas utilizações em estado natural (Freitas, 1997).

Os ecossistemas aquáticos de rios possuem grande variação em seu tamanho, onde podem ser incluídos pequenos a grandes rios, variação no regime de vazão e geomorfologia do canal, entre outras, características do habitat. Em razão da intercomunicação que um sistema hídrico tem com outro, qualquer contaminante em ambiente aquático poderia derivar de contaminação distante das áreas em que foram originalmente aplicados (VEIGA et al., 2006). Além disto, o sedimento é constantemente lavado, reduzindo a concentração neste compartimento e contaminando a coluna de água (BELLUTA et al., 2010).

2.1. Caracterização da poluição

Uma das primeiras, ou talvez a mais importante dificuldade que surge, é de localizar e definir o poluente. A maioria das pessoas já ouviu falar de poluição e sabe que se trata de algo ruim. Porém se não houver uma análise científica sobre o tema, nunca poderíamos tornar esse significado consistente. Certas perguntas como “De que forma a poluição é ruim?”, “quão ruim é a poluição” ou “para quem a poluição é ruim?”, precisam ter uma resposta direta para serem sanadas. Para isso devem ser considerados diversos fatores:

- O tipo de materiais que são lançados nos ecossistemas, ou que atingem esses ecossistemas de qualquer outra forma, por meio da atividade humana;
- O efeito que essas adições tem sobre a fauna e a flora naturalmente presente nos ecossistemas;
- As implicações desses efeitos na saúde humana, nos recursos alimentares, nos interesses comerciais, amenidades, conservação da vida selvagem ou dos ecossistemas em geral;
- O que será feito, o que pode ser feito ou que deverá fazer para diminuir ou eliminar os efeitos indesejáveis ou delatários destas adições ao ecossistema;

- As consequências de não liberar esse material em um certo ecossistema e as alternativas subsequente, melhores ou piores do que a situação presente.

Somente quando respondido a cada um desses fatores, que se pode ter uma ideia mais lúcida sobre os malefícios da poluição. Contudo ainda permanece uma questão pertinente, “o que é poluição”.

Diversas substâncias encontradas em um ecossistema aquático são derivadas de atividades humanas e não aparecem naturalmente no meio ambiente. Apesar disso, também deve ser considerado que várias substâncias tóxicas ou prejudiciais existem naturalmente nos rios e oceanos. Impõe-se então a questão de saber se todos os materiais, sendo eles naturais ou derivados de atividades humanas, devem ser considerados poluidores. Outra questão que também deve ser averiguada é saber se deve ser considerada poluição a inserção de produtos de atividades originadas dos humanos mesmo quando a presença desses mesmos produtos também é originada de processos naturais, até mesmo em maior quantidade.

A recomendação feita pela GESAMP (United Nations Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) e pelo ICES (International Commission for the Exploration of the Sea) é de que deve ser feita uma diferenciação entre poluição e contaminação. De acordo com esses órgãos, “contaminação é definida como a presença de concentrações elevadas de substâncias na água, nos sedimentos ou nos organismos, isto é, concentrações que estão acima do nível base para uma dada área e um dado organismo”. Poluição deverá ser definida como “a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energia no meio ambiente marinho, resultando em efeitos nocivos que prejudiquem os recursos vivos, que sejam um perigo para a raça humana, se tornem um obstáculo para atividades marítimas, incluindo pesca, diminuindo a qualidade de água do mar para ser utilizada e reduzam a instalação da água do mar para amenidades”.

Explicado as definições acima utilizando palavras distintas e mais resumidas, podemos entender que: a contaminação apresenta-nos um sinal de aviso, mas

não constitui poluição, a menos que primeiramente seja causada pela raça humana e segundo, tenha efeitos nocivos (CARAPETO, 1999)

2.2. Poluição no Brasil

Alguns dos contaminantes mais comuns do Brasil são os pesticidas, relacionados a produção agrícola do país. Desde que começou a se desenvolver, a produção agrícola está diretamente relacionada com a aplicações de diversos pesticidas para poder reduzir e controlar o número de pragas que atacam as plantações e prejudicam as colheitas. Os pesticidas muitas vezes são tóxicos, sendo também cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e mimetizadores de hormônios.

Um terço aproximadamente de todos os compostos orgânicos produzidos, é destinado ao meio ambiente, estando incluso a água.

Desde a década de 70 o Brasil é um dos maiores produtores de pesticidas do mundo. Porém, a nossa única indicação dessa informação se deve a aplicação dos pesticidas no Brasil em linha comercial, destacando-se a grande utilização de herbicidas. As culturas que geram este elevado consumo são principalmente soja, cana-de-açúcar, milho e arroz. O estado do Rio Grande do Sul (RS) retém cerca de 20% de utilização de pesticidas utilizados no país (PRIMEL *et al.*, 2005).

2.3. Necessidade de Reuso

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água se tornou um fator de extrema importância que tende a limitar a qualidade de vida das pessoas, o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola da região referida. Planejadores e responsáveis pela gestão de recursos hídricos, procuram comumente novas fontes de recursos para auxiliar e complementar a pequena quantidade desse recurso disponível. Nas áreas de secas referentes ao nordeste do nosso país a dimensão do problema é ressaltada por uma aspiração à transposição do rio São Francisco, com o objetivo de que ocorra o atendimento da demanda dos Estados

não riparianos, da região semi-árida, situados a norte e a leste de sua bacia de drenagem. Muitos países do oriente médio, em que a precipitação média oscila entre 100 e 200 mm por ano, dependem de poucos rios perenes e pequenos reservatórios de águas subterrâneas, geralmente localizados em regiões montanhosas, de difícil acesso (HESPANHOL, 2002).

3. TRATAMENTO DE CORPOS HÍDRICOS

Os métodos de tratamento de água utilizados para possibilitar o consumo humano, como um dos fatores mais importantes do saneamento básico, apresenta há alguns anos duas faces importantes que devem ser consideradas. De um lado temos padrões de potabilidade que se tornam cada vez mais restritos, em termo de aumento do número de parâmetros e dos limites referentes aos mesmos. De outro lado temos a deterioração das características das águas naturais por poluição pontual e difusa decorrente, principalmente das atividades antrópicas.

3.1. Turbidez

Apesar das limitações pertinentes, a turbidez permanece sendo um parâmetro importante e um dos mais utilizados no Brasil e no exterior no controle do processo de tratamento. Funciona bem como um relativo indicador de performance do tratamento e como um indicador, falando a grosseiro modo, da qualidade da água (LOPES; LIBÂNIO, 2005).

