



PENSAR A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:

**Experimentos Adaptados
Com Materiais De Fácil Aquisição**

**Ângelo Francklin Pitanga
Bárbara Luísa Soares dos Reis Santos
Kayanne Maria Santana Santos
Lenalda Dias dos Santos
Letícia Bispo da Rocha
Lyllian Maciel dos Anjos Lima
Suellen Janaína Cunha
Tatiane Souza Santos
Wendel Menezes Ferreira**

Ângelo Francklin Pitanga
Bárbara Luísa Soares dos Reis Santos
Kayanne Maria Santana Santos
Lenalda Dias dos Santos
Letícia Bispo da Rocha
Lylían Maciel dos Anjos Lima
Suellen Janaína Cunha
Tatiane Souza Santos
Wendel Menezes Ferreira

PENSAR A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:

EXPERIMENTOS ADAPTADOS COM MATERIAIS DE FÁCIL AQUISIÇÃO

Copyright © 2019 • IFS

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou transmitida em nenhuma forma e por nenhum meio mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento de informação, sem autorização expressa dos autores ou do IFS.

DIRETORA DE PUBLICAÇÕES

Vanina Cardoso Viana Andrade

EDITORAÇÃO

Diego Ramos Feitosa

Jéssika Lima Santos

Kelly Cristina Barbosa

Júlio César Nunes Ramiro

PLANEJAMENTO E

COORDENAÇÃO GRÁFICA

Renan Garcia de Passos

PROJETO GRÁFICO DA CAPA

Renan Garcia de Passos

DIAGRAMAÇÃO

Renan Garcia de Passos

REVISÃO

Luciana Novais Maciel

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

P418 Pensar a experimentação no ensino de química [recurso eletrônico] :
experimentos adaptados com materiais de fácil aquisição / Ângelo
Francklin Pitanga [et al...] – Aracaju: IFS, 2019.
120 p.: il.

Formato: e-book
ISBN 978-85-9591-108-6

1. Química – Ensino médio. 2. Experimentos químicos. 3.
Eletroquímicos Oxidativos. 4. Química - Metodologia . I. Pitanga,
Ângelo Francklin.

CDU: 54:37.02

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Célia Aparecida Santos de Araújo (CRB 5/1030)

[2019]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS)

Avenida Jorge Amado, 1551. Loteamento Garcia, bairro Jardins.

Aracaju/SE. CEP: 49025-330.

Tel.: +55 (79) 3711-3222. E-mail: edifs@ifs.edu.br.

Impresso no Brasil



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
(IFS)**

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO

Abraham Bragança de Vasconcellos Weintraub

SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Alexandro Ferreira de Souza

REITORA DO IFS

Ruth Sales Gama de Andrade

PRÓ-REITORA DE PESQUISA E EXTENSÃO

Chirlaine Cristine Gonçalves

The background of the page is white, decorated with several dark blue hexagons of varying sizes. One large hexagon is in the top left, another is in the top right, and a very large one is in the bottom left. The word 'Sumário' is written in white serif font on the top-left hexagon.

Sumário

APRESENTAÇÃO

8

EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: SUPERANDO VISÕES EPISTEMOLÓGICAS MODERNAS E TENDÊNCIAS ATUAIS PARA CONSTRUÇÃO DE VISÕES EPISTEMOLÓGICAS CONTEMPORÂNEAS

12

Apresentando as Considerações Iniciais	13
Os Aspectos Pedagógicos	22
Tendências Atuais	26
Trazendo as Considerações Finais	32
Referências	33

EXPERIMENTAÇÃO “BARATA”: (RE)PENSANDO EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DE FÁCIL AQUISIÇÃO

36

Introdução	37
Proposta de Atividade Experimental de Baixo Custo	43
Passo a passo da confecção do TCE:	45
Procedimento Experimental	48
Seção 1: Conceitos Básicos de Condutividade	51
Seção 2: Parte Experimental	52
Seção 3: Questões Propostas	55
Considerações Finais	56
Referências	58

DESENVOLVIMENTO DE EXPERIMENTOS COM MATERIAIS DE FÁCIL AQUISIÇÃO PARA DEGRADAÇÃO DOS CORANTES AZUL DE MEILENO E AMARELO DE TARTRAZINA ATRAVÉS DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POAs)

62

Introdução	63
Referencial Teórico	64
Metodologia	67
Desenvolvimento dos experimentos utilizando materiais analíticos	68
Adaptação dos experimentos utilizando materiais de fácil aquisição	69
Considerações Finais	71
Referências	73

ADAPTAÇÃO DE EXPERIMENTOS ATRAVÉS DE PROCESSOS ELETROQUÍMICOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (PEOAs) PARA DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PARA AULAS NO ENSINO MÉDIO

76

Introdução	77
Referencial Teórico	78
Processos Oxidativos Avançados	78
Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados	80
Propriedades do Grafite	84
Procedimentos e Apresentação dos Resultados	85
Fase de Montagem	85
Fase de Análises	88
Fase de Adaptação	89
Considerações Finais	91
Referências	93

DESCOLORAÇÃO DE AMARELO DE TARTRAZINA ATRAVÉS DA ADAPTAÇÃO DE PROCESSOS ELETROQUÍMICOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

96

Introdução	97
Referencial Teórico	99
Materiais	106
Preparo da solução padrão de amarelo de tartrazina	108
Etapa de Montagem	109
Medidas de Absorbância	109
Procedimento Adaptado utilizando amarelo de tartrazina comercial	110
Etapa de Montagem	110
Absorbância	113
Considerações finais	113
Referências	115



APRESENTAÇÃO

As investigações desenvolvidas sobre a formação de professores e a utilização de experimentos em aulas de química apontam para falas de docentes em que predominam a defesa da utilização de experimentos para facilitar o processo de ensino-aprendizagem, visto que, muitos alegam ser a Química uma ciência experimental. Em contrapartida, os mesmos apontam para diversos obstáculos que dificultam a inserção desse método de ensino em suas aulas, entre eles: a formação inadequada durante o processo de formação inicial; a falta de estrutura física, como a ausência de laboratórios, reagentes e materiais auxiliares; a falta de tempo para planejar e executar experimentos nas aulas; número insuficiente de horas na grade de horários, entre outros.

Apontados como os mais graves problemas: a falta do espaço físico do laboratório, materiais de apoio e reagentes; estes problemas há algumas dezenas de anos tem sido objeto de esforço e dedicação de muitos pesquisadores, de modo a contribuir com propostas de atividades experimentais que possam ser desenvolvidas nas próprias salas de aulas, com reagentes adquiridos facilmente no comércio, os chamados materiais de fácil aquisição, e desenhadas de modo que não ocupem muitas horas para a sua execução, em observância às grades de horários de funcionamento das escolas.

Como não poderia ser diferente esta obra reuni esforços de iniciantes e experientes pesquisadores de algumas instituições públicas e particulares dos estados da Sergipe e Bahia, com o objetivo de propor uma discussão balizada sobre a importância da inserção das atividades experimentais nas aulas de química à luz do referencial teórico fundado em visões epistemológicas contemporâneas sobre o desenho e o emprego deste tipo de atividade. Seguido de quatro capítulos que descrevem detalhadamente experimentos exitosos que podem ser realizados em aulas de química no Ensino Médio, desenhados cuidadosamente de modo a utilizar materiais de fácil aquisição, de baixo custo e em tempo adequado.

No primeiro capítulo, *Experimentação no Ensino de Química: Superando visões epistemológicas modernas e tendências atuais para construção*

de visões epistemológicas contemporâneas, os autores propõem um ensaio no qual apresentam críticas a visões modernas sobre a utilização de experimentação que acabam se tornando entraves para o desenvolvimento deste tipo de atividade em sala de aula. Seguido da apresentação de visões epistemológicas contemporâneas sobre a natureza do conhecimento científico e tendências atuais que permitem ressignificar as visões predominantes dos professores de química no intuito de garantir uma reflexão e propor novos caminhos quando se pensar em inserir atividades experimentais.

No segundo capítulo, *Experimentação “Barata”: (Re)pensando o uso de experimentos com material de fácil aquisição*, os autores apresentam um exitoso relato de sala de aula descrevendo atividades desenvolvidas com alunos de Ensino Médio, utilizando um aparato experimental construído com material de fácil aquisição para discutir, em sala de aula, à luz da Teoria Eletrolítica de Arrhenius, conceitos inerentes à condutividade de soluções eletrolíticas e não eletrolíticas..

Em seu terceiro capítulo, *Desenvolvimento de experimentos com materiais de fácil aquisição para degradação dos corantes azul de metileno e amarelo de tartrazina através de Processos oxidativos Avançados (POAs)*, os autores propõe procedimentos experimentais com materiais do cotidiano com os quais podem reproduzir os processos de Fenton para degradar Azul de Metileno e Foto-Fenton na degradação do Amarelo de Tartrazina.

Por fim, no quarto e quinto capítulos, respectivamente, *Adaptação de experimentos através de Processos Eletroquímicos oxidativos Avançados (PEOAs) para degradação do corante azul de metileno para aulas no Ensino Médio*, e, *Descoloração do Corante Amarelo de Tartrazina através da adaptação de Processos Eletroquímicos oxidativos Avançados para aulas experimentais de química no Ensino Médio*, os autores apresentam experimentos adaptados para aulas em Ensino Médio onde apresentam metodologias para degradação de Azul de Metileno e Amarelo de Tartrazina utilizando adaptações de Processos eletroquímicos oxidativos Avançados.

**EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA:
SUPERANDO VISÕES EPISTEMOLÓGICAS
MODERNAS E TENDÊNCIAS ATUAIS PARA
CONSTRUÇÃO DE VISÕES EPISTEMOLÓGICAS
CONTEMPORÂNEAS**

Ângelo Francklin Pitanga; Suellen Janaina Cunha

Apresentando as Considerações Iniciais

O ensino de Ciências no Brasil como em diversos países do mundo tem sua qualidade, seus objetivos, práticas e resultados frequentemente questionados. Os programas de avaliação, como, o Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM, no âmbito nacional; o internacionalmente reconhecido, PISA, (sigla para Programa Internacional de Avaliações de Alunos), apresentam nos levantamentos estatísticos dados preocupantes sobre o desempenho dos alunos brasileiros relacionados aos conhecimentos sobre Ciências Naturais.

O ensino tradicional de Ciências tem se mostrado pouco eficaz tanto do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto da expectativa da sociedade em geral (Borges, 2002). “A escola tem sido criticada pela baixa qualidade de seu ensino, por sua incapacidade em preparar estudantes para ingressar no mercado de trabalho ou na universidade, por não cumprir adequadamente seu papel na formação de crianças e adolescentes” (Borges, 2002, p. 293). Quadro que causa inquietações/provocações, entre elas: O que podemos/devemos fazer para melhorar este cenário?

Nesse ínterim, e diante dos propósitos específicos para a produção desta obra, retratamos aqui a importância, as preocupações e os esforços no sentido de buscar colaborar com ações que visam à melhoria da qualidade na formação docente¹. Assim, objetivamos na escrita deste capítulo discutir sobre a importância da experimentação, devendo esta, ser pensada como uma importante ferramenta pedagógica a ser desenvolvida em aulas de ciências, visando a melhoria dos processos de aprendizagem.

Devemos considerar como ponto de partida a necessária urgência de repensar os pressupostos epistemológicos, pedagógicos e metodológicos, fundados no paradigma conservador ou modelo tradicional, que ainda marcadamente predominam nos cursos de formação de professores de ciências, e, por sua vez refletem na construção das concepções, visões e crenças, e conseqüentemente nas ações docentes desenvolvidas.

O modelo de ensino tradicional tem como pressupostos epistemológicos e metodológicos básicos, a racionalidade técnica, como maior expressão da razão instrumental, em que o papel dos professores se restringe a aplicação de teorias e técnicas para o enfrentamento de situações de

ensino, que foram desenvolvidos em outros locais e por profissionais, como os pesquisadores acadêmicos (Zuin, 2011).

Segundo Giordan (1999), as ideias pedagógicas desse modelo, influenciaram e ainda influenciam práticas pedagógicas na área de ensino de Ciências, sustentadas pela aplicação do método científico. Saber selecionar e hierarquizar variáveis segundo critérios de pertinência para a compreensão dos fenômenos, controlar e prever seus efeitos sobre os eventos experimentais, encadear logicamente sequências de dados extraídos de experimentos são consideradas, na visão positivista, competências de extremo valor para a educação científica do aluno.

Para Maldaner (2012), tanto os formadores bem como os futuros docentes de ciências naturais tem uma concepção sobre ser professor construída a partir de aprendizagens ambientais muito fortes e difíceis de serem mudadas. Apesar da pesquisa científica em educação apontar para a urgente necessidade de transformação, o modelo de professor tradicional, comprometido com o conteúdo, é o mais presente no sistema escolar, do ensino básico até a universidade. É o que Pitanga (2015), tem apontado como ciclo vicioso de formação, onde os professores da Educação Básica acabam por reproduzir as práticas observadas desde a sua escolarização e reforçadas nos cursos de licenciaturas.

Porém, essas concepções devem ser vistas como um entrave, pois tendem a priorizar os aspectos técnicos e instrumentais, apresentando fortes elementos de uma perspectiva reducionista e visões epistemológicas modernas. Estas, inconscientemente induzem os sujeitos, neste contexto específico, os professores, ao que Guimarães (2013) tem chamado de 'Armadilhas Paradigmáticas', que são resultados de uma leitura de mundo e um fazer pedagógico atrelados a um único caminho, caracterizado pelos elementos da racionalidade dominante da sociedade moderna.

“O educador por estar atrelado a uma visão (paradigmática) fragmentária, simplista e reduzida da realidade, manifesta (inconscientemente) uma compreensão limitada da problemática ambiental e que se expressa por uma incapacidade discursiva, que cria amarras para o desenvolvimento de uma visão crítica e complexa do real, refletindo em uma prática pedagógica fragilizada de educação ambiental [...] tende a reproduzir as concepções tradicionais do processo educativo, baseadas nos paradigmas da sociedade moderna, sendo esse um poderoso mecanismo de alienação ideológica e de manutenção da hegemonia” (Guimarães, 2013, p. 21).

E como romper com os entraves das armadilhas paradigmáticas? Tal ação passa, primeiramente, pela superação de visões epistemológicas modernas que conduzem a formas simplistas, lineares, dicotômicas e fragmentadas de pensar e agir, que são insuficientes para atender as demandas atuais. Almejando alcançar visões epistemológicas contemporâneas fundadas no pensamento complexo e que estimulem o desenvolvimento de habilidades, competências e pensamentos múltiplos e paralelos.

Os aspectos Epistemológicos

Defendemos a inserção das discussões sobre aspectos epistemológicos a partir dos apontamentos postos por Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), quando expressam suas convicções de que o conhecimento da epistemologia torna os professores capazes de melhor compreender a ciência que estão ensinando, ajuda-os na orientação para elaboração de suas aulas, melhorando as concepções sobre Ciência, e a fundamentação da ação didático-pedagógica.

O cerne da nossa reflexão centra-se quanto às questões sobre a natureza da construção do conhecimento científico. A literatura tem descrito a força das concepções epistemológicas dos professores sobre a natureza da Ciência que ensinam, e tem explicitado que concepções empiristas-indutivistas e visões simplistas são as predominantes (Carvalho, 2002).

As consequências dessas crenças são algumas visões como: Ciência neutra, empirista, positivista, infalível, cumulativa, objetiva e progressista. Essas visões acabam por repercutir nas escolhas e no fazer pedagógico dos professores, e são passíveis de críticas, pois não correspondem ao pensamento atual em respeito à natureza da atividade e do conhecimento científico. Necessitando com urgência que essas visões possam ser superadas por professores de ciências nos diversos níveis de ensino. Porto (2010, p. 171) sumariza algumas visões deformadas da Ciência:

- 1 Visões descontextualizadas da Ciência (neutralidade): Ciência vista como socialmente neutra e isolada do meio em que é produzida.
- 2 Concepções individualistas e elitistas: Ciência feita por uma elite de homens geniais, e cada um trabalhando sozinho para o laboratório.
- 3 Concepções empirico-indutivistas ateóricas: Com excessiva ênfase na observação e experimentação.
- 4 Visões rígidas, algorítmicas e infalíveis: Não contempla o caráter tentativo, as dúvidas, a criatividade na Ciência.
- 5 Visões não problematizadas e a-históricas: A Ciência se constitui em conhecimento acabado e dogmático, construído de maneira arbitrária.
- 6 Visões exclusivamente analíticas: Ciência superespecializada que trata somente de situações simplificadas e idealizadas.
- 7 Visões acumulativas e de crescimento linear: A Ciência não inclui crises nem remodelações profundas.

Nesse ínterim um aspecto delicado a ser abordado diz respeito à dicotomia entre teoria – prática, refletindo nos discursos e nas práticas dos professores. São ideias comuns, a exemplo da realização de experimentos que permite, na prática, comprovar a teoria. Galiazzi (2001; 2004) tece críticas relacionadas à ênfase dada à prática, como

se não existisse teoria ao se realizar a prática, ou como questiona a pesquisadora fundada em outros autores: *Como se a prática partisse de um vácuo cognitivo*. Por fim, a mesma coloca que o conhecimento científico se faz sobre ideias e não sobre fatos. As entidades conceituais das Ciências não estão nos fatos para serem vistos, mas nas ideias a serem elaboradas.

Ainda quanto à dicotomia teoria-prática é necessário compreender que as observações podem fornecer elementos e/ou informações que conduzem o cientista, à luz das teorias, buscar fundamentos para que num diálogo intenso e contínuo entre o observado e as teorias permitam ou não justificar os fenômenos investigados. Conforme proposto por Wellington (1998) *apud* Galiazzi e Gonçalves. (2004, p. 327):

“A dicotomia entre teoria e prática é criticada por Wellington¹, porque os experimentos são sempre dependentes de alguma teoria. Não realizamos no “vácuo teórico”, isto é, as previsões, observações e inferências são sempre originadas a partir de uma teoria. Portanto, em todas as observações são as teorias que possibilitam uma interpretação e não o contrário.”

Corroborando com o diálogo trazemos um pensamento do renomado filósofo da Ciência, Feyerabend (1977), nas suas reflexões sobre os rumos da Ciência, que explana sobre as relações teoria-prática.

“Enfim descobrimos que o aprendizado não se desenvolve da observação para a teoria, mas sempre envolvem ambos os elementos. A experiência aparece acompanhada de pressupostos teóricos e não antes deles; e a experiência sem a teoria é tão supostamente incompreensível quanto (supostamente) a teoria sem experiência” (Feyerabend², 1977, *apud*, Köhnlein e Peduzzi, 2002, p. 4).

¹ Wellington, J. *Practical work in School Science: Which way now?* Routledge: London, 1998.

² Feyerabend, P. *Contra o Método*. Rio de Janeiro, 1977. (Tradução S. da Mota e L. Hegenberg).

Na perspectiva epistemológica contemporânea põe-se, em questão, toda a observação neutra e espontânea. O autor não defende, contudo, o abandono da observação, pelo contrário, defende que ela não é neutra e tão pouco objetiva, “não considera que os fatos científicos sejam dados, como oferta gratuita do real. Admite, pelo contrário, que eles sejam construídos, ou seja, que resultam de um longo percurso através da teoria” (Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002, p. 136).

Abordamos ainda, em certa medida, que a atividade de observar de um cientista tem objetivos diferentes do observar fenômenos para fins didáticos em sala de aula. Partindo desse pressuposto permite até quebrar uma sequência consagrada nas aulas de ciências, onde os professores iniciam as aulas proferindo preleções sobre os conteúdos a serem abordados, seguindo a realização das atividades práticas que envolvem determinado tema. Assim, encerramos:

“A perspectiva epistemológica quase sempre implícita e algumas vezes explícita em currículos de ciências é de raiz tendencialmente empirista-indutivista. Podemos afirmar que foi esta a concepção herdada do positivismo e que está implícita nas recomendações que se fazem aos alunos: façam observações repetidas, observem com atenção, selecionem as observações importantes... A questão não é naturalmente desvalorizar o papel da observação em ciência ou no ensino das ciências, mas sim de reapreciar o seu papel e estatuto na construção do conhecimento” (Praia, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002, p. 136).

O quadro teórico abaixo traz em síntese o confronto de ideias de correntes filosóficas distintas, e a apresentação do mesmo tem objetivo comparativo no intuito de buscar superar as visões epistemológicas predominantes, concepções positivistas, e avançar no sentido de garantir uma leitura de ideias que permitam orientar à formação de professores fundamentadas em visões epistemológicas contemporâneas.

Quadro 1. Perspectivas empirista (moderna) e racionalista (contemporânea): Caracterização Sumária.

Fonte: Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002).

Dimensões Epistemológicas	Atributos da tendência empirista (moderna)	Atributos da tendência racionalista (contemporânea)
Construção do Conhecimento científico	- Os discursos científicos aparecem como verdades absolutas e libertos de toda a contingência; - O conhecimento científico é dotado de exterioridade – descrição do mundo real; - O desenvolvimento da Ciência dá-se por acumulação e por justaposição do conhecimento; - São valorizadas experiências e observações como elementos independentes da diretriz da teoria; - A evolução da Ciência é acumulativa; - São desconsideradas as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade.	- Têm em conta as descontinuidades/rupturas entre o tratamento científico dos problemas e o pensamento do senso comum; - Nasce da crítica e reformulação de hipóteses, partindo de situações não explicitadas pela teoria; - Questiona a exigência única de princípios universais para a construção do conhecimento científico, que não é definitivo, nem absoluto; - Evidencia múltiplos fatores contingentes: filosóficos, culturais, éticos, religiosos, políticos, econômicos que condicionam ou são constitutivos da atividade de pesquisa. - Concebe-o como empreendimento humano e cultural que procura ser mais acessível aos cidadãos ajudando-os a uma maior conscientização nas suas opções e tomadas de decisão.

Teoria em Ciência	- É induzida das observações, que ditam os fatos; - Consta de verdades descobertas através de experiências rigorosas; - É, sistematicamente, posta à prova pela experiência; - Está onipresente na pesquisa e autoriza as hipóteses, as observações e as experiências.	- Tem um papel primordial na seleção e mesmo na avaliação dos dados; - Possui sentido preditivo; a partir das teorias são feitas deduções orientadas para prognosticar acontecimentos observáveis; - É vista como saber explicativo, dinamicamente construído e sujeito à crítica fundamentada, e, por esta razão, tende a ganhar caráter de paradigma.
Observação em Ciência	- É enunciado um conjunto de regras precisas de observação; - É objetiva e neutra – registro passivo de dados, fatos destituídos de componentes teóricas; - Distinção clara entre observação e interpretação; sentido de imparcialidade; - As ideias resultam da interpretação de dados sensoriais; - São observações ocasionais que geram, muitas vezes, as descobertas em Ciência; - A indução surge como o tipo de raciocínio geralmente utilizado.	- É guiada por hipóteses que não se submete apenas à confirmação positiva, mas deve funcionar, também, como tentativa de retificação da(s) hipótese(s); - Uma das suas funções é conduzir à formulação de novas hipóteses; - Traduz-se por um diálogo complexo e permanente com a teoria, no que se influenciam e enriquecem mutuamente.

É fundamental o exercício cognitivo de compararmos e confrontarmos as ideias que fundam as visões epistemológicas modernas x contemporâneas, entendermos as críticas e as limitações do pensamento moderno em relação à natureza da construção do conhecimento científico. Devemos ter a clareza que a habilidade de observar meticulosamente um fenômeno, seguir com suas anotações, buscar a suas regularidades e constatação de hipóteses (elementos do pensamento positivo), não são em si suficientes para a construção do conhecimento. É fulcral, no contexto atual a apropriação dos fundamentos epistemológicos contemporâneos que nos garantam uma leitura ampliada de como o conhecimento científico é construído, no sentido de que esse entendimento nos leve a uma revisão das nossas concepções, crenças e práticas, e permitam que atividades experimentais sejam desenvolvidas em sala de aula, porém desenhadas/planejadas a partir de novos objetivos.

Nesse contexto propomos um segundo quadro comparativo (quadro 2), que apresenta elementos do ensino tradicional (com características marcantes de visões epistemológicas modernas) *versus* elementos do ensino crítico-transformador (que se apropria de elementos de visões epistemológicas contemporâneas) permitindo aos docentes refletirem sobre suas práticas pedagógicas, e que nesse processo de desconstrução e reconstrução possam planejar suas atividades fundadas em uma perspectiva epistemológica contemporânea.

Quadro 2 - Comparação entre as concepções de Ensino Tradicional X Ensino Crítico Transformador.

Fonte: Adaptado de Pitanga (2015).

Ensino Tradicional	Ensino Crítico-transformador
- Transmissão do Conteúdo	- Construção do Conhecimento
- Disciplinar	- Trans e Interdisciplinar
- De alto valor instrumental com vistas a atender as demandas do mercado	- De alto valor formativo com vistas a atender as demandas sociais
- Ingênuo e simplista	- Politizado e Contextualizado
- Acrítico, anistórico, anacrônico e linear	- Crítico, histórico, inter-relacional
- Ensino Técnico e propedêutico	- Ensino para a cidadania assumindo a tomada de decisões
- Superespecializado	- Baseada no Diálogo dos Saberes
- Alienante	- Transformador

Os Aspectos Pedagógicos

Antes de adentrar no diálogo sobre os aspectos pedagógicos, faz necessário esclarecermos que a divisão em aspectos epistemológicos e pedagógicos, representa uma iniciativa didática, com objetivo de facilitar os entendimentos daqueles que se apropriarem dessa obra. Resta ainda reconhecer, que são quase imperceptíveis às características que separam um aspecto do outro, pois notavelmente observamos um processo de retroalimentação contínuo, em que as concepções de um aspecto acabam por influenciar as ideias e práticas adotadas por professores de ciências.

Os autores afirmam que os professores, em seus diversos níveis de ensino, elencam as atividades experimentais, por vários motivos, como técnica facilitadora de aprendizagem.

“Não é incomum, entre professores, a ideia de que a atividade experimental tem a função de concretizar para o aluno as formulações teóricas da ciência e que, por isso, facilitaria a aprendizagem” (Silva, Machado e Tunes, 2010, p. 237).

Contudo, quanto a este aspecto Borges (2002) aponta para um problema significativo que é a completa inadequação pedagógica. As críticas se assentam no modo como as atividades práticas são utilizadas na escola. Com objetivos de testar leis científicas, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas aulas teóricas, ou ainda, ver na prática o que acontece na teoria, entre outros (Borges, 2002).

Outra inadequação é referente aos objetivos e às concepções de que as atividades escolares são da mesma natureza e têm a mesma finalidade que as atividades experimentais e de observações que são desenvolvidas pelos cientistas nas rotinas de laboratório. Neste ponto observamos um corriqueiro equívoco, que é esperar ambientes com equipamentos especiais para a realização das atividades (Borges, 2002). Esse é um ponto de inflexão, e os professores devem ter clareza de que as práticas e os experimentos científicos são atividades distintas e com isso tem objetivos completamente diferentes das atividades experimentais para fins didáticos.

O professor Derek Hodson, do Instituto Ontário de Pesquisas em Educação, se apresenta como um dos pioneiros no contexto das discussões sobre a experimentação no Ensino de Ciências, e partir de suas pesquisas e análises críticas sobre o tema, buscou desconstruir algumas ideias circulantes dos professores sobre os objetivos da realização de atividades experimentais, sendo elas, a saber, (Hodson, 1994):

-  *Para motivar, mediante a estimulação do interesse e da diversão;*
-  *Para ensinar as técnicas de laboratório;*
-  *Para intensificar as aprendizagens dos conhecimentos científicos e aprender sobre os métodos da ciência.*

Quanto às motivações relacionadas às questões de despertar o interesse e a experimentação associadas com a diversão, queremos mais uma vez alertar que, discuti-las são aspectos que envolvem a dimensão epistemológica, porém, os professores de Ciências, em especial de Química, passaram a apontar que experimentos coloridos ou que apresentassem alguma modificação perceptível facilitaria a aprendizagem e motivaria os alunos pelo simples fato de observar as transformações. O que muito se tem denominado de “aulas show” ou “química show”.

Coadunamos com as proposições de Gonçalves e Marques (2006), a não se contrapor com a realização de experimentos coloridos, porém é preciso superar as intenções de provocar uma curiosidade ingênua, marcada pela visualização do fenômeno. E é neste ponto que argumentamos a necessidade dos professores repensarem os seus objetivos quanto à ênfase dada a estas evidências experimentais.

Essa curiosidade ingênua se apresenta como reflexo da predominância das concepções e visões empiristas-indutivistas frutos do pensamento moderno, as quais Chalmers (1993) denominou de indutivismo ingênuo. No seu clássico: *O que é Ciência afinal?* O autor nos ensina sobre o indutivismo, assim chamado, pois, baseia-se no raciocínio indutivo e ingênuo devido à crença de que a ciência é tida como um conhecimento derivado dos dados da experiência.

Para o indutivista ingênuo a ciência começa com a observação, esta oferece uma base segura sobre a qual o conhecimento científico pode ser construído, e o conhecimento científico é obtido por meio de proposições de observação por indução. Porém, sejamos advertidos que, as crenças em leis e teorias nada mais são que hábitos psicológicos que adquirimos como resultado de repetições das observações relevantes (Chalmers, 1993).

E assim, o fato de um experimento envolver a ocorrência de fenômenos observáveis, tradicionalmente os que apresentem alteração de coloração, liberação de gases, entre outros, não garante do ponto de vista pedagógico, uma construção mental que leve ao entendimento daquilo que foi observado para além do nível macroscópico. Como apontado por Hodson (2002), ninguém é uma tábua rasa, todos nós temos uma série de concepções que são construídas ao longo das experiências das nossas vidas. Por fim, assim coloca Chalmers (2002, p. 48), “o que um observador vê, isto é, a experiência visual que um observador tem ao ver um objeto, depende em parte de sua experiência passada, de seu conhecimento e de suas expectativas”.

Silva, Machado e Tunes (2010), advertem para o cuidado com a realização de experimentos que se limitam à apresentação de fenômenos impactantes, tais como explosões, liberação de gases coloridos, ou cheiros característicos. O efeito que certos fenômenos exercem sobre os estudantes adquire uma dimensão maior, e tem como consequência a criação de obstáculos, pois reduzem os interesses dos jovens pela aprendizagem dos aspectos microscópicos, não passando do nível fenomenológico. O fenômeno precisa ser pensado didaticamente de modo a não ser reduzido a uma mera demonstração empírica de uma verdade oculta da natureza (Idem).

A Ciência deve ser vista como um conjunto de hipóteses que são experimentalmente propostas com a finalidade de descrever ou explicar acuradamente o comportamento de algum aspecto do mundo ou do universo (Chalmers, 1993). A Ciência começa com um problema, e o(a)(s) cientista(s) se sentem desafiados(as) a buscar soluções para superar tais situações problemáticas, assim, a observação do fenômeno é um dos vários instrumentos que podem ser usados nos seus encaminhamentos.

Então, retomando e reconciliando as ideias postas relacionadas aos aspectos pedagógicos, enfatizamos que observar os experimentos, coletar informações e buscar justificativas, são habilidades limitadas quando se tem como principal objetivo que uma pessoa possa criar, ou melhor, elaborar um modelo cognitivo sobre o entendimento do funcionamento de determinado sistema.

Tendências Atuais

A partir de então vamos tratar de alguns fundamentos teóricos que suportam a realização de experimentos em aulas de Ciências/Química. As atividades experimentais precisam/carecem de um fim/norte pedagógico. Reiteramos a necessidade de desvelar que este tipo de atividade, estando elas voltadas para salas de aulas de Ensino Fundamental e Médio, possuem objetivos diferentes das atividades científicas que são desenvolvidas em laboratórios de pesquisas ao redor do mundo.

Nesse ínterim faz-se necessário frisar e repensar que as atividades experimentais precisam de um norte pedagógico. Nos processos de produções/elaborações de aulas, tão importantes quanto os conteúdos científicos que serão abordados e os materiais usados, deve ser o ato de organizar como a observação, seguida da discussão dos fenômenos visualizados serão tratados. De modo a permitir que se desenvolvam processos de produção do conhecimento, e o professor deve várias vezes questionar-se: Como os meus alunos desenvolveram processos cognitivos com o experimento?

Nessa empreitada nos aportamos dos pressupostos teóricos de Jonhstone (1993, 2000) ao retratar a importância dos professores em conhecer aquilo que tem chamado de *Três Níveis do Conhecimento Químico*, a saber: o macroscópico (fenomenológico), o submicroscópico (conceitual) e o representacional (simbólico).

“O nível de representação macroscópico engloba todos os fenômenos que são observáveis como, por exemplo, experimentos e fotografias de sistemas químicos. No nível submicroscópico o fenômeno químico é representado por meio do arranjo espacial e pelo movimento/ interação de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies químicas. [...] O nível simbólico refere-se à linguagem empregada pelos químicos como, por exemplo, as representações simbólicas de átomos, moléculas, fórmulas, equações e estruturas” (Gibin e Ferreira, 2013, p. 1811).

Partindo dos pressupostos teóricos, os planejamentos experimentais devem ser confeccionados para que, de maneira planejada, os três níveis de conhecimento sejam trabalhados de forma encadeada ao longo das aulas, a fim de facilitar os processos de abstração de conteúdos considerados complexos, de modo que os alunos consigam estabelecer relações entre esses níveis (Pitanga *et al.*, 2017). Assim, um fenômeno pode ser observado, seguido da socialização e discussões, na busca por justificativas para as observações (macroscópico), passando pelo nível submicroscópico, onde teorias, leis, regularidades dos fenômenos devem ser postos, buscando pressupostos científicos para os entendimentos dos mesmos. Por fim, construir modelos representacionais, através de desenhos, imagens, simulações, equações e fórmulas. Acreditamos que dessa forma os experimentos devem ser planejados, corroborando com o excerto abaixo:

“No ensino de Química, ao tentar desenvolver nos estudantes a habilidade de construir modelos mentais sobre conceitos químicos, é interessante iniciar as atividades didáticas por meio da observação ou manipulação de algo concreto, no nível macroscópico, como a realização de um experimento, por exemplo, em seguida é importante trabalhar em nível submicroscópico, seja por meio do uso de imagens, animações, vídeos ou modelos moleculares para estimular os alunos a raciocinarem em nível submicroscópico e elaborar modelos mentais adequados sobre o sistema químico em estudo. Deve-se enfatizar que o nível simbólico é importante e que também deve ser trabalhado nas aulas, pois trata da linguagem aplicada empregada na Química” (Gibin e Ferreira, 2010, p. 1811).