Limites mais restritivos à turbidez de água filtrada se basearam, primeiramente, na maior eficiência do processo de cloração como contrapartida para a atividade dos micro-organismos e, em segundo, na perspectiva de cuidar para que ocorra a remoção de cistos e oocistos de protozoários. Neste ultimo quesito, há uma variedade de trabalhos que orientam para uma maior remoção desses patogênicos que se encontra associada a produção de água potável com turbidez inferior a 0,1 uT. Como exemplo pode ser mencionada a pesquisa realizada utilizando-se filtros em escala-piloto e real, como filtração direta ao tratamento convencional, monitorados durante dois anos. Demonstrou-se remoção mais consistente de *Giardia* e *Crypto* alcançada com produção de água com baixa turbidez (0,1 a 0,2 uT), embora com coeficiente de determinação não elevado ($r^2 = 0,64$). Quando o desempenho da estação variava com as flutuações de turbidez da água bruta, uma alta variabilidade na concentração de

cistos era observada no efluente coletado (Nieminski e Ongerth, 1995, apud LeChevalier e AK, 2004).

3.2. Processos para otimização de tratamento de água

Em 1988 teve início, nos Estados Unidos e Canadá, o desenvolvimento de um novo método de otimização de estações de tratamento de água em relação a proteção contra patógenos. O CCP (Composite Correction Program) permitia que estações utilizassem efetivamente seus processos e operações unitárias, aumentando a eficiência de proteção contra micro-organismos. Alguns objetivos foram estabelecidos para poder ser definida a performance ótima para a decantação, filtração e desinfecção. O efluente de cada decantador deveria atingir turbidez máxima de 0,2 uT e dos filtros 0,1 uT, sendo tolerado um pico, após a lavagem da unidade filtrante, de até 0,3 uT por no máximo 15 minutos (USEPA, 1998).

Em 1984 o DEP (Department of Environmental Protection) do estado da Pennsylvania, visando assegurar a qualidade da água distribuída, deu início a implantação do programa FPPE (Filter Plant Performance Evaluation), que tinha como objetivo, determinar a efetividade da estação em remover partículas da mesma faixa de tamanho dos cistos e oocistos de protozoários. Em 85 das 290 estações avaliadas até 1996, a equipe de avaliação do DEP utilizaram turbidímetros e contadores de partículas conectados a um ponto de amostragem no filtro dos efluentes. Foram então armazenados os dados em um computador portátil pelo período de 24 horas, o que permitiu traçar o perfil de turbidez e contagem de partículas dessas estações. Em 1988 mais de 60% dos dados das estações, indicavam que estas produziam água filtrada com turbidez maior que 0,2 uT, em 1996 este valor foi reduzido para somente 4% (LOPES; LIBÂNIO, 2005).

3.3. Tratamento de água no Brasil

A ocupação da população e seu aumento extremamente rápido e desordenado são refletidos em graves crises de abastecimento de água. Podendo citar como exemplo a região metropolitana de São Paulo, que apresenta disponibilidade de água de 200 metros cúbicos por habitantes por ano, e a cidade de Piracicaba, interior do estado de São Paulo, apresenta 400 metros cúbicos de água por habitante por ano, índices muito abaixo dos internacionalmente recomendados: 1.500 metros cúbicos de água por habitante por ano (BERTOCINI, 2008).

No Brasil existem aproximadamente 7.500 estações de tratamento de água (ETAs) projetadas, na maioria, contendo ciclo completo, incluindo assim: coagulação, floculação, decantação (ou flotação), filtração, fluoretação, cloração e correção de pH.

3.3.1. Coagulação

A Coagulação da água bruta normalmente é realizada com um sal de alumínio ou de ferro no mecanismo da varredura, onde ocorre formação predominante de precipitados do metal do coagulante, que aprisionam as impurezas. Esse processo acontece em uma unidade de mistura rápida, podendo ser hidráulica ou mecanizada, o que irá depender diretamente da vazão a ser tratada, da variação da qualidade da água bruta e, principalmente, das condições disponíveis para operação e manutenção.

3.3.2. Floculação

Na floculação, a água coagulada é submetida a agitação lenta por um período de tempo até que os flocos alcancem tamanho e massa específica suficientes para que possam ser removidos por sedimentação nos decantadores ou por

flotação nos flotores. Este processo pode ser feito em unidades mecanizadas ou hidráulicas. A necessidade da variação da intensidade de agitação, feita em função da qualidade da água bruta, indica a adoção de medidas mecanizadas. Entretanto, sempre que possível, deve-se empregar a floculação hidráulica (DI BERNARDO E DANTAS, 2005)

3.3.3. Decantação

A decantação pode ser realizada em decantadores convencionais ou de alta taxa; os primeiros são grandes tanques de escoamento horizontal ou vertical, enquanto que nos últimos, são empregados módulos de plástico ou placas planas paralelas.

3.3.4. Filtração

A água clarificada, após a passagem pelos decantadores ou flotores é finalmente filtrada em unidades com escoamento descendente, contendo materiais granulares com granulometria apropriada, geralmente areia ou antracito e areia. Dependendo da vazão da água a ser tratada e do número de filtros, deve-se escolher a filtração com taxa declinante variável, evitando o uso de equipamentos de controle de nível ou de taxa. A lavagem do meio filtrante é comumente realizada com água ou com ar e água.

Antes de ser mandada para o abastecimento público, a água filtrada passa pelos processos de fluoreação, cloração e correção de pH de acordo com as recomendações apresentadas pela Portaria 2914 do Ministério de Saúde (BRASIL, 2011).

Esse sistema muito comum em nosso dia a dia, gera resíduos, principalmente nos decantadores e filtros, por possuírem morfologia irregular, o que indica que suas estruturas são complexas e, em grande parte das vezes, apresentam características reológicas de fluido não newtoniano e ampla distribuição do

tamanho das partículas, sendo essas, de difícil manejo e disposição(ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013).

4. ELETRO-FLOCULAÇÃO

Nas estações de tratamento de água convencionais uma das técnicas mais utilizadas no processo de descontaminação e purificação é a floculação. Nessa etapa do tratamento as impurezas dispersas são aglomeradas para formarem flocos maiores, facilitando a retirada de partículas indesejáveis. No entanto para alguns tipos de materiais encontrados nos resíduos, este método se torna menos eficiente ou completamente ineficiente, podendo ser substituído pela eletro-floculação.

O processo da eletro-floculação, que também é nomeado como eletrocoagulação ou eletro-flotação se trata de um processo eletrolítico que envolve a desestabilização de poluentes emulsificados, ou em suspensão, em meio aquoso (AQUINO NETO et al., 2011).

O tratamento eletroquímico atualmente tem se mostrado um processo portador de uma alta eficiência para remoção de matéria suspensa em efluentes, fazendo uso de equipamentos simples e compactados para o controle e a operação do processo. Os resultados, na maioria dos casos se mostram positivos. A floculação consiste em aglomerar as partículas utilizando forças de atração intermoleculares fracas, as forças de Van Der Waals, as quais ficam encarregadas de gerar flocos de granulometria maiores em comparação as partículas isoladas. (CARVALHO; SOUZA; ZEMPULSKI, 2015). A eletro-floculação utiliza corrente elétrica na realização do processo, envolvendo reatores eletroquímicos, nos quais são gerados coagulantes in situ, por oxidação eletrolítica de um material apropriado no ânodo. Normalmente, na região anódica emprega-se ferro ou alumínio, por serem materiais de baixo custo, operativos eficientes e comumente disponíveis no mercado. A geração de íons metálicos ocorre no ânodo, enquanto que a de gás hidrogênio ocorre no cátodo. (GOBBI, 2013). Definindo assim a eletro-floculação (Figura 1) como um processo físico-químico pelo qual ocorre a modificação da granulometria de impurezas presentes na solução, essas impurezas aumentam de tamanho facilitando assim a sua remoção por meio de filtração ou outro processo de separação.

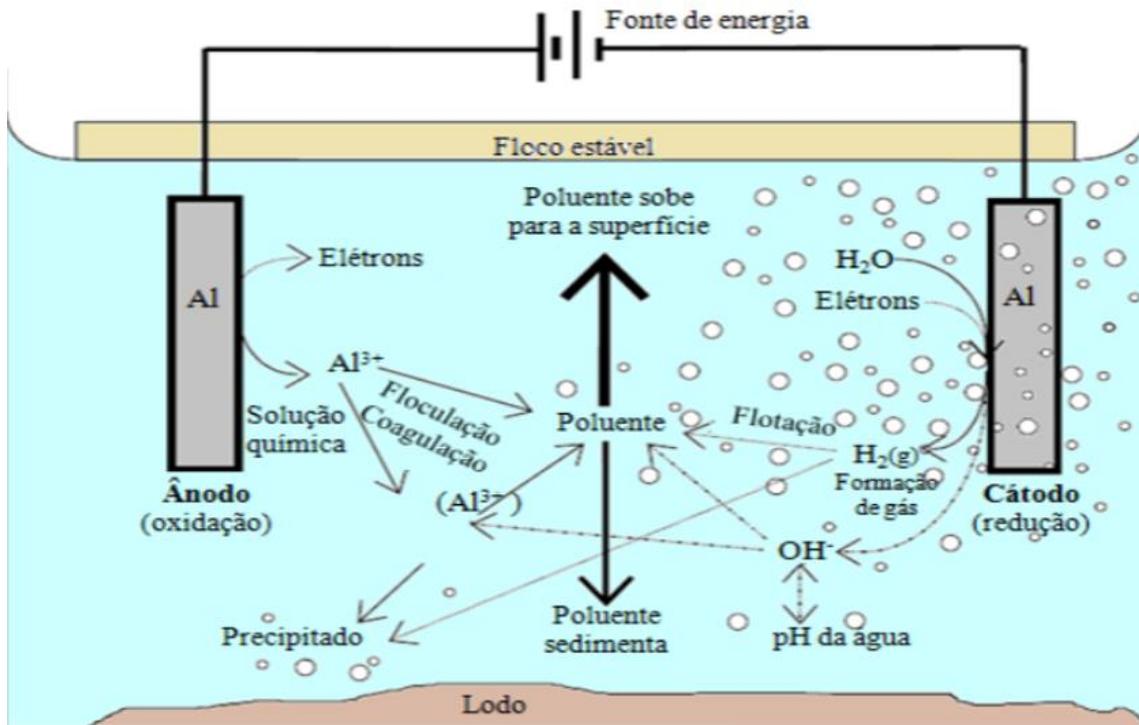


Figura 1. Processo de Eletro-floculação (In: Mores, 2013, página 22)

5. ELETROQUÍMICA NO ENSINO DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Uma das áreas da Química enquanto Ciência, também de grande importância para a formação do indivíduo, é a Eletroquímica. Ela é capaz de interagir e contribuir para o desenvolvimento da sociedade devido a sua grande aplicação em nosso cotidiano. As pilhas e baterias se tornam cada vez mais utilizadas em nosso dia a dia e esses dispositivos estão presentes em laptops, brinquedos, lanternas, celulares, filmadoras, barbeadores, câmeras fotográficas, relógios, calculadoras, instrumentos de medição e aferição, equipamentos médicos, entre outros. Ao abordar o conteúdo de Eletroquímica no Ensino Médio, “pode-se fazer uma relação das pilhas e o meio ambiente destacando que pilhas comuns, muitas vezes, são eliminadas inadequadamente”, vendo que os resíduos existentes nas pilhas são tóxicos à saúde e ao meio ambiente (SILVA et al., 2016, p.238). Muitos desses conteúdos também “são considerados difíceis e complexos para professores e, eles mesmos revelam que deixam o tópico de Eletroquímica para o último semestre, pois já sabem que não terão tempo de executá-lo e que, desse modo, ficam livres dessa parte da matéria” (SANJUAN et al., 2009, p.191). Além disso, os alunos têm grande facilidade em dispersar conceitos apreendidos nas atividades em sala de aula, deixando assim de relacionar os conceitos com o cotidiano” (MARQUES et al. 2008). Contudo, o conhecimento eletroquímico é complexo, uma vez que exige um raciocínio mais elaborado e, que algumas vezes, as analogias com os fenômenos do mundo real ficam difíceis de serem feitas. Pois, não é fácil compreender que, uma substância doa elétrons para a outra em uma reação de oxidação e redução, e que essa transferência de elétrons gera corrente elétrica (BARRETO; BATISTA; CRUZ, 2017).