Com base nas ideias de Silva, Machado e Tunes (2010, p. 235), “A experimentação no ensino pode ser entendida como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias.” E assim, as atividades devem ser planejadas:

“A experimentação deve ser entendida como ensaio, como análise de propriedades, de teor ou qualidade e de dimensão, todavia são atividades de experimentação diferentes daquelas a que denominam científicas” [...] “É atividade desenvolvida num ambiente criado para esse fim, envolvendo-se os alunos em experiências de aprendizagem planejadas, interagindo com materiais para observar e compreender fenômenos” (Silva, Machado e Tunes, 2010, p. 239).

Fundamentados nessas ideias, a realização de experimentos no ensino deve ser organizadas com a capacidade de promover generalizações e previsões de uma teoria, garantindo assim, o seu caráter investigativo. Os experimentos utilizados tem como intenção inicial promover a observação do comportamento dos sistemas, buscar as suas evidências, e, por fim, elencar as suas generalizações, para daí criar um ambiente onde os alunos possam suscitar as suas ideias, a fim de tentar explicar os processos.

O experimento didático deve ter a observação como um fio condutor na difícil tarefa de construção do conhecimento. A observação dos fenômenos deve ser vista como a primeira etapa do processo, e não, o fim da atividade, como corriqueiramente vê-se nas práticas dos professores (que geralmente encerram as suas atividades depois das anotações dos fenômenos observados). Entendemos que observar fenômenos, suas regularidades, suas limitações, são importantes por permitir entender e desenvolver algumas habilidades inerentes às atividades científicas.

Contudo, do ponto de vista didático, os planejamentos dos experimentos devem estar para além, e essas atividades não podem ser realizadas com fins de simplesmente anotar observações, seguido de pesquisas individuais para explicar as observações. Buscando avançar no aspecto pedagógico, concordamos com as posições de Well (1999) quando propõe a inserção das previsões na execução de atividades práticas. Apontamos a importância do entendimento de desenvolver habilidades de previsões como função mediadora na verificação das concepções prévias dos discentes, seguido de agente mobilizador de discussões que permitam desconstruir/reconstruir

ideias, visando desenvolver atitudes e destrezas cognitivas de alto nível intelectual que resultem na construção de modelos teóricos mentais mais próximos possíveis das teorias científicas aceitas.

Acreditamos que a adoção da prática de propor aos alunos que busquem levantar hipótese para explicar é imprescindível, pelo menos por dois fatores: 1) como já posto, leva os alunos a exporem suas concepções prévias; seguido de, 2) essa atividade demanda um esforço cognitivo que poucas vezes são exigidos dos mesmos, e isso faz com que eles busquem mobilizar ideias na iniciativa de propor justificativas para as suas hipóteses. Cabe ressaltar a sugestão de que os mesmos elaborem e escrevam suas hipóteses num diário de anotações de atividades.

Em seguida sugere-se que sejam socializadas as hipóteses por eles elaboradas. Daí então, sejam executados os procedimentos dos experimentos. Nesta etapa, a ação do professor é imprescindível no sentido de que durante a execução vários questionamentos possam ser propostos aos alunos, preferencialmente aqueles que provoquem conflito cognitivo com as hipóteses anteriormente citadas. Na sequência a atividade deve ter prosseguimento com a análise comparativa crítica entre as hipóteses inicialmente traçadas versus as informações obtidas nos experimentos – resultando na produção de um texto final, no qual os alunos devem propor novas ideias para a justificativa dos fenômenos que foram investigados.

Silva, Machado e Tunes (2010) sugerem atividades que possam ser desenvolvidas em aulas de ciências, sem que haja a obrigatoriedade da existência de um espaço físico específico denominado laboratório, e que para o desenvolvimento são imprescindíveis entendimentos como: o ensinar e o aprender como processos indissociáveis; a não dissociação entre teoria-experimentos; e a inserção dos fundamentos da interdisciplinaridade, contextualização, Educação Ambiental, pressupostos Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), Química Verde, entre outros.



Atividades Demonstrativas-investigativas:

São entendidas como aquelas em que o professor apresenta durante as aulas alguns fenômenos e a partir dos quais eles podem introduzir

alguns aspectos teóricos que estejam relacionados ao que foi observado (Silva, Machado e Tunes, 2010). Assim, elas podem possibilitar:

- Maior participação e interação dos alunos;
- Melhor compreensão por parte dos alunos da relação teoria-experimento;
- Levantamento das concepções prévias dos alunos;
- Formulação de questões que gerem conflitos cognitivos;
- Desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de formulação e teste de hipóteses;
- Valorização do ensino por investigação;
- Aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos científicos.

As atividades devem ser organizadas de modo que os fenômenos possam ser visualizados pelos alunos, e sob orientação do professor, seja possível relacionar com as teorias, não havendo necessidade de se alcançar resultados quantitativos. É importante atentar para as concepções ou explicações formuladas pelos alunos que estejam muito diferentes dos conhecimentos científicos aceitos, e assim de forma dialogada, o professor possa elaborar novas questões de modo que os alunos possam reformular as suas ideias prévias (Silva Machado e Tunes, 2010).

2 *Experiências Investigativas*

Essas são atividades mais sofisticadas do ponto de vista do aparato experimental, e com isso requerem a disponibilidade de um laboratório. São elaboradas de modo a buscar a solução de uma questão que será respondida pela realização de um ou mais experimentos, e deve ser montada tomando como referência as seguintes etapas: a) Proposição de uma questão/problema; b) Identificação e exploração das ideias dos alunos; c) Elaboração de possíveis planos de ação; d) Realizando experimentos com base nos planejamentos traçados; e) Análise dos

dados obtidos; f) Respondendo a(ao) questão/problema inicial.

É recomendado que os experimentos sejam simples, de fácil realização e que não envolvam etapas longas e tediosas, evitando o uso de equipamentos complexos, com montagens que careçam da maior parte do tempo disponível para aula.

3 *Simulações de Computador*

Se apresentam como alternativa à realização de experimentos que envolvam reagentes tóxicos, ou procedimentos que apresentem periculosidade, como também em substituição aos experimentos de custo elevado. Podem ser conduzido segundo o planejamento proposto nas experiências investigativas (Silva, Machado e Tunes, 2010).

Diversos softwares gratuitos são disponibilizados para as simulações, dentre eles podemos citar: o programa PhET (Physics Education Technology) de simulações interativas desenvolvido pela Universidade do Colorado; a RIVED, Rede Internacional Virtual de Educação; o software Carbópolis; Virtual Lab; ACD/ChemSketch 11.0; CurtiPot; Cidade do átomo; 3D Angles; e muitos outros disponíveis na web.

4 *Vídeos e Filmes*

O uso de vídeos e filmes permite uma abordagem contextualizada e interdisciplinar de uma dada realidade. As narrativas fílmicas despertam interesse, informam e estimulam a curiosidade (Silva, Machado e Tunes, 2010). De acordo com os autores (p. 254), “essas não podem ser encaradas como atividade de lazer ou em substituição a uma aula teórica para suprir a ausência do professor”. Há necessidade de planejamento podendo contar com as seguintes etapas: a) Propor questões para os alunos antes da exposição; b) Planejar a interrupção da projeção para discussão de aspectos exibidos; c) Promover um debate analisando as questões propostas antes da exibição e outras possíveis que possam ser suscitadas durante o processo de socialização e discussão das informações.

Trazendo as Considerações Finais

É tácita a descrição na literatura que aponta, alerta e adverte sobre a predominância da visão epistemológica moderna durante os vários anos da nossa escolarização passando do Ensino Fundamental chegando até os cursos superiores, e aqui, preocupações especiais centradas na formação de professores. No contexto educacional, as concepções modernas apresentam como elemento mais significativo à predominância no ensino tradicional em seus vários níveis de ensino.

Os professores de Ciências Naturais nas realidades cotidianas reconhecem o baixo desempenho dos alunos, tanto nas atividades desenvolvidas corriqueiramente nas escolas, como também os resultados dos exames nacionais e internacionais. Eles estão cientes e expressam as suas preocupações com o quadro observado, e diante de muitos fatores inseridos num contexto complexo do sistema educacional brasileiro, os mesmos apontam a realização de experimentos em suas aulas como um caminho que pode conduzir a melhoria do quadro de baixo desempenho que vem há décadas sem sofrer mudanças significativas nos seus indicadores.

Contudo, um fator quase que imperceptível, a muitos professores, é a influência nas suas concepções e práticas cotidianas das visões epistemológicas modernas, que se tornam obstáculos às iniciativas de propor um ensino que supere o tradicionalismo. A importância da experimentação é desconstruir ideias equivocadas e avançar noutra perspectiva

Notas

1 - Trataremos por docentes, aqueles que estão em formação, bem como os que já ocupam suas atividades em sala de aula.

2 - Guimarães (2013) trata em sua obra especificamente da formação de educadores ambientais, porém reconhecemos aqui que, as armadilhas paradigmáticas representam um problema generalizado na formação de professores, independente da área de formação, e nesse sentido, trouxemos as suas contribuições para o debate.

3 - São estruturas cognitivas internas das pessoas, que correspondem ao modo como elas compreendem os fenômenos químicos. Na Química, os modelos mentais são estabelecidos principalmente pela relação entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos, pois o nível submicroscópico basicamente consiste em um modelo explicativo da natureza da matéria (Gibin e Ferreira, 2010, p. 1810-1811).

Referências

BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez., 2002.

CARVALHO, I.C.M. **Educação ambiental: A formação do sujeito ecológico**. 6. ed, São Paulo: Cortez, 2012.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

HODSON, D. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299 – 313, 1994.

GALIAZZI, M.C.; ROCHA, J.M.B.; SCHMITZ, L.C.; SOUZA, M.L.; GUESTA, S.; GONÇALVES, F.P. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GALIAZZI, M.C.; GONÇALVES, F.P. A natureza pedagógica da experimentação: Uma Pesquisa na Licenciatura em Química. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GIBIN, B.G.; FERREIRA, L.H. A formação inicial em Química baseada em conceitos representativos por meio de modelos mentais. **Química Nova**, v. 8, n. 33, p. 1809-1814, 2010.

GIBIN, B.G.; FERREIRA, L.H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no Ensino de conceitos Químicos. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 35, p. 19-26, 2013.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**. n. 10, p. 43-49, 1999.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.

GUIMARÃES, M. Por uma Educação Ambiental Crítica na Sociedade atual. **Revista Margens Interdisciplinar**, v. 7, n. 9, p. 11-22, 2013.

JOHNSTONE, A.H. The development of chemistry teaching. **University Chemistry Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

_____. Chemical education research: where from here? **University Chemistry Education**, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

KÖHNLEIN, Janete F. Klein; PEDUZZI, Luiz O. Q. Sobre a concepção empirista – indutivista no ensino de ciências. In: **Anais**; VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. VIII ENPEF, SBF, Águas de Lindóia, 2002. <Disponível em: <http://nutes2.nutes.ufrj.br/interage/download2.php?file=../arquivos/>> acessado em: 30/11/2012.

MALDANER, O.A. A pós-graduação e a formação do educador químico: Tendências e perspectivas. In. ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (Orgs). **Educação Química no Brasil. Memórias**, Políticas e Tendências. 2 ed. Campinas: Átomo, p. 269–287, 2012.

PITANGA, A. F.; SANTOS, B. L. S. R.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D.; FERREIRA, W. M. Adaptação metodológica de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 4, p. 373-377, 2015.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no ensino de Química. In. SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (org.). **Ensino de Química em Foco**. 1 ed. Ijuí: Unijuí, p. 159–180, 2010.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: Para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & Educação**. v. 8, n. 1, p. 127–145, 2002.

SILVA, R.R.; MACHADO, P.L.F.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In. SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O.A. (Ed). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí; 231–265, 2010.

WELLS, G. Dialogic inquiry: Towards a sociocultural practice and theory of education. Cambridge University Press: New York, 1999.

ZUIN, V.G. A inserção da Dimensão Ambiental na Formação de Professores de Química. 1. ed. Campina: Átomo, 2011.

**EXPERIMENTAÇÃO “BARATA”:
(RE)PENSANDO EXPERIMENTOS
COM MATERIAIS DE FÁCIL
AQUISIÇÃO**

Wendel Menezes Ferreira; Ângelo Francklin Pitanga

Introdução

O ensino de Química, quando praticado de forma segmentada, e consequentemente, desvinculado da realidade, provoca desestímulo nos alunos. Uma das prováveis explicações diz respeito ao fato de muitos professores abordarem os conceitos químicos na forma de itens fragmentados, acreditando inconscientemente que, a posteriori, os alunos, como na montagem de um jogo de quebra-cabeça, conseguirão juntar todas as peças e estabelecer relações entre tais conceitos e o seu cotidiano (Quadros, 2004; Sá e Silva, 2008).

Em contraposição, Lima e Marcondes (2017) defendem que os alunos sejam desafiados, por meio de estratégias de ensino-aprendizagem pré-estabelecidas no currículo, a participar ativamente das aulas, ou seja, pensar, analisar situações, propor soluções e criticar decisões de modo consciente. No entanto, para que se estabeleça um processo dialógico, cuja participação dos alunos seja ativa, os professores precisam dar voz aos alunos (conhecer o que eles pensam e como se comportam diante de situações-problemas propostas), e então, poderão auxiliá-los no processo de reelaboração de suas concepções tornando a aprendizagem verdadeiramente significativa.

Aliado a isso, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), para que haja aprendizado, os conteúdos devem ser significativos para os alunos:

O que se torna significativo e relevante consolida seu aprendizado. O que ele aprende fundamenta a construção e a reconstrução de seus valores e práticas cotidianas e as suas experiências sociais e culturais. O que o sensibiliza molda a sua identidade nas relações mantidas com a família, os amigos, os grupos mais próximos e mais distantes e com a sua geração. O que provoca conflitos e dúvidas estimula-o a distinguir, explicar e dar sentido para o presente, o passado e o futuro, percebendo a vida como suscetível de transformação (BRASIL, 1998, p 38).

Em vista disso, depreende-se que alunos devidamente motivados apresentarão elevada autoconfiança favorecendo a aquisição dos conceitos ensinados. Por outro lado, se os alunos não forem devidamente motivados, apresentarão uma baixa estima acarretando num nível de ansiedade que provocará uma obstrução mental, impedindo a compreensão e a aquisição de novos conceitos (Kovalek e Chicowski, 2008).

Desse modo, as atividades de aprendizagem, assim como os objetivos das aulas, não podem se resumir a reproduzir conhecimentos para apenas memorizar e depois repetir. Todo conhecimento deve ser pensado no sentido de sua redescoberta ou redefinição. Para isso, faz-se necessário trabalhar dialeticamente, construindo o conhecimento numa relação entre professor, aluno, objeto e realidade.

Nessa relação é imprescindível que o professor assuma e desempenhe, de fato, o papel de mediador entre o aluno, o objeto do conhecimento e a realidade (Sá e Silva, 2008), buscando um caminho que leve o aluno a analisar e sintetizar esse objeto, de forma que chegue a um conhecimento mais elaborado, não fragmentado e que não se limite apenas ao senso comum, ou seja, cabe ao professor utilizar recursos com a finalidade de motivar os alunos a se interessarem pelo ensino de Química e criar condições favoráveis para que eles consigam aprender (Litz, 2009).

Santos e Maldaner (2010, p. 241) asseveram que “um dos grandes problemas relacionados à qualidade do ensino de Ciências é a ausência da experimentação.” E, ainda, alguns dos documentos oficiais, que definem diretrizes para o ensino de Ciências (Química), tais como: Parâmetros Curriculares Nacionais, Orientações Curriculares Nacionais, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais e Programa Nacional de Educação Ambiental “recomendam o uso da experimentação, enfatizando a relação teoria-experimento” (Santos e Maldaner, 2010, p. 244).

Contudo, sob outra perspectiva, é fundamental que se cuide para que as atividades experimentais não se restrinjam, tão somente, ao aspecto motivacional. Dessa forma, respaldado em Guimarães e Dorn (2015), a experimentação não deve ou não pode ser usada apenas para deixar a aula

um pouco mais divertida, menos chata, etc. Ou seja, deve ser usada não com foco no ensino, mas na aprendizagem, é necessário ir além.

De acordo com Lisbôa (2015, p. 198), “a experimentação é um dos principais alicerces que sustentam a complexa rede conceitual que estrutura o ensino de química”. Mesmo não sendo o único alicerce, a experimentação configura-se, certamente, como uma poderosa estratégia metodológica capaz de promover a construção dos significados dos conceitos científicos, seja ela:

“usada como demonstração, comprovação do que foi discutido em sala de aula ou como mecanismo de testar hipóteses e induzir questões nos aprendizes no intuito de respondê-las e, ao mesmo tempo, ensinar os conteúdos curriculares” (Guimarães e Dorn, 2015, p. 153).

Contudo, apesar de sua irrefutável importância no processo de ensino-aprendizagem, a execução de um experimento não pode se limitar ao caráter demonstrativo e, para isso, é necessário um planejamento antecipado para estabelecer objetivos que qualifiquem a experimentação como investigativa (Guimarães e Dorn, 2015), ou seja, experimentos que instiguem a busca de respostas para problemas bem definidos (Lisbôa, 2015). E, também, para que os resultados obtidos sejam significativos em termos de ensino e de aprendizagem (Castro e Araújo, 2012).