Uma das principais características que estão ligadas ao ensino de Ciências/Química é a “falta de interesse decorrente, principalmente, da metodologia de ensino tradicional empregado que muitas vezes se resume a cálculos matemáticos, memorização de fórmulas e regras de nomenclatura, sem valorizar os aspectos conceituais” (LIMA et al., 2000, p.26), procurando apenas

desenvolver o preparo para concursos e vestibulares. Como consequência, se obtêm um ensino que se encontra distante da realidade do aluno, o que leva a questionamentos por parte do mesmo a respeito do estudo de Química. Ao longo dos anos o Ensino de Ciências tem sido considerado desestimulante e sem sentido pela maioria dos alunos do Ensino Médio. Assim, entende-se que “para que o pensamento científico faça parte do aluno como uma prática cotidiana é necessário que a Ciência esteja ao seu alcance, que o conhecimento tenha sentido, ou seja, que possa ser utilizado na compreensão da realidade” (BUENO; KOVALICZN, 2008, p.5). A partir dessa reflexão, pode-se dizer que a presença de experimentos durante o aprendizado é uma excelente ferramenta utilizada para que os alunos possam compreender o conteúdo e criar uma relação entre teoria e prática.

5.1. ELABORAÇÃO DOS ELETRODOS DAS CÉLULAS GALVÂNICAS

A elaboração dos eletrodos, para as Células Galvânicas será realizada utilizando materiais alternativos simples e facilmente disponíveis no cotidiano, como, por exemplo, fita de magnésio, chapa de chumbo, bastão de zinco, fio de prata, fio de cobre e bastão de ferro. Os eletrodos de magnésio, chumbo e de prata podem ser obtidos lixando-se a fita para remoção da camada de óxido formado em suas superfícies. O eletrodo de zinco pode ser obtido golpeando-se o bastão com um martelo para que o mesmo apresente forma de uma chapa com diâmetro de 5mm, ajustando-a com auxílio de uma tesoura. Já o fio de cobre e o bastão de ferro podem ser cortados com auxílio de um alicate em pedaços de aproximadamente 12 cm.

5.2. PREPARO DAS SOLUÇÕES

As soluções dos respectivos íons metálicos dos eletrodos mencionados acima serão preparadas a partir de nitratos e sulfatos: $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (98%, Merck),

$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (99%, Sigma Aldrich), $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (98%, Vetec), AgNO_3 (99%, Impex), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (98%, Sigma Aldrich), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (99%, Sigma Aldrich) resultando numa concentração 0,1 mol/L dos metais em estudo. Para a Ponte Salina e para a Condutância, será preparada uma solução de KNO_3 (99%, Sigma Aldrich) 0,1 mol/L. Já para as Células Eletrolíticas, será preparada uma solução de Na_2SO_4 (99%, Sigma Aldrich) 0,5 mol/L.

5.3. ELABORAÇÃO DA PONTE SALINA

O contato entre as soluções dos metais e a solução central da proveta será feita por meio de tubos em “U”, Ponte Salina, os quais serão providenciados, pelo professor. Os mesmos, preenchidos com solução KNO_3 0,1 mol/L, conectam cada um dos tubos de ensaio à proveta central.

5.4. ELABORAÇÃO DAS CÉLULAS ELETROLÍTICAS

Para a montagem da Célula Eletrolítica serão utilizados dois eletrodos, retirados do interior de pilhas alcalinas descarregadas, fios metálicos, dois tubos de canetas esferográficas e uma solução de sulfato de sódio 0,5 mol/L. Esta será adicionada ao tubo em “U”, o qual será fixado por uma garra, sendo apoiado por um suporte e, posteriormente, os eletrodos serão colocados em contato com a solução, na qual será adicionado o indicador de azul de bromotimol para que os alunos possam visualizar o processo.

Já a fonte de energia, será obtida a partir de uma bateria de 9V encontra em mercados, ao qual será preso os fios de cobre.

5.5. ELABORAÇÃO DO MEDIDOR DE CONDUTÂNCIA

Os eletrodos inertes utilizados na Condutância serão construídos da mesma maneira que nas Células Eletrolíticas, também serão utilizados dois tubos de

canetas esferográficas, fios metálicos e uma fonte de energia. Além desses materiais, será utilizada uma lâmpada de LED para finalizar a elaboração do Medidor de Condutância. Em um dos eletrodos, será inserido, um contato metálico, de aproximadamente 5 mm, o qual será soldado a um fio e, a este será conectado uma pequena lâmpada de LED e, o sistema obtido será inserido no interior de um dos tubos de caneta. Com o outro eletrodo de grafite será feito o mesmo procedimento, porém, sem a lâmpada de LED e, esse sistema será inserido dentro do outro tubo de caneta.

Os eletrodos inertes utilizados na Condutância serão construídos da mesma maneira que nas Células Eletrolíticas, também serão utilizados dois tubos de canetas esferográficas, fios metálicos e uma fonte de energia. Além desses materiais, será utilizada uma lâmpada de LED para finalizar a elaboração do Medidor de Condutância. Em um dos eletrodos, será inserido, um contato metálico, de aproximadamente 5 mm, o qual será soldado a um fio e, a este será conectado uma pequena lâmpada de LED e, o sistema obtido será inserido no interior de um dos tubos de caneta. Com o outro eletrodo de grafite será feito o mesmo procedimento, porém, sem a lâmpada de LED e, esse sistema será inserido dentro do outro tubo de caneta.

5.6. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Como método de ensino, pode ser elaborada uma Sequência Didática baseada em uma abordagem contextualizada, investigativa e interdisciplinar para o Ensino de Eletroquímica. As atividades propostas nesta pesquisa serão desenvolvidas através da experimentação com materiais alternativos e de baixo custo a fim de promover o ensino e aprendizagem visando relacionar o conteúdo apresentado em sala de aula com os acontecimentos no mundo real ou no cotidiano dos alunos.

Parte 1 - Plano de Aula - Células Eletrolíticas

1º Momento: Levantamento das Concepções Prévias: Pré-questionário investigativo. Investigação sobre Eletrólise relacionando o tema com uma

abordagem contextualizada de modo a verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

2º Momento: Exposição do vídeo: “Descarte consciente de pilhas e baterias - UNASP/EC” para conscientização dos danos ao meio ambiente causado pelo descarte incorreto de pilhas e baterias e, leitura e discussão do texto: “Como é feita a reciclagem de pilhas e baterias?”.