Independentemente da forma de aplicação e dos objetivos pretendidos, o uso da experimentação em aulas de Química é, sobretudo, infrequente, principalmente diante do que poderia ser abalizado como necessário (Lisbôa, 2015). Diversos autores pesquisaram os porquês, entre eles Costa *et al.* (2005), Santos e Maldaner (2010) e Lisbôa (2015) apontaram algumas razões para o uso tão insólito da experimentação, dentre elas:

- a Falta de laboratórios ou uso de espaços inadequados;
- b Laboratórios transformados em sala de aula ou depósito;
- c Escassez ou inexistência de materiais, tais como vidrarias e reagentes;
- d Insegurança de professores para realizar aulas experimentais;
- e Indisponibilidade de horário para preparar as atividades laboratoriais; e
- f Ausência de técnicos de laboratório.

O surgimento dos laboratórios, nas escolas secundárias, como espaços formais de realização de atividades experimentais, muito provavelmente, ocorreu em decorrência do trabalho experimental desenvolvido nas universidades. Segundo Galiazzi *et al.* (2001), as experimentações nessas instituições de ensino superior tinham como objetivo aperfeiçoar a aprendizagem, visto que os alunos aprendiam os conteúdos científicos, mas não conseguiam colocá-los em prática.

Certamente, outros entendimentos e motivos poderiam ser elencados para justificar a importância dos laboratórios, como sendo uma ferramenta fundamental para o ensino, em consequência de possibilitar a observação de fenômenos de interesse, independentemente da sujeição desses fenômenos a uma conjunção de condições favoráveis. Todavia, no momento, é suficiente evidenciar um excerto de Benite e Benite (2009) que esclarece perfeitamente o enunciado:

“A reprodução de modelos para o entendimento dos fenômenos químicos na natureza pode ser feita sempre que se reúna uma série de condições favoráveis e, por isso mesmo, essa reprodução nem sempre é possível. Desta forma, por exemplo, podemos ver a dispersão da luz branca quando vemos um arco-íris no céu, mas isso não é muito frequente nem muito fácil de ser programado de forma que coincida com uma aula sobre o espectro de linhas. É justamente em virtude das dificuldades de observarem muitos dos fenômenos *in loco* que as escolas dispõem ou, pelo menos, deveriam dispor de laboratórios para o ensino de Química” (Benite e Benite, 2009, p. 2).

Por outro lado, é factível que a construção de um laboratório demanda um alto investimento, principalmente se pensarmos em laboratórios estruturados com equipamentos sofisticados e de alta performance. Como a maioria das escolas, em particular, da rede pública de ensino, não dispõe de recursos para montar laboratórios assim, os professores, despropositadamente, abrem mão de um ensino alicerçado na experimentação (Galiazzi e Gonçalves, 2004). Isso, seguramente, contribui para ampliar o desinteresse dos alunos por disciplinas como a Química, bem como acentuar a deficiência de aprendizagem.

A falta de materiais e reagentes, visto que os mesmos precisam ser repostos constantemente, representam um custo considerável, sendo também, costumeiramente, apontado como um obstáculo à experimentação. A execução de uma atividade experimental que envolva reações gasosas, por exemplo, é algo praticamente impensável ou impraticável em escolas secundárias e, quando isso é possível, geralmente é feita de forma meramente ilustrativa e inteiramente dissociada da realidade dos alunos (Reis *et al.*, 2009). Por essa razão, ressalta-se a importância em simplificar os experimentos a fim de minimizar o quantitativo de materiais utilizados, garantindo uma redução dos custos e, consequentemente, potencializando a relevância pedagógica da atividade (Valadares, 2001).

Uma provável solução para esse entrave encontra-se na utilização de materiais alternativos. De acordo com Guedes (2017, p. 25), esses materiais “constituem um tipo de recurso que apresentam as seguintes características: são simples, baratos e de fácil aquisição, o que facilita o processo de ensino-aprendizagem”. O uso desses, promovem uma significativa redução dos custos de gerenciamento e de manutenção de um laboratório, tornando as atividades experimentais “acessíveis a todas as escolas, especialmente aquelas carentes de recursos financeiros” (Valadares, 2001, p. 38), e ainda, minimiza o descarte de resíduos químicos nocivos ao meio ambiente.

Em face do exposto, Silva *et al.* (2009) asseguram que a falta de recursos para estruturar e manter um laboratório, apesar de ser uma justificativa bastante habitual para a baixa frequência da experimentação nas aulas de Química, é frágil. Os mesmos autores afirmam, ainda, que “revistas direcionadas para a educação em ciências contêm, frequentemente, experimentos com materiais de baixo custo sobre temas abrangentes que contemplam diversos conteúdos” (idem, p. 280). A partir de então, caberia ao professor providenciar os materiais necessários para a realização dos experimentos ou, ainda, orientar os alunos sobre como obtê-los (Benite e Benite, 2009).

O estudo realizado por Souza e Broietti (2017), tomando como base de dados as publicações da revista Química Nova na Escola, no período compreendido entre 1995 e 2016 (volumes 1 a 38), investigou a temática sobre as Atividades Experimentais no Ensino de Química. As autoras encontraram 203 artigos que abordaram o tema. Dos quais, após categorização, 87 artigos (ou seja, 42,8%) foram acomodados na categoria intitulada ‘Materiais Alternativos’. Desse modo, concluíram que apesar de a ausência de atividades experimentais no ambiente escolar estar comumente associada à falta de laboratórios equipados, as experimentações não precisam “de um ambiente especial para sua realização, nem de equipamentos caros, mas necessitam de planejamento e objetivos claros para que possam realmente contribuir no processo de aprendizagem significativa” (idem, p. 6).

Por isso, sem embargo, considerando-se que é exequível a realização de atividades experimentais no próprio espaço da sala de aula, sem elevados custos e com potencial para propiciar a aprendizagem (Santos e Maldaner, 2010), pode-se inferir “que a pouca frequência das aulas experimentais pode ser resultado de uma problemática ainda mais complexa, a qual corresponde à formação dos professores (Silva *et al.*, 2009, p. 280).

Nesse caso, Galiazzi e Gonçalves (2004) defendem que a experimentação seja discutida em cursos de Licenciatura em Química como um dispositivo pedagógico capaz de auxiliar na compreensão de fenômenos químicos. Atribuem tal necessidade ao fato de professores e alunos possuírem teorias epistemológicas, em geral, simplistas e forjadas numa visão de Ciência empírico-positivista. Em outras palavras, para esses, a função da experimentação estaria limitada à comprovação de teorias, por meio de uma abordagem completamente dependente de um sistema tradicional de ensino.

A superação dessa visão simplista é vital para que a implementação e a interpretação de experimentos contribuam para construção do conhecimento científico dos alunos, de novos significados, melhorando, assim, o processo de ensino-aprendizagem (Silva *et al.*, 2009). Nessa perspectiva, apoiado em Hodson (1988 apud Lima e Marcondes, 2017), se faz necessário, ainda, distinguir entre experimentos para ciência e experimentos para o ensino de ciências. Enquanto um, o primeiro, objetiva o desenvolvimento de teorias, o outro encerra uma coleção de funções pedagógicas, por isso, o professor deve estabelecer objetivos pedagógicos claros tornando-se um mediador e/ou facilitador do processo, seja a experimentação realizada em laboratórios ou até mesmo em sala de aula.

Proposta de Atividade Experimental de Baixo Custo

Apresenta-se, abaixo, uma proposta de atividade experimental de baixo custo envolvendo materiais adquiridos em lojas de variedades domésticas (LVD), de eletrônicos (LE), artigos para festas (LAF), de materiais de construção (LMC) e de artigos de papelaria (LAP), entre outras.

O Testador de Condutividade Elétrica (TCE), pode ser confeccionado seguindo as orientações abaixo. Para isso, serão necessários os materiais listados a seguir:

Quadro 1. Materiais utilizados na confecção do TCE

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Material	Quantidade	Valor (R\$)¹	Onde?
30 cm fio rígido de cobre (4 mm)	01	1,20	LMC ou LE
LED (Diodo Emissor de Luz)	01	1,50	LE
porta-pilhas do tipo AA	01	1,00	LE
pilhas AA (com carga)	02	0,80	LE ou LVD
placa de MDF 20 x 8 cm	01	4,00	-
tinta PVA (37 mL)	01	3,50	LAP
pincel nº 16	01	2,50	LAP
ácido muriático (HCl) 1 L	01	6,20	LVD
soda cáustica (NaOH) 300 g	01	3,80	LVD
copinhos plásticos (para brigadeiro)	10	1,50	LAF

Passo a passo² da confecção do TCE:

Passo 1: Corte dois pedaços do fio de cobre, com o auxílio do alicate, com 12 cm de comprimento cada um. Em seguida, ainda com o auxílio do alicate, arqueie uma das pontas do fio **(FOTO 1)** e desencape-a cerca de 5 mm. Logo após, desencape a outra ponta de 2 a 3 cm **(FOTO 2A e 2B)**.

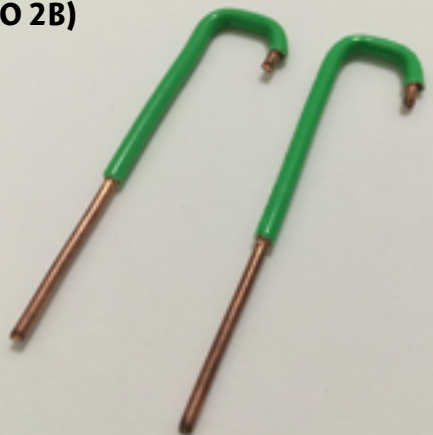
(FOTO 1)



(FOTO 2A)



(FOTO 2B)



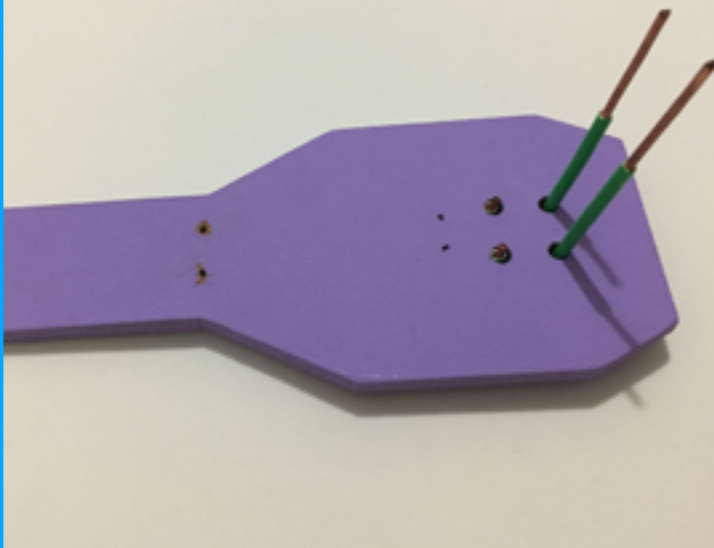
Passo 2: Faça quatro furos na placa de MDF, com aproximadamente o diâmetro do fio de cobre, e outros dois furos (diâmetro menor), abaixo dos quatro primeiros, para passar os fios do LED (**FOTO 3**).

Passo 3: Introduza a ponta do fio que não foi arqueado dentro do furo e faça com que a outra ponta passe pelo furo que está mais próximo ao furo por onde passará o fio do LED. É importante que fique uma pontinha do fio do outro lado do MDF (**FOTO 4A e 4B**). Repita o procedimento para o outro pedaço de fio rígido.

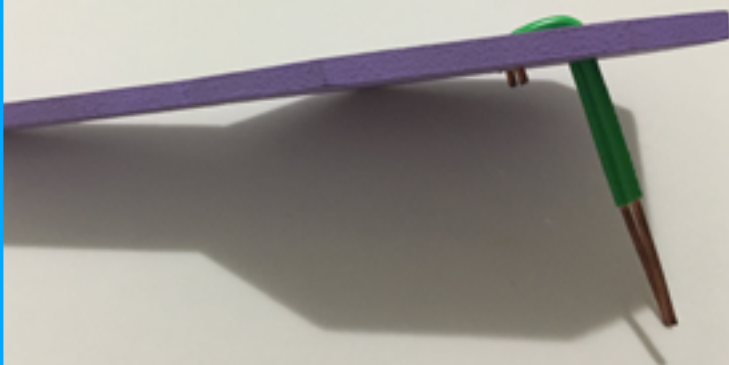
(FOTO 3)



(FOTO 4A)

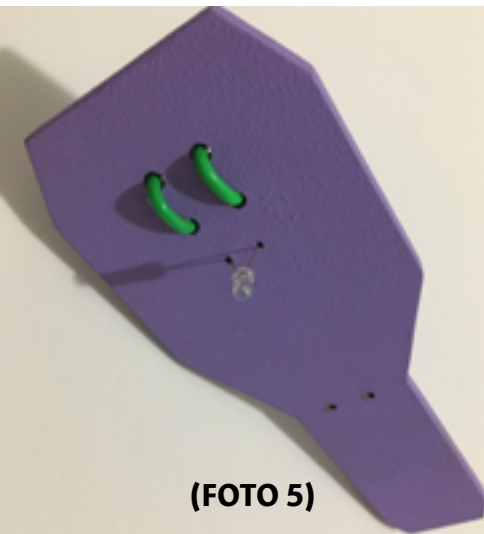


(FOTO 4B)

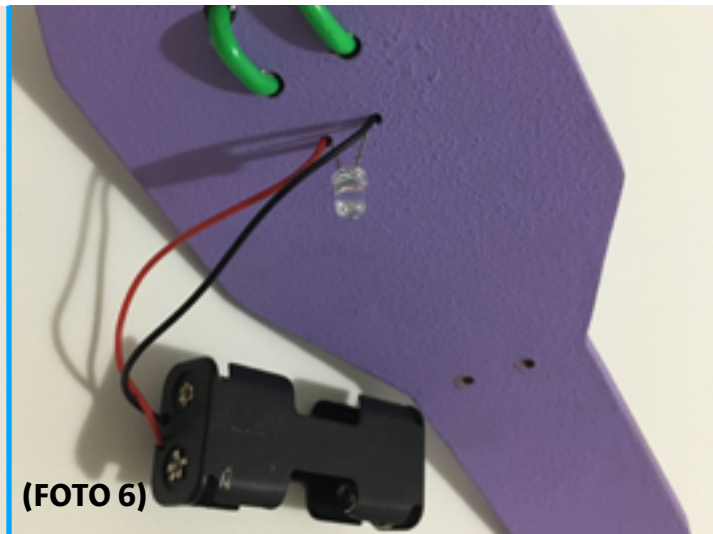


Passo 4: Coloque os fios do LED nos dois furos de menor diâmetro **(FOTO 5)**.

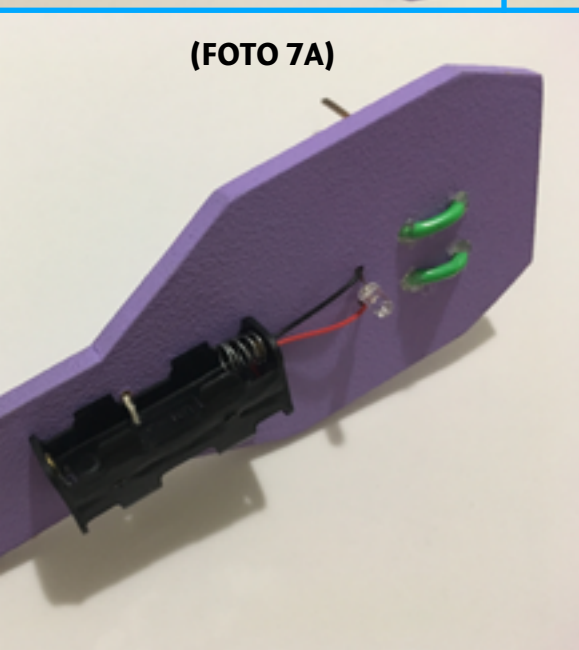
Passo 5: Insira os fios do porta-pilhas nos mesmos furos por onde passam os do LED **(FOTO 6)** e, logo após, prenda o porta-pilhas ao MDF com auxílio de fita adesiva, cordão ou cola (quente ou instantânea) **(FOTO 7A e 7B)**.



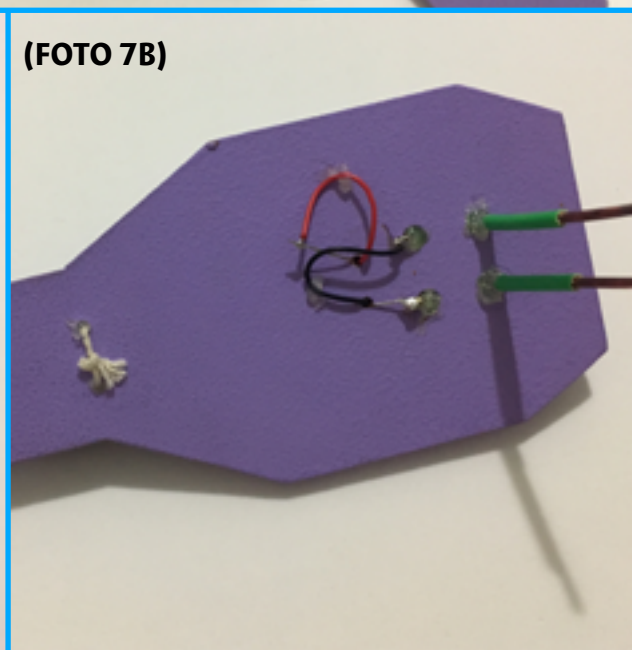
(FOTO 5)



(FOTO 6)



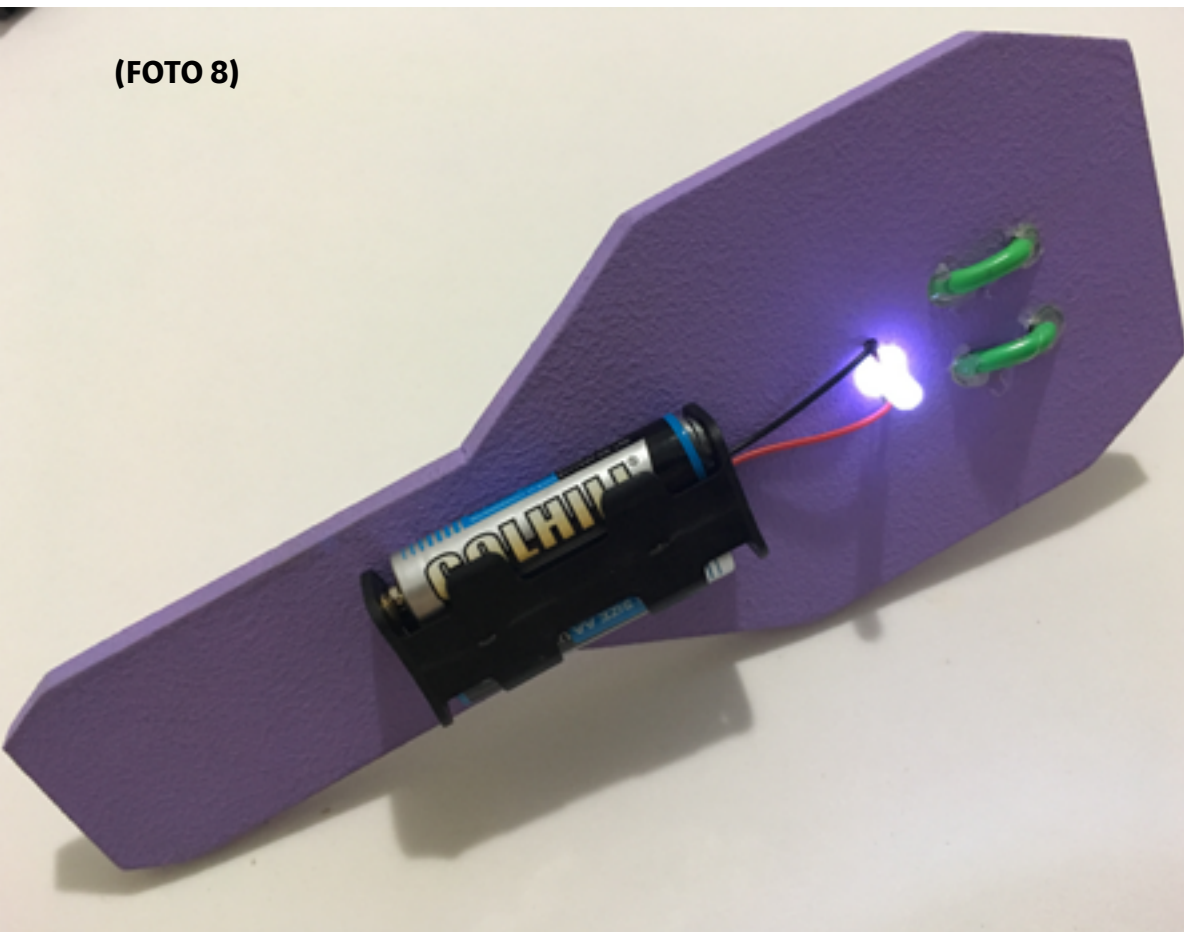
(FOTO 7A)



(FOTO 7B)

Passo 6: Teste o LED e verifique se passa corrente, se não acender, inverta-o. Finalmente, solde os fios do circuito montado **(FOTO 8)** usando o ferro de soldar e os fios de solda.

(FOTO 8)



Alguns dos materiais listados (furadeira, brocas, alicate, ferro de solda e fios de solda) podem ser tomados por empréstimo.

Procedimento Experimental

Antes de apresentar a proposta é essencial discutir alguns aspectos pertinentes ao roteiro experimental, visto que as principais críticas à experimentação estão relacionadas, principalmente, ao seu uso

meramente demonstrativo e/ou motivacional. Em especial, quando os alunos são orientados a seguir um roteiro elaborado para comprovar teorias, ou seja, a atividade se torna um procedimento estritamente mecânico cujos resultados são conhecidos antecipadamente.

Machado, Osório e Pazinato (2017) acreditam que atividades experimentais limitadas a roteiros prontos e a resultados previsíveis (ou seja, do tipo “livro de receitas”) podem não contribuir significativamente para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, se comparadas às que se baseiam em uma problematização prévia e que não adotam roteiros previamente elaborados.

Ante o exposto, é pertinente trazer à baila uma classificação das atividades experimentais apresentada por Oliveira (2010), com base no texto de Araújo e Abib (2003), que podem ser demonstrativas, de verificação ou investigativas. De acordo com a autora, os três tipos de abordagem podem ser úteis. Então, surge um questionamento: qual deve ser utilizada? Vários fatores devem ser observados. No entanto, a escolha dependerá “dos objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos materiais disponíveis” (Oliveira, 2010, 147).

Além disso, é importante uma boa compreensão das diferenças entre os tipos de abordagem, para que sejam devidamente exploradas as suas potencialidades e isso oportunize significativas contribuições no ensino e aprendizagem de Química. Por essa razão, fundamentado em Araújo e Abib (2003), apresenta-se uma síntese das sobreditas diferenças:

-  **Demonstração:** caracteriza-se por possibilitar a ilustração de um determinado fenômeno. Contribui para a elaboração de representações concretas e para a compreensão de diversos aspectos relacionados ao observado. Como, em geral, são atividades de curta duração, podem ser adicionadas às aulas expositivas no início (despertar o interesse do aluno) ou no final (relembrar conteúdos). A principal limitação refere-se ao seu caráter fechado, cujo protagonismo está centrado no professor impossibilitando, na maioria das vezes, a participação ativa dos alunos nas discussões.

b **Verificação:** emprega-se com o propósito de verificar ou confirmar uma teoria. Facilita a participação dos alunos (que desenvolvem a capacidade de refletir, de efetuar generalizações e de expressar as relações entre teoria e prática) e a interpretação dos parâmetros inerentes ao objeto de estudo, tornando o ensino mais palpável (isto é, não se limita apenas aos livros didáticos) e a aprendizagem mais significativa (ou seja, processos cognitivos mais complexos). Dentre as limitações de atividades dessa natureza, destaca-se a que está intrinsecamente relacionada a sua característica principal, a verificação. Por isso, a condução da atividade é primordial para o seu sucesso.

c **Investigação:** configura-se por sua maior flexibilidade metodológica, quando comparada às descritas nos itens **a** e **b**. Busca permitir que os alunos participem mais ativamente do processo de construção do conhecimento, estejam eles correlacionados aos aspectos conceituais, procedimentais ou atitudinais. Desse modo, o professor deixa de ser protagonista e passa a ser um mediador (ou facilitador) desse processo, fornecendo aos alunos oportunidades para analisar, questionar, elaborar e testar hipóteses, refletir e argumentar sobre os conteúdos científicos abordados. Diante desse cenário, a formação dos professores, como mencionado na introdução, pode se tornar um fator limitante. Por esse motivo, os professores que fazem uso de atividades experimentais investigativas precisam estar capacitados para atuar como orientadores dessa prática pedagógica.

A despeito do tipo de abordagem escolhida, é indispensável que a atividade seja muito bem planejada, levando-se em consideração alguns fatores, tais como o tipo de experimento, o quantitativo de alunos, o tempo disponível, os recursos materiais, dentre outros. Considerando que o roteiro faz parte das etapas do planejamento da atividade experimental, e que isso não implica em uma restrição das potencialidades do experimento, sugere-se para o experimento proposto um roteiro contendo três seções básicas, são elas:

Seção 1: Conceitos Básicos de Condutividade

A introdução é uma parte importante do roteiro, visto que apresenta o tema que será abordado e norteia o trabalho que será desenvolvido. Além disso, explica os conceitos essenciais para uma melhor compreensão do experimento. No entanto, esse texto deve ser, prioritariamente, construído para atender aos objetivos da atividade experimental e, portanto, não pode se limitar à mera reprodução de conceitos extraídos (parcial ou integralmente) de livros didáticos. Assim sendo, é fundamental que o texto introdutório seja o mais claro e objetivo possível, uma vez que tecer algumas considerações ajudará a situar os alunos.

Abaixo, segue um modelo³ de texto introdutório para o tema em pauta.

Você, com certeza, já ouviu os mais velhos falarem que é bom tomar banho de chinelos de borracha para evitar levar choque elétrico por causa do chuveiro; ou que não se deve permanecer na piscina quando está relampejando. Estes e outros fatos cotidianos estão relacionados com nossa prática de hoje, mas afinal o que é a corrente elétrica?

Corrente elétrica é o fluxo ordenado de elétrons ou de cargas elétricas em movimento. Sendo assim, para que ocorra condução de corrente elétrica em um **circuito** é necessário que em toda sua extensão existam cargas elétricas e que estas possam se **movimentar**.

Um material é dito **condutor** se for capaz de efetuar um transporte de carga elétrica sob a forma de uma corrente elétrica. Algumas substâncias quando dissolvidas em água formam **soluções** que conduzem corrente elétrica. Em 1887, o químico Sueco Svante August Arrhenius denominou **eletrólito** todas as substâncias capazes de conduzir a corrente elétrica em solução aquosa e **não-eletrólito** as substâncias que não são capazes de conduzir a corrente elétrica em solução aquosa.

Seção 2: Parte Experimental

A turma deve ser dividida em grupos de até cinco componentes. Em seguida, distribui-se aos grupos: um roteiro para registro das observações; um testador de condutividade elétrica; um conjunto de dez copinhos plásticos; e amostras de materiais a serem testados (água mineral, açúcar, sal de cozinha, vinagre, refrigerante, soda cáustica, leite de magnésia, etc.), conforme quadros **A** e **B**. Posteriormente, os alunos são orientados a realizar o experimento em três etapas (a, b e c).

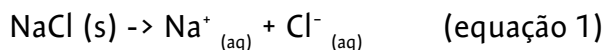
Na primeira etapa (**a**), o objetivo é diferenciar um eletrólito de um não-eletrólito. Para isso, após os ensaios (água mineral, açúcar e sal sólido e suas soluções aquosas), os alunos devem apresentar respostas a dois questionamentos: 1) O LED acendeu? e 2) Por que (não) acendeu?

Quando o TCE é colocado em um recipiente contendo uma solução eletrolítica, seja ela ácida, básica ou salina, os elétrons são conduzidos pelos íons (espécies químicas carregadas) de um polo ao outro, fechando o circuito (o LED acende).

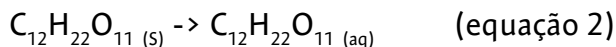
Em água, livre de sais minerais (desmineralizada, destilada, deionizada, etc.) a quantidade de íons livres é extremamente pequena. Deste modo, ao colocarmos o TCE num recipiente contendo água com essa característica, o LED não acende. Já na água de torneira, que contém sais minerais e outras espécies químicas dissolvidas numa concentração maior, os elétrons podem ser conduzidos parcialmente e o LED acende.

A dissolução de sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl) em água desencadeia um processo de separação (ver equação 1) dos íons sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), preexistentes na estrutura do referido sal, que passam a ficar rodeados por moléculas de água (Carmo e Marcondes, 2008), fenômeno denominado de solvatação. Esse processo acontece tanto em soluções iônicas, como a solução aquosa de cloreto de sódio, quanto em soluções moleculares, como a solução aquosa de açúcar (sacarose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). No entanto, somente as

soluções que apresentam íons no meio (iônicas ou moleculares que sofrem ionização) são capazes de conduzir corrente elétrica, sendo chamadas de eletrolíticas.



O açúcar, apesar de dissolvido em água, não produz íons em soluções aquosas pelo fato de ser um composto molecular e sua estrutura não sofrer alteração em meio aquoso (ver equação 2). Em função disso, não possibilita a condução de corrente elétrica e pode ser chamado de não-eletrólito. Sua solução é, portanto, não-eletrolítica.



a Teste da condutividade dos materiais do **quadro A**, obedecendo a ordem estabelecida no procedimento experimental:

Ordem	Material	LED aceso?	Registro das Observações
1º	Água desmineralizada		
2º	Água da torneira		
3º	Açúcar sólido		
4º	Solução aquosa de açúcar		
5º	Sal de cozinha (SC) sólido		
6º	Solução aquosa de SC		

Na segunda etapa (**b**), a finalidade é distinguir um eletrólito forte de um fraco. Neste caso, os testes são realizados com uma solução ácida (ácido muriático, vinagre, refrigerante, etc.) e, em seguida, com uma solução básica (soda cáustica, leite de magnésia, etc.), ambas com pelo menos três concentrações diferentes. Finalizados

os testes, os alunos devem responder o seguinte questionamento:
Em qual delas, a intensidade do brilho é mais forte?

A depender da quantidade de íons presentes na solução, os eletrólitos serão denominados fortes ou fracos. De acordo com Skoog *et al.* (2006), os eletrólitos formam íons quando dissolvidos em solventes (água, por exemplo). Quando a ionização é total o eletrólito é forte, se a ionização ocorrer de forma parcial, o eletrólito será fraco. Isso quer dizer que uma solução contendo uma determinada concentração $X \text{ mol L}^{-1}$ de um eletrólito fraco não conduzirá corrente elétrica tão bem quanto outra solução de mesma concentração de um eletrólito forte. Em razão disso, o LED acende mais intensamente nessa última.

b Teste da condutividade das soluções do **quadro B**, obedecendo a ordem estabelecida no procedimento experimental:

Ordem	Material	Intensidade?	Registro das Observações
1º	Solução de HCl 1,0 mol L ⁻¹		
2º	Solução de HCl 2,0 mol L ⁻¹		
3º	Solução de HCl 3,0 mol L ⁻¹		
1º	Solução de NaOH 1,0 mol L ⁻¹		
2º	Solução de NaOH 2,0 mol L ⁻¹		
3º	Solução de NaOH 3,0 mol L ⁻¹		

Na última etapa do experimento (**c**) o objetivo é correlacionar os conceitos de eletrólito (fraco e forte) e não-eletrólito experienciados nos itens **a** e **b**, descritos acima. Em todas as etapas, os alunos devem explicar o fenômeno observado.

-  Teste da condutividade das amostras identificadas, aleatoriamente, com as letras **A**, **B** e **C** (solicite-as ao professor ou à professora). Em seguida, correlacione-as com as seguintes soluções: água do mar (ou água salobra), álcool etílico 92° GL (ou adoçante) e vinagre (ou água boricada 3%). Justifique suas respostas.

Seção 3: Questões Propostas

-  a Classifique os materiais do **Quadro A** como eletrólito ou não-eletrólito. Explique sua resposta.
-  b O sal conduz corrente elétrica no estado sólido? Por quê? E em solução aquosa? Justifique.
-  c Dependendo da intensidade do brilho do LED, é possível distinguir um eletrólito forte de um fraco. Baseando-se nos resultados do **Quadro B**, classifique os eletrólitos como fracos ou fortes.
-  d Para aumentar a condutividade elétrica do vinagre (solução de ácido acético), o que deveria ser adicionado: bicarbonato de sódio, pó de giz, areia ou açúcar? Explique.
-  e Com base nos experimentos realizados, apresente suas considerações em relação à possibilidade de a água do mar poder ser usada para gerar energia.

Observações:

- O testador de condutividade elétrica pode ser utilizado com os alunos das turmas de 1ª série do Ensino Médio para abordar conteúdos relacionados à condução de eletricidade por diferentes materiais, tais como:

-  Substâncias iônicas: sal de cozinha no estado sólido e em solução aquosa, soda cáustica comercial (hidróxido de sódio impuro),

bicarbonato de sódio no estado sólido e em solução aquosa, carbonato de cálcio (giz) em pó e em solução, etc.;

b Substâncias moleculares: açúcar no estado sólido e em solução aquosa, álcool etílico 92° GL, água desmineralizada, água potável, ácido muriático comercial (ácido clorídrico impuro), vinagre (solução de ácido acético), madeira, grafite, plástico em geral, areia, borracha e óleo de cozinha, etc.;

c Substâncias metálicas: pedaços de ferro, cobre, zinco, alumínio, ouro, etc.

- Alguns cuidados devem ser tomados na manipulação da soda cáustica e do ácido muriático pois, no caso da soda cáustica, o contato com a pele pode ocasionar a destruição dos tecidos e causar queimaduras graves. Se o contato for com os olhos, pode destruir os tecidos dos olhos e provocar queimaduras severas que resultarão em sérios danos ou até cegueira. Já em relação ao ácido muriático, quando em contato com a pele deve-se colocar a pessoa sob o chuveiro de emergência ou outra fonte abundante de água limpa. Se o contato for com os olhos, deve-se lavá-los imediata e continuamente com água corrente por, no mínimo, 15 minutos.