3º Momento: Organização e aplicação do conhecimento: Desenvolvimento dos conceitos fundamentais sobre pilhas através de atividades experimentais.

Parte 2 – Plano de Aula - Células Eletrolíticas

1º Momento: Levantamento das Concepções Prévias: Pré-questionário investigativo. Investigação sobre Eletrólise relacionando o tema com uma abordagem contextualizada de modo a verificar os conhecimentos prévios dos alunos.

2º Momento: Leitura e discussão do texto: “Etanol e hidrogênio: uma parceria de futuro para o Brasil”.

3º Momento: Organização e aplicação do conhecimento: Desenvolvimento dos conceitos fundamentais sobre Eletrólise através de atividades experimentais.

Parte 3 – Plano de Aula - Condutância

1º Momento: Levantamento das Concepções Prévias: Pré-questionário investigativo. Investigação sobre corrente elétrica de maneira interdisciplinar para testar os conhecimentos prévios dos alunos.

2º Momento: Leitura e discussão do texto: “Efeitos da Corrente Elétrica no Corpo Humano”

3º Momento: Organização e aplicação do conhecimento: Desenvolvimento dos conceitos fundamentais sobre Condutância através de atividades experimentais.

Parte 4 – Questionário Final

Nesta parte será aplicado um questionário final com questões relacionadas ao conteúdo abordado durante as aulas para verificação do ensino e aprendizagem.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para demonstrar a eficiência e facilidade do processo foi escolhido uma experiência extremamente simples, comumente utilizada para demonstrações práticas em aulas para o ensino médio em matérias de química com o conteúdo de Eletroquímica. Essa experiência, no entanto, foi realizada duas vezes, uma delas utilizou a eletro-floculação em águas retiradas de um rio que se encontra na região de Maracaí, SP, com o objetivo de realizar análises quantitativas e verificar a eficiência do método sem a repetida utilização de mais algumas etapas conhecidas e utilizadas pelas empresas de tratamento de água, como a decantação e a filtração. A segunda vez foi realizada usando exatamente o mesmo processo, porém utilizando uma solução de corante alimentício e sal de cozinha, para demonstração visual e análise qualitativa.

6.1. Materiais

- 1 bateria de 9 v
- 2 pregos
- Água de Rio
- 2 fios de cobre de cerca de 20 cm cada
- 2 “garras de jacaré”
- Filtro de papel
- Funil
- 2 Béqueres ou copos de vidro

O sal de cozinha adicionado posteriormente não era necessário para realização do processo, porém como esse iria teoricamente acelerar a velocidade da reação, foi feito análises que também continham sal de cozinha para análises complementares.

6.2. Método

6.2.1. Tratamento de água do rio com eletro-floculação para análises quantitativas.

Primeiramente foram ligados os fios de cobre nos pregos e na bateria de 9V com o auxílio de fitas adesivas, o que substituiu a necessidade da utilização de uma garra de jacaré (Figura 2).



Figura 2. Pregos ligados a bateria através de um fio de cobre.

Foram separadas duas soluções (Figura 3). Uma contendo a água do rio pura e outra contendo uma pequena porção de cloreto de sódio solubilizado no meio para facilitar a passagem de corrente elétrica.



Figura 3. Água do rio sem sal/ com sal.

O processo teve início mais rápido na solução do copo do fundo que continha cloreto de sódio, como já era esperado (Figura 4).



Figura 4. Experiência montada.



Figura 5. Presença de bolhas de hidrogênio no cátodo.

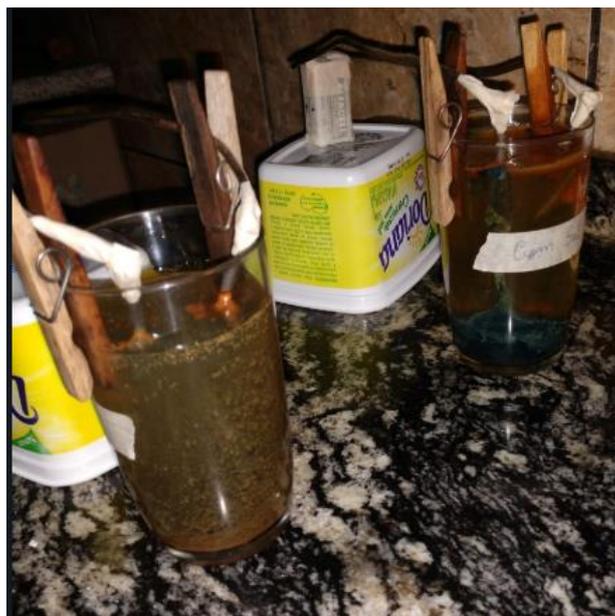


Figura 6. 6 horas passadas desde o início do processo.



Figura 7. 12 horas passadas desde o início do processo.



Figura 8. Amostras filtradas 1 vez cada.



Figura 9. Laboratório de análises da FEMA/IMESA

6.2.2. Tratamento de solução com corantes alimentícios através do processo de eletro-floculação, decantação e filtração para análise visual e demonstrativa



Figura 10. Soluções de corante com água.

Foi adicionado também um pouco de sal de cozinha (figura 11) para facilitar a passagem de corrente elétrica e a floculação das partículas na solução.



Figura 11. Quantidade de sal colocada em cada copo.



Figura 12. Formação de bolhas de Hidrogênio no cátodo e liberação de íons metálicos no ânodo.

Por volta de 6 horas transcorridas desde o início do experimento percebe-se que foi alcançada uma diminuição da quantidade de hidrogênio produzido na região catódica (Figura 13), sem que houvesse maiores mudanças nas horas seguintes, mas o experimento ainda permaneceu sem interferências externas nas próximas

18 horas, totalizando 24 horas transcorridas desde o início, pois apesar de não ser possível identificar mudanças significativas, o experimento permaneceu intocado para que a descontaminação pudesse ser maximizada.



Figura 13. Diminuição na quantidade de hidrogênio na região catódica e sedimentação de íons metálicos e impurezas (corantes) na região anódica e no fundo.

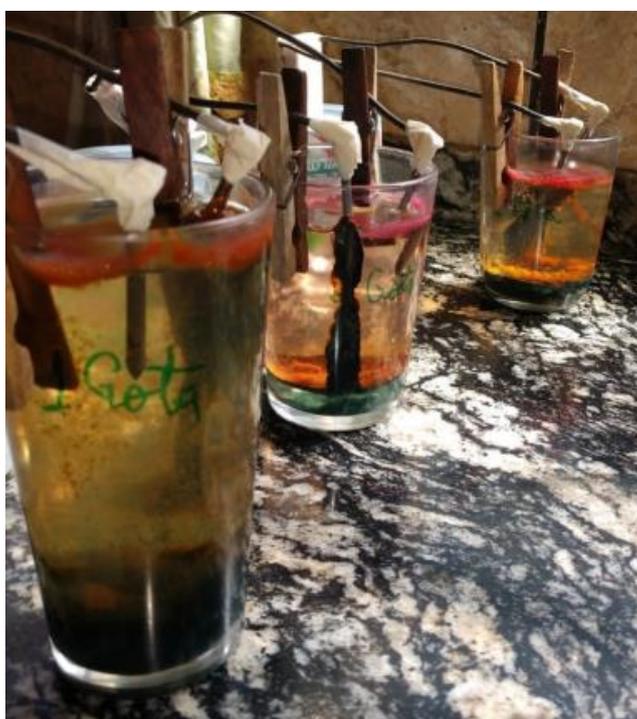


Figura 14. Estabilidade e aparente finalização do processo de eletro-floculação.

Após esse período foram retirados os pregos, que exerciam a função de eletrodos, e coada a solução com um auxílio de um filtro de papel (Figura 15)



Figura 15. 1ª Filtração da solução com corante.



Figura 16. Soluções com impurezas suspensas após a 1ª filtração.

As soluções filtradas foram deixadas em repouso por mais 2 horas para que as impurezas suspensas se aglomerassem, atingindo um tamanho ideal, podendo assim realizar novamente um processo de filtração com um filtro de papel (Figura 17). Esse processo foi repetido mais duas vezes.



Figura 17. 2ª e posteriores filtrações da solução com corante.

Observou-se uma queda de turbidez e de cor considerável da amostra (Figura 18), mostrando a eficiência do experimento em análises qualitativas.

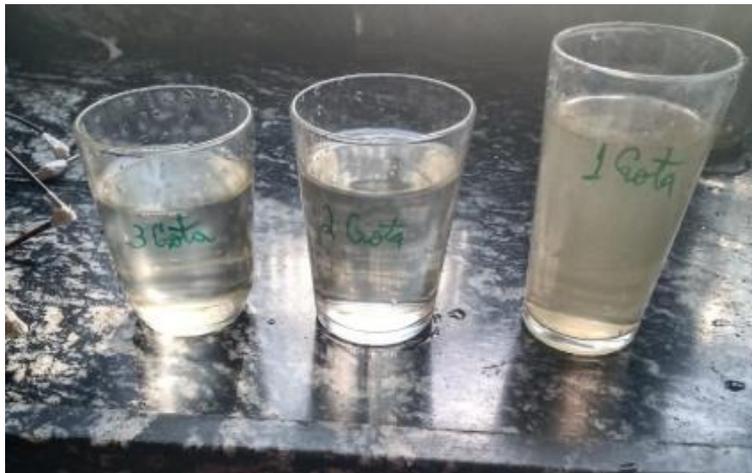


Figura 18. Resultado final do processo de Eletro-floculação, decantação e filtração.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O rio apresentava águas que já se aproximavam muito da transparência, quando visto a olho nu, por isso não se notou uma grande diferença visual nos resultados.

Vendo que a água proveniente dos rios da região estava deveras livre de impurezas visuais, esse componente foi substituído por uma solução de água com corante alimentício para facilitar a demonstração e análise visual e prática de modo qualitativo do processo. Foram elaboradas 3 soluções com concentrações diferentes de corante expressando níveis diferentes de impurezas dissolvidas na água, nas medidas de 1 gota, 2 gotas e 3 gotas, o que possibilitou uma diferenciação clara entre a solução de 1 e de 3 gotas (Figura 10).

Percebemos o início das duas soluções ao notar a presença de bolhas de gás hidrogênio em um dos pregos que estaria agindo como cátodo (Figura 5).

Ao decorrer de 6 horas, na solução sem sal, percebemos que a solução já começa a estabilizar-se, notando uma diminuição na quantidade de bolhas de hidrogênio no cátodo e uma grande porção de impurezas floculadas. Na solução com sal o processo parece já ter finalizado, pois já se encontra estável (Figura 6).

Após mais 6 horas transcorridas desde a imagem anterior, percebe-se que as soluções já alcançaram a estabilidade, finalizando a reação. Após isso, as soluções foram coadas com o auxílio de um filtro de papel em um novo recipiente (Figura 7).

Depois de serem coadas percebeu-se que as águas agora continham coloração alaranjada (Figura 8).

A coloração alaranjada, mostrada na Figura 8, poderia ser corrigida deixando as soluções em repouso para que as impurezas decantassem e depois fossem realizadas filtrações mais algumas vezes como é mostrado na demonstração visual realizada com corantes, mas como essa experiência tinha como objetivo

analisar a eficiência do processo de eletro-floculação por si só, foram coletadas amostras com base nesse resultado.

Após a finalização foram separadas amostras da água do rio sem tratamento e das águas que passaram pelo processo de eletro-floculação e encaminhadas ao laboratório da FEMA (CEPECI) para análises quantitativas (Figura 9).

Posteriormente foi repetido as mesmas etapas do processo, porém agora com a solução com corantes (análise qualitativa) deixada em um tempo maior de repouso antes de prosseguir com o experimento e algumas partes tiveram uma pequena alteração em sua realização, como descrito a seguir.

Imediatamente, no início do processo, percebeu-se que o processo de oxirredução está visivelmente iniciado, contendo a presença de gás hidrogênio liberado no prego que teria a função de cátodo (Figura 12).

Por volta de 6 horas transcorridas desde o início do experimento percebe-se que foi alcançada uma diminuição da quantidade de hidrogênio produzido na região catódica (Figura 13), sem que houvesse maiores mudanças nas horas seguintes, mas o experimento ainda permaneceu sem interferências externas nas próximas 18 horas, totalizando 24 horas transcorridas desde o início, pois apesar de não ser possível identificar mudanças significativas, o experimento permaneceu intocado para que a descontaminação pudesse ser maximizada.