Considerações Finais

Apoiado no aporte teórico e na discussão apresentadas, pode-se afirmar que a experimentação tem papel fundamental no processo de ensino e de aprendizagem de Química, visto que “muitas vezes, as aulas são desenvolvidas por meio de atividades nas quais há predominância de um verbalismo teórico/conceitual em que parece não haver relação entre” (Mota, Mesquita e Farias, 2015, p. 2) teoria e prática, conceitos científicos e cotidiano, etc.

Apesar disso, ou motivados por isso, muitas são as iniciativas que ambicionam contribuir para a melhoria no ensino de Química. Semelhantemente a outras propostas de experimentos com materiais alternativos, o testador de condutividade elétrica, aqui apresentado,

obviamente, não tem o objetivo de zerar as possibilidades de utilização do mesmo. A intenção é apenas contribuir com o desenvolvimento de atividades práticas que façam uso de materiais acessíveis e de baixo custo. De certo, atividades dessa natureza estimulam os leitores a usá-las e/ou adaptá-las gerando, neste caso, novas propostas de experimentos e valorizando a criatividade voltada às aulas de Química para o Ensino Médio.

O uso do testador de condutividade apresentado oportuniza a comprovação de algumas das principais contribuições da experimentação para o ensino de Química, tais como: aperfeiçoamento das habilidades manipulativas, desenvolvimento da capacidade de executar trabalhos em grupo, estímulo a atenção por parte dos alunos, aprimoramento da capacidade de registrar informações, elaboração e proposição de hipóteses para os fenômenos estudados, aprendizado de conceitos científicos, etc.

Acredita-se, portanto, que o experimento proposto, além de sua capacidade de estimular o aluno e de contribuir para o aperfeiçoamento do ensino e da aprendizagem, auxilia as instituições de ensino, em especial as mais carentes, e aos professores a superar os entraves relacionados à falta de infraestrutura adequada (laboratórios, equipamentos e reagentes) e à falta de tempo dos professores (geralmente com carga horária elevada), que normalmente não contam com o apoio de técnicos de laboratório.

Por outro lado, todos os esforços impressos com o intento de colaborar serão inúteis se a formação dos professores, um fator importante e até mais complexo (e, portanto, foge ao escopo deste texto), continuar centrada numa visão tecnicista da experimentação, onde os objetivos se perpetuem limitados e voltados tão somente a atrair a atenção dos alunos, inviabilizando o uso de atividades experimentais com outra concepção.

Notas

1- Os valores foram tomados como referência no mês de abril de 2018.

2- Adaptado de <http://pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/testador-de-condutividade/203>. Acessado em 26 de julho de 2017.

3- Extraído e adaptado de <http://www.proenc.iq.unesp.br/index.php/quimica/132-condutividade-eletrica>. Acessado em: 22 de abril de 2017.

Referências

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Porto Alegre, n. 2, v.25, p.176-194, 2003.

BENITE A. M. C.; BENITE C. R. M. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Iberoamericana de Educación**. n. 48/2, p. 1-2, 2009.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: história**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Fundamental, 1998.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. R. Abordando soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**. n. 28, p. 37-41, 2008.

CASTRO, L. C.; ARAÚJO, S. C. M. Uma proposta de Experimentos com Materiais Alternativos a partir do livro didático. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI). Salvador, BA, Brasil – 17 a 20 de julho de 2012.

COSTA, T. S.; Ornelas, D. L.; Guimarães, P. I. C.; Merçon, F. A corrosão na abordagem da cinética química. **Química Nova na Escola**. n. 22, p.31-34, 2005.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GUESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das Atividades Experimentais no Ensino Médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**. n. 2, v. 7, 2001.

GALIAZZI, M. D. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**. n. 2, v. 27, p. 326-331, 2004.

GUEDES, F. D. F. **Experimentos com materiais alternativos: sugestões para dinamizar a aprendizagem de eletromagnetismo** (Dissertação

de Mestrado) – Curso de Mestrado profissional em Ensino de Física, Catalão - GO, 2017.

GUIMARÃES, C. C.; DORN, R. C. Efeito estufa usando material alternativo. **Química Nova na Escola**. n. 2, v. 37, p. 153-157, 2015.

KOVALEK, M. M.; CHICOSKI, R. Leitura da Imagem no Ensino de Língua Estrangeira. **Revista Eletrônica Lato Sensu**. Ano 3, n. 1, p. 1-17, 2008.

LIMA, L. P.; MARCONDES, M. E. R. Experimentação no Ensino de Química: concepções e práticas de um grupo de professores do Estado de São Paulo. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a seção experimentação no ensino de química. **Química Nova na Escola**. n. 2, v. 37, p. 198-202, 2015.

LITZ, V. G. **O uso da imagem no ensino de História**. Universidade Federal do Paraná, Caderno Temático do Programa de Desenvolvimento Educacional do Estado do Paraná – PDE. Curitiba, 2009.

MOTA, F. A. C.; MESQUITA, D. W. O.; FARIAS, S. A. Uso de materiais alternativos no Ensino de Química: o aluno como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de novembro de 2015.

MACHADO, B. L.; OSÓRIO, T. R.; PAZINATO, M. S. Experimentação em química: uma análise das publicações quanto ao nível de ensino, ao conteúdo e à natureza da atividade experimental. Anais do 37º Encontro de Debates sobre Ensino de Química – 37 EDEQ, Rio Grande, RS – 09 e 10 de novembro de 2017.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a

prática docente. **Acta Scientiae**. n. 1, v. 12, p. 139-153, 2010.

QUADROS, A. L. Água como tema gerador do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**. n. 20, p. 26-31, 2004.

REIS, A. L. Q.; FIGUEIREDO, G. J. A.; SANTOS, M. L. B.; SANTOS, S. R. B. Uso de um Digestor Anaeróbio Construído com Materiais Alternativos para Contextualização do Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. n. 4, v. 31, p. 265-267, 2009.

SÁ, I. C. G.; SILVA, A. F. A. A reconstrução de conceitos a partir do tema “soluções” para o ensino médio. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), UFPR, Curitiba/PR, julho de 2008.

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs). **Ensino de Química em Foco**. 1. ed. Ijuí-RS: Editora Unijuí, 2010. 365p. (Coleção Educação em Química).

SILVA, R. T.; CURSINO, A. C. T.; AIRES, J. A.; GUIMARÃES, O. M. Contextualização e experimentação, uma análise dos artigos publicados na seção “experimentação no ensino de química” da revista química nova na escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência**. n. 2, v. 11, p. 245-261, 2009.

SOUZA, A. C.; BROIETTI, F. C. D. Atividades Experimentais: uma análise em artigos da Revista Química Nova na Escola. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª Edição norte-americana, Editora Thomson, São Paulo-SP, 2006.

VALADARES, E. C. Proposta de Experimentos de Baixo Custo centradas no aluno e na comunidade. **Química Nova na Escola**, n. 13, 2001.

**DESENVOLVIMENTO DE EXPERIMENTOS
COM MATERIAIS DE FÁCIL AQUISIÇÃO PARA
DEGRADAÇÃO DOS CORANTES AZUL DE
MEILENO E AMARELO DE TARTRAZINA ATRAVÉS
DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POAs)**

Bárbara L. S dos Reis Santos; Letícia Bispo da Rocha; Ângelo F. Pitanga

Introdução

As cores fascinam a humanidade há milhares de anos e já eram utilizadas na forma de pigmentos desde a pré-história, podendo ser evidenciadas nas pinturas rupestres. Na Antiguidade, muitos dos tecidos encontrados em múmias eram coloridos. Já na Idade Moderna, auge das monarquias e período do descobrimento do Brasil, houve a era do pau Brasil, árvore da qual se extraía um pigmento capaz de tingir tecidos com cores fortes, como vermelho, rosa ou marrom (Dallago e Smaniotto, 2005).

Com passar do tempo surgiram às primeiras fábricas e a produção em larga escala. Fatores que geraram uma grande demanda, assim compostos químicos coloridos foram sendo sintetizados nos últimos 100 anos e atualmente cerca de 10.000 destes compostos são produzidos em escala industrial, sendo 2.000 disponíveis para indústria têxtil e 11 para alimentícia (Guaratini e Zanoni, 2000), entre diversas outras aplicações como farmacêuticas, automobilística, petroquímica, entre outras.

No entanto, estas aplicações produzem enorme quantidade de efluentes provenientes da fixação incompleta do corante, podendo provocar a contaminação de águas naturais. Para Silva, Oliveira e Nogueira (2004, p.19) os efluentes gerados “possuem composição variada devido a grande quantidade de matéria-prima, reagentes e métodos de produção.” De acordo com Kunz *et al.* (2002) o que provoca grande poluição dos corpos d’água com estes compostos, além da poluição visual e alterações em ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese.

Em geral, os resíduos tem uma complexa estrutura química e se mostram resistentes aos sistemas mais comuns de tratamento como biológicos e físico-químicos (nanofiltração, coagulação, adsorção com sorbente, degradação biológica, entre outros). Em razão da resistência a estes métodos, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) tem ganhado bastante espaço atualmente, principalmente em razão da sua efetiva capacidade de degradação e mineralização de substratos sabidamente resistentes (Salvador; Marcolino JR e Peralta-Zamora, 2012).

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) têm gerado resultados promissores na degradação dos corantes, minimizando graves impactos sociais e ambientais. A sua utilização deveria ser abordada nas salas de aula, tanto no Ensino Superior como no Médio, levando em consideração a relevância científico-tecnológica e social do assunto, que pode ser associada a diversos conteúdos químicos, tais como concentração de soluções, reações orgânicas, reatividade de íons e radicais, entre outros (Pitanga *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o presente capítulo tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de uma adaptação metodológica através de Processos Oxidativos Avançados (POAs) com material de fácil aquisição e baixo custo para que possam ser utilizadas em intervenções didáticas no Ensino Médio articulando em sala de aula o uso da experimentação, conteúdos científicos e tecnologias de Saneamento Ambiental, como os POAs.

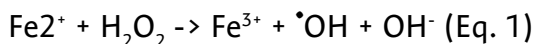
Referencial Teórico

No ano de 1894, H.J.H. Fenton publicou artigo descrevendo que o ácido maléico pode ser oxidado em meio reacional contendo íons ferrosos e peróxido de hidrogênio. Os trabalhos posteriores descreviam a eficiência da degradação de compostos orgânicos quando submetidos a sistemas reacionais contendo sais de ferro II e peróxido de hidrogênio. Já em 1896, Haber e Weiss propuseram a formação de radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$) neste tipo de reação. Por fim, nos anos de 1940 Merz e Waters desvendaram o mecanismo propondo a decomposição catalítica do H_2O_2 por Fe^{3+} .

Os Processos Oxidativos Avançados (POAs) baseiam-se na degradação de poluentes por meio da geração de espécies altamente oxidantes, em geral radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), para promover uma degradação mais efetiva dos poluentes a substâncias mais facilmente degradáveis, mudando sua estrutura química, para que se tornem substâncias inofensivas ou inertes, tais como dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (Brito e Silva, 2012).

Dentre eles destacam-se o sistema Fenton, em que o radical hidroxila é a espécie oxidante, capaz de oxidar várias classes de compostos orgânicos

em uma reação espontânea que ocorre no escuro (Nogueira *et al.*, 2007). Para este tipo de reação a geração do radical hidroxila é feita por decomposição de H_2O_2 catalisada por Fe^{2+} em meio ácido, e pode ser descrita de acordo com as equações 1 e 2, abaixo (Neyens e Baeyens, 2003):

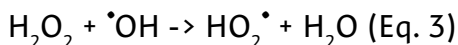


Para degradação de uma espécie orgânica genérica (EO), o radical hidroxila ($\cdot OH$) oxida a espécie através da abstração de hidrogênio, dando origem ao radical orgânico ($EO\cdot$), seguido pela adição de hidrogênio forma o radical orgânico peróxido. E assim, uma série de reações em cadeias são iniciadas por esses intermediários, que por sua vez, geram radicais secundários intermediários mais oxidados, após sucessivas etapas geram água, sais orgânicos e gás carbônico (Araújo *et al.*, 2016).

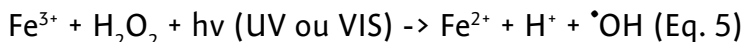
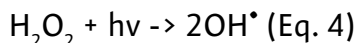
De acordo com Teixeira e Jardim (2004) a reação da Eq 1. é favorecida cineticamente tendo uma constante $K = 76 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$ a 30°C e $\text{pH} = 3,0$. Nessas condições reacionais os íons ferrosos são facilmente doadores de elétrons para sistemas radicalares. Estes servem de catalisadores para decomposição de peróxido, em meio ácido. Gerando radical hidroxila, capaz de oxidar em alguns minutos grande parte da matéria orgânica presente em efluentes, consoante Eq 2. (Brito e Silva, 2012).

Ressaltam-se como pontos positivos aos processos de Fenton para o tratamento de efluentes, a sua simplicidade de aplicação, pois os mesmos ocorrem à temperatura e pressão ambientes, possui lastro espectro de atuação na degradação de compostos orgânicos, utiliza ferro como catalisador (quarto elemento mais abundante na crosta terrestre) não requer reagente ou equipamento especial. Em contrapartida, esses sistemas requerem controles rigorosos do pH porque os íons férricos (Fe^{3+}) formados podem decompor H_2O_2 cataliticamente a H_2O e O_2 . E um segundo aspecto que afeta a cinética da reação é o controle da concentração do H_2O_2 no meio para evitar

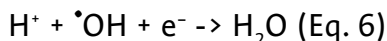
que o mesmo atue como sequestrador de radical hidroxila, levando a formação indesejada de radical hidroperoxila (equação 3) afetando assim o desempenho reacional (Nogueira *et al.*, 2007; Brito e Silva, 2012):



A utilização de Fe^{2+} ou Fe^{3+} na presença de peróxido de hidrogênio sob irradiação é chamada de reação Foto-Fenton, que pode aumentar a eficácia da degradação, uma vez que a incidência de radiação UV ou VIS que catalisa as reações com o peróxido de hidrogênio acelerando na produção de $\cdot\text{OH}$. Há um efeito positivo que também é atribuído à redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} que, por sua vez, reage com H_2O_2 dando prosseguimento à reação de Fenton na equação 5. A equação 4 representa o processo de decomposição direta do peróxido entre 200- 300 nm, através da sua cisão hemolítica. E a equação 5 a decomposição indireta (Neyens e Baeyens, 2003; Brito e Silva, 2012; Araújo *et al.*, 2016):



A reação de fotorredução dos íons férricos (Fe^{3+}), conhecida como Foto-Fenton, é menos favorecida do que a reação de Fenton, com $K = 0,02 \text{ L.mol}^{-1}.\text{s}^{-1}$, isso significa que embora as duas reações ocorram concomitantemente, há predominância dos íons férricos e assim o pH deve ser mantido abaixo de pH 4,0 para evitar a precipitação de óxi-hidróxidos, que competem na reação e sua formação está intrinsecamente ligada com o pH do meio, por isso, recomenda que o sistema possua pH entre 2,5 – 3,0 para proporcionar a máxima eficiência da reação. Valores acima de 3 proporcionam a formação de hidróxidos de ferro (III) insolúveis, Abaixo de 2,5 apesar das espécies de ferro serem solúveis, o aumento da concentração de H^+ pode sequestrar radicais hidroxila, conforme a equação 6, e em ambas as situações provoca a diminuição da velocidade de degradação do composto orgânico (Teixeira e Jardim, 2004; Brito e Silva, 2012; Fioreze, Santos e Schmachtenberg, 2014; Araújo *et al.*, 2016).



Metodologia

O processo de adaptação metodológica tomou como referência as publicações de: Rojas; Giraldo; Trujillo (2008); Salvador; Marcolino Jr.; Peralta-Zamora (2012); Paulino; Araújo; Salgado (2015), Pitanga *et al.* (2017). Os corantes foram escolhidos por serem de fácil aquisição em lojas do comércio em geral e apresentam uma vasta e consolidada literatura que trata sobre processos de degradação deles.

Os materiais utilizados foram:

- Azul de Metileno Vetec (C.I. 52015);
- Amarelo de Tartrazina (C.I.19140) Dinâmica;
- Sulfato ferroso PA (FeSO_4 , Dinâmica);
- Sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ Vetec;
- Peróxido de hidrogênio (H_2O_2 Dinâmica, 40% m/V);
- Ácido clorídrico (HCl, Vetec);
- Béqueres de 250 mL;
- Agitadores magnéticos (Fisatom);
- pHmetro digital (Ms Tecnopon);
- Lâmpada ultravioleta (Fox Lux) com potência de 27 W;
- Espectrofotômetro (Biospectro).

Desenvolvimento dos experimentos utilizando materiais analíticos

O sistema foi montado utilizando as publicações de Rojas; Giraldo e Trujillo (2008); Salvador; Marcolino Jr. e Peralta-Zamora (2012); Paulino; Araújo e Salgado (2015); Pitanga *et al.* (2017) como referencial teórico.