Por volta das 20 horas após o início do processo foi possível notar que não havia mais a presença de gás hidrogênio na região do cátodo e que a água havia perdido uma quantidade significativa de cor (Figura 14), indicando que o processo estava finalizado por dois motivos aparentes, um deles remete ao fato de que a aglutinação das partículas de impurezas chegou a seu limite, enquanto o outro poderia se dar ao fato de que a carga da bateria utilizada havia se esgotado. Mesmo tendo o objetivo dessa prática alcançado, os materiais ainda permaneceram intocados por 3 hora para eliminar qualquer dúvida remanescente.

Pode-se observar que as soluções apresentaram queda notável de cor, porém uma pequena queda de turbidez, indicando que ainda apresentava impurezas (corantes) suspensas (Figura 16), estas que tiveram suas cargas desestabilizadas pelo processo de eletro-floculação e agora apresentavam

tamanhos maiores do que inicialmente, porém ainda menores do que o tamanho ideal para serem retidas pelo filtro de papel.

Segue abaixo os resultados das análises quantitativas realizadas.

Análises no Lab	Água sem tratamento	Água tratada sem a presença de NaCl	Água tratada com a presença de NaCl
Turbidez	11,0 uT	152,0 uT	120,0 uT
pH	7,24	7,18	6,56
Condutividade	105,2 uS/cma25°	107,9 uS/cma25°	99,72 mS/cma25°
Cloretos	4486,86 mg/L	17092,8 mg/L	47005,2 mg/L
Ferro	40,54	40,54	81,08
Nitrato	0,12	0,14	0,33
Nitrito	0	0	0
Nitrogênio Amoniacal	0	0	0
Nitrogênio Total	0,33	0,39	0,67

Tabela 1. Tabela comparativa dos valores verificados após análise quantitativa em laboratório.

Vendo inicialmente os valores referentes as análises de turbidez, percebemos que o processo mostrou-se eficiente, pois a eletro-floculação causou uma desestabilização das moléculas de impurezas presentes nas amostras, fazendo com que elas se aglomerassem e formassem flocos maiores, deixando a amostra mais turva, algo que futuramente facilitaria sua remoção caso fosse utilizados outros processos ou a repetição das etapas de decantação e filtração.

No pH podemos ver que o valor não sofre grandes alterações na solução sem sal, pois a água bruta do rio já estava com um pH considerado bom, mas ainda não perfeito, já que segundo a literatura deve ser um pouco básico. Há uma pequena alteração na solução contendo NaCl, pois a molécula se ioniza quando em contato com solução aquosa, os íons Na^+ se ligaram aos íons OH^- livres, aumentando a disponibilidade de íons H^+ presente, o que facilitou sua detecção e aumentou sua acidez.

Percebe-se também que houve um grande aumento dos parâmetros condutividade por que a solução com NaCl foi elaborada para se aproximar da saturação com esses íons. Apesar desses fatos o pH não sofreu grandes alterações, vendo que a água do rio sem tratamento já se aproximava de um pH considerado ideal pelas empresas de tratamento de água e a condutividade só obteve um grande aumento em se tratando da solução com NaCl. Compreende-se então que a eletro-floculação por si só não pode ser utilizada para alteração significativa dos valores de pH e condutividade de um meio.

Após a análise qualitativa e demonstração visual realizada através da experiência contendo corante alimentício, é visto que, ainda assim, restou uma pequena alteração na turbidez e na cor das amostras analisadas em relação a uma amostra qualquer de água potável e transparente, indicando que, mesmo com o resultado sendo satisfatório ele ainda não atinge o 100% de eficácia para descontaminação total e potabilidade de um meio, necessitando de outros métodos que poderiam ser utilizados em conjunto, como a coagulação, fluoreação, cloração e correção de pH e outras análises para chegar ao resultado esperado por empresas de tratamento de água.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste realizado como meio de comprovar os dados reportados na literatura estudada, foi extremamente simples, podendo ser realizado em qualquer ambiente, necessitando apenas dos materiais corretos, principalmente nesse momento, em que o mundo se encontra em um período de extremo cuidado devido ao COVID-19 e muitas vezes não é permitido o acesso a locais públicos e até mesmo alguns locais privados onde ocasionalmente há presença de uma aglomeração de diversas pessoas, como por exemplo laboratórios de análises.

Essas adversidades não impediram a realização desse experimento por causa, justamente, da metodologia simples utilizada que demonstra com clareza um dos processos comumente utilizados em empresas renomadas de tratamento de efluentes e devido ao fato de que as análises quantitativas foram realizadas em um laboratório presente na FEMA, onde haviam poucas pessoas e o laboratório continha todos os equipamentos necessários.

Esse experimento, diferindo-se ao do processo equivalente realizado nas empresas de tratamento de efluentes, que se trata de uma floculação com o auxílio de reagentes químicos, foi realizado com a geração de uma corrente elétrica que possibilita a ocorrência de um processo de oxidação e redução nos eletrodos presentes fazendo com que as moléculas e íons de impurezas presentes fossem desestabilizadas, iniciando e se mantendo contínua uma floculação das impurezas presentes no meio.

Já é possível ver a eficiência do processo ao observar as análises referentes a turbidez, pois as partículas de impurezas que antes não podiam ser detectadas, se aglomeraram e formaram flocos maiores, o que permitiu sua identificação mesmo a olho nu, deixando a água mais turva. O objetivo desse experimento foi alcançado, vendo que se tratava de analisar a eficiência do processo de eletro-floculação, baseando-se em análises quantitativas e qualitativas, assemelhando-se a eficiência do processo de floculação com a presença de reagentes químicos, se mostrando também, um processo com baixo custo necessário para sua realização, mesmo pensando em escala industrial, pensando na substituição de reagentes químicos por materiais mais baratos como o Ferro, ou também o

alumínio, segundo a literatura, presentes nos eletrodos. Mas analisando alguns dos valores das análises quantitativas, é comprovado que esse processo não deve ser usado de forma isolada para a purificação adequada de recursos hídricos, ressaltando que são necessários outros processos de purificação agindo em conjunto a este para que se alcance a potabilidade da água, segundo as necessidades humanas.

9. REFERÊNCIAS

ACHON, Cali Laguna; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, Joao Sergio. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: Desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 115–122, jan. 2013.

AQUINO NETO, Sidney de; MAGRI, Thiago Cavalheiro; SILVA, Gláucia Maria da e ANDRADE, Adalgisa Rodrigues de. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 34, n. 8, p. 1468-1471, 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01004042201100080030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12. fev. 2020.