Para a degradação do Azul de Metileno (AM) foram colocados 100 mL do corante AM de concentração 100 mg/L, sob agitação, com auxílio do agitador magnético. Segundo a literatura, as reações de Fenton ocorrem em meio ácido, assim, para estabilizar o sistema em pH 3, foram adicionados pequenos volumes de HCl 0,1 mol.L⁻¹. Seguido da adição de 100 mg de sal de Fe²⁺ (FeSO₄), uma série de experimentos foram realizados para determinar o volume adequado de H₂O₂ analítico que foi adicionado ao sistema chegando a utilizar aproximadamente 50 µL. Determinações espectrofotométricas foram realizadas na banda de 664 nm constatando uma taxa de degradação de 96% conforme descrito na literatura. As melhores condições estão descritas no quadro 1 abaixo.

Já a degradação do Amarelo de Tartrazina (AT) foi iniciada utilizando processo de Fenton, que depois da realização de diversos experimentos, observou-se o AT recalcitrante, não obtendo o êxito planejado. Após consultas à literatura decidiu-se proceder com a utilização de processos de Foto-Fenton.

Em um bécker foram adicionados 100 mL de AT 100 mg/L, adição de 2,0 mL de HCl 0,1mol/L (ajustar o pH em 3,0), seguido de 10 mg Fe³⁺ sob a forma de Fe₂(SO₄)₃, com adição de 150 µL de H₂O₂ analítico. O sistema foi submetido à irradiação UV por cerca de 12 minutos devidamente protegido por uma caixa de papelão devido à periculosidade dos raios UV. Determinações espectrofotométricas foram realizadas na banda de absorção máxima correspondente ao AT, 426 nm, obtendo taxas de degradação em torno de 99%. As melhores condições reacionais são apresentadas no quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Experimentos otimizados para degradação dos corantes com reagentes analíticos.

Fonte: Adaptado de Pitanga et al. (2017).

Corante/ Condições	T (°C)	pH 3 (Acidulante)	Sal de Ferro	Peróxido de Hidrogênio	Fonte de UV
AM (Fenton)	25	HCl	FeSO ₄	Analítico	Ausente
AT (Foto-Fenton)	25	HCl	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Analítico	Incidência por 12min

Adaptação dos experimentos utilizando materiais de fácil aquisição

Neste segundo momento o objetivo central era buscar, ao máximo, fazer a substituição dos reagentes analíticos antes utilizados por materiais de fácil aquisição, de modo que estes possam ser reproduzidos em ambientes de sala de aula e com materiais encontrados no comércio local. Sendo assim, o ácido clorídrico foi trocado por vinagre (solução de ácido acético 4%), o sal de Fe²⁺, teve como fonte de obtenção comprimidos para anemia (o revestimento do comprimido deve ser retirado), o peróxido de hidrogênio analítico foi substituído por água oxigenada cremosa obtida em farmácias, e somente a fonte de Fe³⁺ na degradação de Foto-Fenton não se conseguiu substituir. Quanto aos corantes os mesmos foram comprados em lojas para festas, pois são muito utilizados nas decorações de bolos.

Para degradação do AM tomou-se uma alíquota de 100 mL do corante na concentração de 100 mg/L, 5 mL de vinagre incolor (acidulante), 1 comprimido de sulfato ferroso sem revestimento e duas 2 gotas de água oxigenada cremosa, tudo isso sob agitação, com taxa de degradação semelhante ao sistema onde foram utilizados reagentes analíticos, dados apresentados no quadro 2 abaixo.

Quadro 2. Adaptação de experimentos para degradação dos corantes com materiais de fácil aquisição

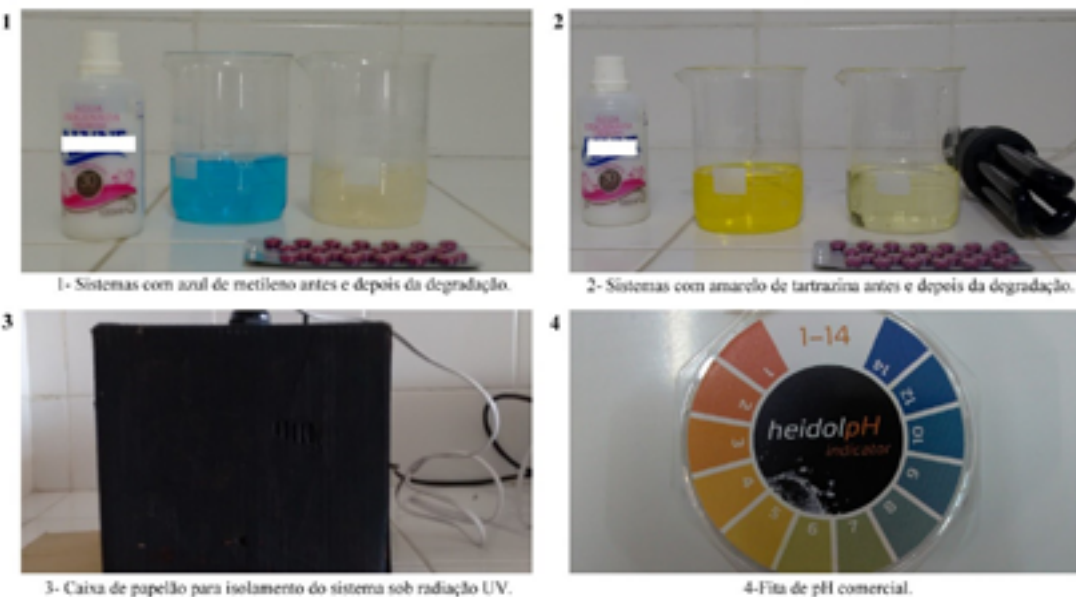
Fonte: Adaptado de Pitanga et al. (2017).

Corante/ Condições	T (°C)	pH 3 (Acidulante)	Sal de Ferro	Peróxido de Hidrogênio	Fonte de UV
AM (Fenton)	25	Ácido Acético	FeSO ₄	Água oxigenada cremosa	Ausente
AT (Foto-Fenton)	25	Ácido Acético	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Água oxigenada cremosa	Incidência por 30 min

Para a adaptação do experimento de degradação de AT (quadro 2 acima) tomou-se uma alíquota de 100 mL de AT 100 mg/L, 5 mL de vinagre (acidulante que ajusta o pH em 3. Como a água pode ter pH diferente dependendo da localização, sugerimos quando possível a utilização de fitas de pH para executar o controle com precisão), 10 mg de sal de Fe³⁺ (não foi substituído), 3 gotas de água oxigenada cremosa, tudo isso sob agitação constante e o sistema foi irradiado pela lâmpada de UV durante 30 min. Os resultados ao final podem ser apresentados pela figura 1, a seguir:

Figura 1. Imagens dos sistemas com Azul de metileno (1); Amarelo de tartrazina (2) antes e depois da degradação utilizando os reagentes comerciais; Caixa de papelão para isolamento (3); Fitas de pH (4).

Fonte: Adaptado de Pitanga et al. (2017).



Considerações Finais

O primeiro aspecto importante a destacar é a possibilidade de abordagem de vários processos de Saneamento Ambiental considerados pela literatura como tecnologias das mais avançadas para tratamento de efluentes. Esses, por sua vez, podem ser inseridos em aulas de Ensino Médio permitindo não só a discussão de conteúdos científicos, como também temas sociais relacionados com a produção, consumo e poluição que podem ser provocadas com o uso de corantes.

Quanto às preocupações relacionadas com a formação de professores para a Educação Básica, uma queixa recorrente é a dificuldade de realizar aulas com atividades experimentais devido à falta de vidrarias, reagentes, materiais de apoio, como também o espaço físico do laboratório de ciências. Assim, com vistas a superar essas dificuldades

os experimentos que foram adaptados buscaram ao máximo inserir em seus procedimentos a utilização de materiais de fácil acesso e que podem ser adquiridos com pequenos investimentos monetários.

Os mesmos podem ser executados nas próprias salas de aula, pois os reagentes utilizados não colocam a integridade física dos alunos e do professor em risco. Ressaltando os cuidados com uso da lâmpada de UV conforme apontado no texto.

Por fim, deve-se destacar a eficácia observada na degradação dos corantes, pois utilizando-se de materiais não analíticos, os mesmos conseguiram obter resultados com grau de significância semelhante aos procedimentos utilizados com materiais analíticos, tanto pelos autores desenvolvidos, como também quando comparado aos referencias teóricos consultados. E assim, pode-se inferir sobre o sucesso obtido com a adaptação metodológica planejada.

Notas

1 - Necessário cuidado ao manipular luz UV, ou também chamada de luz negra, pois a incidência direta aos olhos pode provocar danos. Assim, medidas de proteção individual e/ou coletiva devem ser tomadas. 1) O procedimento pode ser realizado dentro de uma caixa fechada de modo que não permita a propagação desse tipo de energia. Ou então, podem ser distribuídos com os participantes óculos de proteção UV.

2 - Ressaltamos a importância dos cuidados com a manipulação com lâmpadas de UV, como medidas de proteção coletiva essas podem ser isoladas por caixa de papelão durante a irradiação UV, conforme figura 1.

Referências

ARAÚJO, K.S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A.C.; MALPASS, G.R.P. Processos Oxidativos Avançados: Uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente e Água**, n. 2, p. 387-401, apr./jun., 2016.

BRITO, N.N.; SILVA, V.B.M. Processo Oxidativo Avançado e sua aplicação ambiental. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.1, n. 3, p. 36-47, 2012.

DALLAGO, R.M.; SAMANIOTTO, A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para remoção de corantes em meio aquoso. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p.433-437, 2005.

FIOREZE, M.; SANTOS, E.P.; SCHMACHTENBERG, N. Processos Oxidativos Avançados: Fundamentos e Aplicação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 79-91, abr., 2014.

GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; DE MORAES, S.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 78-82, 2002.

NOGUEIRA, R.F.P.; TROVÓ, A.G.; DA SILVA, M.R.A.; D VILLA, R.; OLIVEIRA, M. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos de Fenton e Foto-Fenton, **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007.

PAULINO, T.R.S.; ARAÚJO, R.S.; SALGADO, B.C.B. Estudo de Oxidação Avançada de corantes básicos via reação Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 347-352, jul./set., 2015.

PITANGA, A.F.; SANTOS, B.L.S.R.; ROCHA, L.B.; SANTOS, L.D.; FERREIRA,

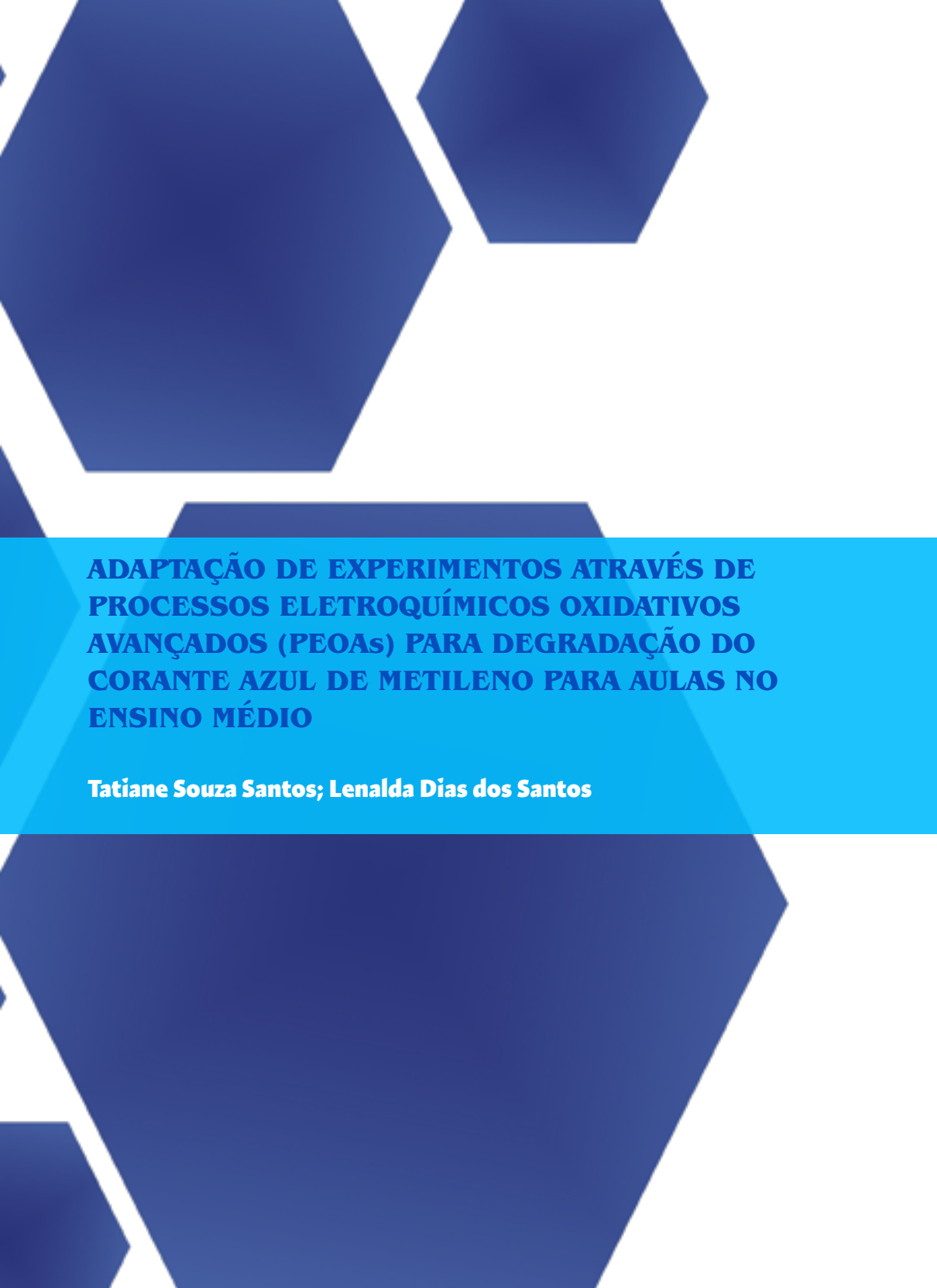
W.M. Adaptação de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais de Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 4, p. 373-377, nov., 2017.

ROJAS, J.A.A.; GIRALDO, L.F.G.; TRUJILLO, J.M. Empleo Del reactivo de Fenton para la degradación del colorante tartrazina. **Revista Lasallista de Investigación**, v. 6, n. 1, p. 27-34, 2008.

SALVADOR, T.; MARCOLINO JR., L.H.; PERALTA-ZAMORA, P. Degradação de corantes têxteis e remediação de resíduos de tingimento por processos Fenton, Foto-Fenton e Eletro-Fenton. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 932-938, 2012.

SILVA, M.R.A.; OLIVEIRA, M.C.; NOGUEIRA, R.F.P. Estudo da aplicação do processo Foto-Fenton solar na degradação de efluentes de indústria de tintas. **Eclética Química**, v. 29, n. 2, p. 19-25, 2004.

TEIXEIRA, C.P.A.B; JARDIM, W.F. Processos Oxidativos Avançados. Conceitos teóricos. Caderno Temático, v. 3, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química 2004.



ADAPTAÇÃO DE EXPERIMENTOS ATRAVÉS DE PROCESSOS ELETROQUÍMICOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (PEOAs) PARA DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PARA AULAS NO ENSINO MÉDIO

Tatiane Souza Santos; Lenalda Dias dos Santos

Introdução

A experimentação no ensino de química pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização, estímulo e questionamentos por parte dos discentes. Segundo Guimarães (2009), as aulas em laboratórios são extremamente importantes para uma aprendizagem significativa, onde os conceitos científicos poderão ser aplicados no cotidiano de cada aluno.

Nessa perspectiva a utilização de métodos diversificados com aulas práticas bem planejadas facilitam muito a compreensão do conhecimento em química, sendo possível a substituição das demonstrações feitas pelo professor, dando espaço para realização de experimentos pelo próprio aluno, tratando-o como um dos principais autores de sua práxis. Desta maneira é possível notar a interpretação e a elaboração de conceitos, sendo de grande importância na criação de elos entre as concepções prévias e conceitos científicos, propiciando aos alunos oportunidades de confirmar suas ideias ou então reestruturá-las (Salesse, 2012).

De acordo com Vilela *et al.* (2007), o uso da experimentação no ensino pode assumir diferentes sentidos e se prestar a objetivos diversos no que diz respeito à aprendizagem. Tradicionalmente, a experimentação como ferramenta didática tende a reproduzir os passos do método científico, partindo da observação de fenômenos e culminando com uma suposta revelação da verdade sobre os fatos.

O potencial didático de um experimento está relacionado, mais precisamente, com as várias possibilidades de exploração de conceitos, os quais a sua interpretação pode nos conduzir. O uso do experimento como ferramenta didática não está limitado à sua presença concreta na sala de aula, pois tanto na realização ao vivo, quanto à reconstrução histórica de experimentos clássicos pode contribuir para superar os obstáculos pedagógicos e metodológicos (Salesse, 2012).

A utilização da experimentação na resolução de problemas pode tornar a ação do educando mais ativa. No entanto, para isso é necessário desafiá-los com problemas reais; motivá-los e ajudá-los a superar

os problemas que parecem intransponíveis; permitir a cooperação e o trabalho em grupo; avaliar não numa perspectiva de apenas dar uma nota, mas na intenção de criar ações que intervenham na aprendizagem (Guimarães, 2009).

Assim, o presente capítulo trata sobre a importância da experimentação no ensino de química como ferramenta pedagógica. Tendo como objetivo apresentar uma proposta de adaptação de experimentos para aulas no Ensino Médio, a fim de promover a construção do conhecimento químico, através da utilização de Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados (PEOAs) na degradação de corante azul de metileno.