BARRETO, Bárbara; BATISTA, Carlos Henrique; CRUZ, Maria Clara. Células Eletroquímicas, Cotidiano e Concepções dos Educandos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, vol.39, n.1, p. 52-58, fev. 2017.

BARROS, Marcos José de; NOZAKI, Jorge. Redução de poluentes de efluentes das indústrias de papel e celulose pela floculação/coagulação e degradação fotoquímica. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 5, p. 736-740, Setembro. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000500006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 Fev. 2020.

BELAN, André L. D. **UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS ELETROFLOCULAÇÃO APLICADA AO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS: Revisão Bibliográfica MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO MEDIANEIRA 2**. Medianeira, 2014.

BELLUTA, I.; ALMEIDA, A. A.; COELHO, I. C.; NASCIMENTO, A. B.; SILVA, A. M. M. Avaliação temporal e espacial no córrego do Cintra (Botucatu – SP) frente aos defensivos agrícolas e parâmetros físico-químicos de qualidade da água – Um estudo de caso. **Energia na Agricultura**, v.25, 2010, p.54-73.

BERTOCINI, Edna Ivani, TRATAMENTO DE EFLUENTES E REÚSO DA ÁGUA NO MEIO AGRÍCOLA, **Revista Tecnologia e Inovação**, p. 153, Jun. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria n.2914, 12 de dezembro de 2011**. Publicada no diário Oficial (da) República Federativa do Brasil nº 239, seção 1, p.39-46. Poder executivo, Brasília, DF, 14 de dezembro de 2011.

BUENO, Regina de Souza Marques; KOVALICZN, Rosilda Aparecida. **O Ensino de Ciências e as Dificuldades das Atividades**. Curitiba: SEED- PR/ PDE, 2008 (Portal diaadiaeducacao.pr.gov.br).

CARAPETO, Cristina. **Poluição das águas**. 1ª edição ed. Lisboa, Portugal: UNIVERSIDADE ABERTA, 1999.

CARVALHO, Diéury de Lima; SOUZA, Marco Antônio Cardoso de; ZEMPULSKI, Denise Aparecida. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO ELETROFLOCULAÇÃO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 14, p.14-28, ago. 2015.

CERQUEIRA, Alexandre Andrade. **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis**. 2006. 111. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre – pós-graduação em Química – Universidade do estado de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. RJ. 2006.

DELLAMATRICE, Priscila M.; MONTEIRO, Regina T. R.. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, Dec. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200014&lng=en&nrm=iso>. acesso em 26 Fev. 2020.

DI BERNARDO L, DANTAS ADB. **Métodos e técnicas de tratamento de água**, 2ª ed, v.1. São Carlos: RIMA; 2005.

FONSECA, Carlos Ventura. Representações Sociais no Ensino de Química: Perspectivas Dos Estudantes Sobre Poluição da Água. In: Experiências em ensino de ciências, 3, 2014, Porto Alegre, Brasil, **Experiências em ensino de ciências**, v 9, 2014, 1–18.

FREITAS, V. P. DE. Poluição de águas. **Revista CEJ**, v. 1, n. 3, p. 12-20, 12 dez. 1997.

GOBBI, Lorena Cristina Abrahão. **TRATAMENTO DE ÁGUA OLEOSA POR ELETROFLOCULAÇÃO**. 2013. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Energia, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013.

HASSEMER, Maria Eliza Nagel. **OXIDAÇÃO FOTOQUÍMICA - UV/H₂O₂ - PARA DEGRADAÇÃO DE POLUENTES EM EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL**. 2006. 175 pág. Tese – Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

HESPANHOL, Ivanildo. POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA NO BRASIL AGRICULTURA, INDÚSTRIA, MUNICÍPIOS, RECARGA DE AQUÍFEROS. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p.75-95, out/dez. 2002.

LIMA, Jozária de Fátima Lemos; PINA, Maria do Socorro Lopes; BARBOSA, Rejane Martins Novais; JÓFILI, Zélia Maria Soares. A Contextualização no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, n.11, p.26-29, maio 2000.

LOPES, Vanessa Cristina; LIBÂNIO, Marcelo. Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água (IQETA). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 318–328, dez. 2005.

MARQUES, André; ALVES, Aline; SILVA, Ana Flávia; MORAIS, Lorraine; GUIMARÃES, Pâmella; LIMA, Jocasta; RIBEIRO, Fernanda; SANTOS, Leidimar; MEDEIROS, Eliziane; FRANCO, Vânia. **A Importância De Aulas Práticas No Ensino De Química Para Melhor Compreensão E Abstração De Conceitos Químicos**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) UFPR 2008.

MORES, Rúbia. **Eletrofloculação no tratamento de água residuária da suinocultura submetida a pré-digestão anaeróbia**. 2013. 66 pág. Dissertação – Engenharia de alimentos – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Erechim, Rio Grande do Sul, 2013.

NIEMINSKI, E. C. & ONGERTH, J. E. *Removing Giardia and Cryptosporidium by conventional treatment and direct filtration*. **JAWWA**, New York, v. 87, n. 9, p. 96-106, September 1995 apud LeCHEVALIER, M. W. & A, K. -*Water Treatment and Pathogen Control*, **WHO**, London, 112 p., 2004.

OLIVEIRA, Selene de; PASQUAL, Antenor. **Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 240-249, Set. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522004000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 12. fev. 2020.

PRIMEL, Ednei Gilberto *et al.* Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Predição teórica e monitoramento. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 605–609, jul. 2005. DOI 10.1590/s0100-40422005000400010.

SANJUAN, Maria Eugênia Cavalcante; SANTOS, Cláudia Viana; MAIA, Juliana de Oliveira; SILVA, Aparecida de Fátima Andrade; WARTHA, Edson José. Maresia: Uma Proposta para o Ensino de Eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v.31, n. 3, p.190- 197, ago. 2009.

SILVA, Roberta Maria; SILVA, Renato César; ALMEIDA, Mayara Gabriela Oliveira; AQUINO, Kátia Aparecida da Silva. Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 237-243, ago. 2016.

USEPA. *Optimizing water treatment plant performance using composite correction program*. Cincinnati, Ohio: USEPA CERL. 168p. (EPA/625/3-87/013). 1998.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade

rural do sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.22, 2006, p.2391-2399.