Referencial Teórico

Processos Oxidativos Avançados

A poluição causada por resíduos orgânicos traz altos riscos à sociedade devido à toxicidade dos seus componentes. A principal consequência gerada por esses compostos nocivos à saúde humana é proveniente do uso de águas poluídas ou pela ingestão de alimentos contaminados. Os processos para tratamentos de efluentes contaminados por substâncias tóxicas tem grande importância, pois é necessário que estes além de tratar o que está poluído sejam processos limpos e que não gerem mais resíduos (Teixeira e Jardim, 2004).

Os resíduos produzidos, frequentemente, contêm poluentes tóxicos e resistentes aos sistemas convencionais de tratamento, que são os processos baseados na transferência de fase. Os métodos de transferência de fase utilizam-se de tratamentos físicos caracterizados por processos de: Separação de fases, Transição de fases, Transferência de fases e Separação molecular. Os procedimentos que consistem apenas na transferência de fase não degradam os contaminantes, apenas transferem para uma nova fase. Embora nesta fase o volume de contaminantes seja reduzido, ainda assim os poluentes encontram-se concentrados, sem serem efetivamente degradados (FREIRE *et al.*, 2000).

Dentre as novas tecnologias destacam-se os Processos Oxidativos Avançados (POAs), os quais se baseiam na utilização de espécies altamente oxidantes para promover uma degradação mais efetiva do poluente a ser tratado (Brito e Rangel, 2008). Os POAs são caracterizados por transformarem a grande maioria dos contaminantes em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos, através da reação de degradação que envolve principalmente, radicais hidroxila ($\text{HO}^\bullet$) (Fonseca, 2007). Os radicais hidroxila podem ser gerados através de reações envolvendo oxidantes fortes, como ozônio (O_3) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), semicondutores como dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO) e irradiação ultravioleta (Domenech, Jardim e Litter, 2001).

De acordo com Teixeira e Jardim (2004), os POAs apresentam uma série de vantagens, como por exemplo: Mineralizam o poluente e não somente transferem de fase; são muito usados para compostos refratários a outros tratamentos; transformam produtos refratários em compostos biodegradáveis; podem ser usados com outros processos (pré e pós-tratamento); tem forte poder oxidante, com cinética de reação elevada; geralmente não necessitam um pós-tratamento ou disposição final; tendo sido usado oxidante suficiente, mineralizam o contaminante e não formam subprodutos; geralmente melhoram as qualidades organolépticas da água tratada; em muitos casos, consomem menos energia, acarretando menor custo; possibilitam tratamento *in-situ*.

Os POAs podem promover a degradação de vários compostos poluentes em poucos minutos, principalmente os que resistem ao tratamento convencional de efluentes. Estes processos são influenciados por fatores importantes do ponto de vista cinético, como pH, temperatura, concentração do catalisador e concentração do efluente (Simantirak *et al.*, 2013). O quadro 1 abaixo, apresenta uma síntese dos diversos processo oxidativos.

SISTEMAS HOMOGÊNEOS	COM IRRADIAÇÃO
	O ₃ /UV
	H ₂ O ₂ /UV
	FEIXE DE ELÉTRONS
	US
	H ₂ O ₂ /US
	UV/US
	SEM IRRADIAÇÃO
	O ₃ /H ₂ O ₂
	O ₃ /OH ⁻
SISTEMAS HETEROGÊNEOS	H ₂ O ₂ /Fe ²⁺ (FENTON)
	COM IRRADIAÇÃO
	TiO ₂ /O ₂ /UV
	TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV
	SEM IRRADIAÇÃO
	ELETRO-FENTON

Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados

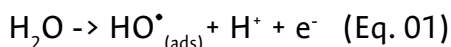
A tecnologia eletrolítica oferece opções viáveis para uma melhor solução de problemas ambientais, principalmente de efluentes aquosos. Com capacidade de oxidar ou reduzir íons metálicos, cianetos, compostos organoclorados, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos. Neste processo o elétron é o principal reagente evitando-se o uso de outros compostos químicos.

A redução catódica tem como objetivo a redução de algum composto sobre o cátodo numa reação em uma célula eletroquímica. De acordo com Silveira (2013), este processo geralmente é utilizado no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos para a desalogenação de compostos organoclorados utilizados, a exemplo dos solventes fluidos de refrigeração (CFCs) e pesticidas. Os materiais

para produção de eletrodos considerados com maior eficiência são: o carbono, chumbo, platina, cobre, níquel, titânio e dióxido de titânio e hidretos metálicos (Xavier, 2012).

Na oxidação anódica, o sistema é semelhante ao da catódica, porém nesse objetiva-se a oxidação junto ao ânodo. A utilização desse processo é comumente associada para a síntese de compostos orgânicos e inorgânicos, para degradar alguns contaminantes orgânicos tóxicos como anilinas, fenóis, benzoquinonas e herbicidas de efluentes (Comninellis e Pulgarin, 1991).

Para confecção dos anodos podem ser utilizados diversos tipos de materiais, porém são mais utilizados a: Pt, IrO₂, RuO₂, PbO₂, SnO₂, podendo ser dopados ou não. Para que se promova a eletrólise da água é necessário aplicar elevados potenciais anódicos, pois estes são um dos principais requisitos para a geração do radical hidroxila, sendo esse agente oxidante adsorvido sobre o ânodo (HO[•]_(ads)) conforme mostrado na equação 01, abaixo (Xavier, 2012):



É perceptível a elevada cinética neste tipo de reação com os compostos orgânicos, transformando em produtos intermediários ou mineralizando-os, isto é, oxidando-os completamente a CO₂, H₂O e íons inorgânicos.

O processo da eletrólise para degradação de compostos tóxicos vem sendo cada vez mais utilizada devido ao seu alto poder de mineralização. Esta técnica consiste na aplicação de uma corrente elétrica em uma célula eletroquímica composta de pares de eletrodos (ânodos e cátodos), onde é gerado um campo elétrico. Quando polarizado, os eletrodos sofrem reações de redução (cátodo) e oxidação (ânodo) (Silveira, 2013). É necessária a confecção de um eletrodo com material especial, para que assim seja possível a geração do radical hidroxila no processo de eletrólise. A geração do agente oxidante ocorre sem a perda ou a dissolução do material anódico, por isto esses eletrodos são considerados dimensionalmente estáveis (Wang, Tang e Zhou, 2007).

Os eletrodos mais utilizados na eletrólise são os de titânio metálico revestidos com óxidos de metais nobres, principalmente por serem semicondutores capazes de diminuir a competição entre a oxidação dos compostos orgânicos e a evolução do oxigênio que ocorrem nesse processo (Deng e Englehardt, 2007).

O processo de eletrólise combinado com a fotólise e a fotocatálise heterogênea resulta na fotoeletrooxidação (FEO). Esta técnica consiste na aplicação de corrente elétrica juntamente com radiação ultravioleta iluminando a superfície semicondutora do ânodo em uma célula eletroquímica por onde passa o efluente a ser tratado (Pelegrini; Freire e Bertazzoli, 2001). Estes processos são indicados para degradação de fenóis e outros compostos aromáticos refratários, organoclorados, efluente de papel e celulose, corantes da indústria têxtil, chorume de aterro sanitário e industrial (Xavier, 2012).

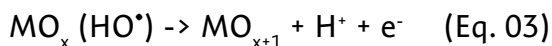
A eficiência dos processos eletroquímicos depende de algumas variáveis como o eletrólito, eletrodo e reator a ser aplicado, pois são estes que dão base para a completa conformidade na ocorrência das reações eletroquímicas anódicas e catódicas, na superfície do eletrodo. Os eletrólitos nas reações eletroquímicas são apenas sais (apenas no tratamento de efluentes), pois uma de suas características tem que ser a condutividade elétrica em meio aquoso (meio condutor) (Souza, 2015).

Existem duas vias para oxidação anódica de componentes orgânicos: conversão eletroquímica e a combustão eletroquímica. A conversão eletroquímica promove a oxidação de compostos orgânicos convertendo-os em outros compostos orgânicos intermediários à mineralização, possibilita também a mudança de compostos não biodegradáveis altamente tóxicos em compostos biodegradáveis de menor toxicidade (Silveira, 2013).

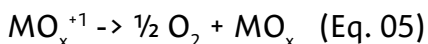
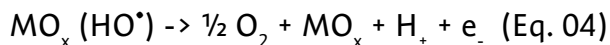
A combustão eletroquímica possibilita a mineralização dos contaminantes envolvidos no sistema. O processo de oxidação inicia-se com a descarga da água em meio ácido (ou OH^- em meio básico) para dar lugar à geração do radical hidroxila adsorvido sobre o ânodo, conforme mostra a equação 02:



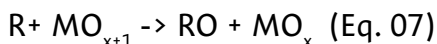
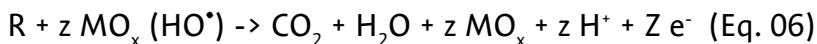
O radical adsorvido sobre o ânodo pode reagir com o oxigênio presente nos óxidos metálicos, que envolvem o ânodo formando um óxido superior:



Ainda de acordo com Silveira (2013), na superfície do ânodo há dois estágios de oxigênio ativo, um ligado quimicamente (Eq 03) e outro fisicamente adsorvido sobre o óxido metálico (Eq 02). Na ausência de matéria orgânica oxidável, ambos os estágios de oxigênio produzem O_2 segundo as equações 04 e 05:

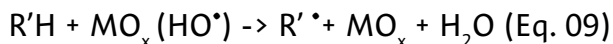
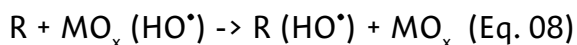


Quando há matéria orgânica oxidável (R) a interação desta com os dois estágios de oxigênio ativo presente sobre o ânodo conforme mostram as equações 06 e 07.

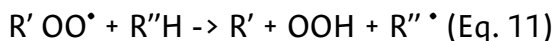
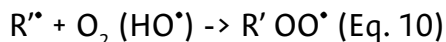


A equação 06 apresenta a combustão eletroquímica, enquanto a equação 02 apresenta a reação de conversão. As altas concentrações do radical hidroxila adsorvidas sobre a superfície do ânodo favorecem a combustão. Isso só é possível quando a reação da equação 02 ocorre mais rápido que a reação da equação 03. Quanto maior a relação entre combustão e a conversão eletroquímica maior será a eficiência de corrente do processo.

Porém a combustão eletroquímica ocorre também por duas possíveis rotas, que podem ser a combustão direta, onde o composto orgânico é degradado formando CO_2 em uma única etapa, ou a combustão indireta, que compreende a hidroxilação (reação 08) e a desidrogenação (reação 09) de compostos orgânicos (R e R'H) com radicais hidroxilas.



O radical orgânico R, formado na equação 08, pode reagir com o oxigênio resultando num radical hidroperóxido R' OO[•] (equação 10), o qual é suficientemente ativo para subtrair um hidrogênio de outro contaminante R''H (equação 11). Os hidroperóxidos são instáveis e sua estrutura molecular pode quebrar gerando outros intermediários, estas reações seguem um ciclo até à mineralização do composto orgânico, produzindo CO₂, água e íons inorgânicos (SILVEIRA, 2013).



Propriedades do Grafite

Existem três formas alotrópicas do grafite encontradas na natureza: carbono amorfo, grafite e diamante. O carbono é quimicamente inerte e infusível à pressão atmosférica, proveniente do metamorfismo do carbono orgânico (Sampaio *et al.*, 2005).

Geralmente o grafite natural é encontrado de forma impura, sempre há um percentual de impurezas em sua composição. O grafite possui arranjos atômicos em camadas, em redes de planos hexagonais. A divergência entre as intensidades das ligações nas duas direções responde pelas propriedades anisotrópicas do grafite, incluindo também propriedades como condução térmica (Bonissel, 2001). Estes fatores justificam algumas propriedades específicas do grafite como, por exemplo: menor densidade (comparada a do diamante); facilidade em dividir-se em lâminas finas e anisotropia óptica.

De acordo com Sampaio *et al.* (2005), a identificação dos diferentes tipos de grafite é realizada por meio de propriedades físicas e químicas, cujas propriedades básicas são: maleabilidade, absorvância,

inércia química, condutividades térmica e elétrica, bem como excelentes propriedades refratárias. Estas propriedades são de extrema importância para diversas aplicações, como na fabricação dos eletrodos, de fornos elétricos a arco, de baterias alcalinas, entre outras.

Os cristais do grafite apresentam na forma tabular de seis faces, que são normalmente estriadas. As folhas possuem clivagem basal perfeita e opaca. O tipo de ligação no grafite assume o caráter metálico, possibilitando características como brilho submetálico e condutividade elétrica. Ainda assim, segundo Sampaio *et al.* (2005), o grafite natural, necessita de purificação e classificação granulométrica para ser utilizado comercialmente.

O grafite sintético tem propriedades semelhantes a do grafite natural, em aspectos gerais, o sintético é caracterizado pela pureza mais elevada e mais baixa cristalinidade que sua versão natural. Com o avanço da tecnologia de purificação do grafite natural, possibilita maior condutividade elétrica a este tipo de grafite (natural).

A utilização do grafite sintético ou natural, na fabricação de bateria, toma como principal estudo comparativo a avaliação entre preço e desempenho. Segundo Kalyoncu (2001) apud Sampaio *et al.* (2005) é possível obter grafite natural com pureza e teor de carbono igual ao grafite sintético, porém o custo para o processo de purificação é extremamente alto.

Procedimentos e Apresentação dos Resultados

Fase de Montagem

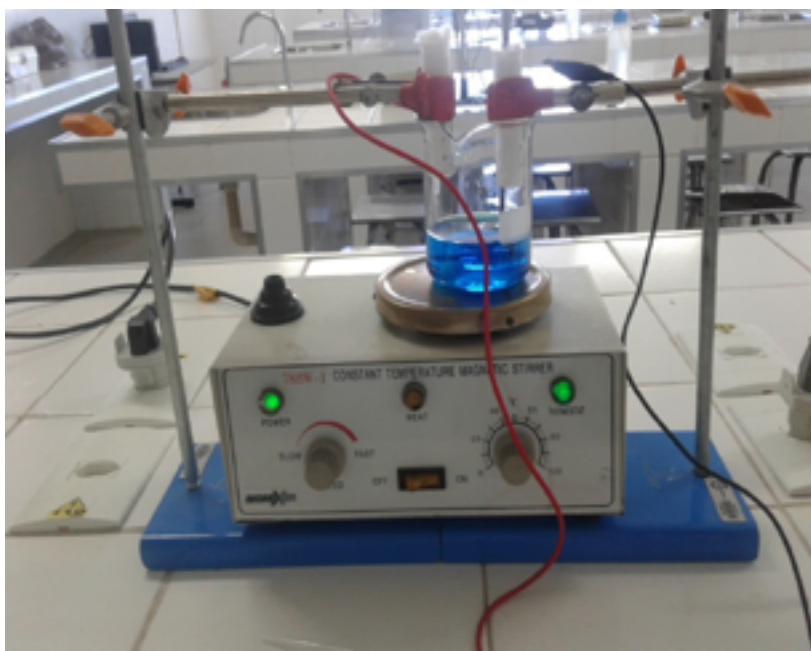
A primeira etapa fundamenta-se na montagem do sistema no qual para a construção do mesmo é necessário a utilização da fonte (DC Power FA-3003), conectores (jacarés), agitador magnético (78HW-1), bastão de grafite, azul de metileno (Vetec C.I. 52015), peróxido de hidrogênio analítico (H_2O_2 Dinâmica, 40% m/V) e Bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$ vetec). Nesta etapa, todos os procedimentos são realizados com material de pureza analítica.

Para a fase de montagem é necessário extrair o bastão de grafite da pilha, pois são estes que serão utilizados como eletrodos no sistema. Após a extração do grafite, a solução de azul de metileno (0,1 mol/L) é preparada e colocada no béquer de 100 mL. Em seguida pesa-se na balança digital 2,0 g de bicabornato de sódio (NaHCO_3), onde este é utilizado como eletrólito suporte, adiciona-se neste mesmo béquer e coloca sob agitação.

Além do bicabornato de sódio é adicionado também diferentes volumes de peróxido de hidrogênio. Logo após conectar o jacaré na fonte, com tensão de 1,5 V, deve se colocar o jacaré em contato direto com os eletrodos, introduzindo em seguida os mesmos na solução de azul de metileno.

Inicialmente foram utilizados dois eletrodos, o de platina e o bastão de grafite (extraído do lápis HB nº 2). Estes eletrodos foram colocados num esquema de suporte, feito a partir do cilindro de uma seringa, para facilitar o manuseio do eletrodo durante o processo, conforme a figura 1 abaixo. Posteriormente o eletrodo de platina, foi substituído por outro eletrodo de grafite (bastão também extraído do lápis).

Figura 1- Montagem do sistema utilizando o grafite extraído do lápis HB nº 2.
Fonte: Elaborada pelos autores (2018).



Porém ambos não apresentavam boa condutividade, conforme mostram os dados na tabela 2, acarretando desta maneira maior tempo de degradação do azul de metileno.

Tabela 2- Tempo de degradação do azul de metileno utilizando o bastão de grafite HB nº2.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

Tensão	0,2 mL H₂O₂ [0,06 mol/L]	0,4 mL H₂O₂ [0,12 mol/L]	0,8mL H₂O₂ [0,24 mol/L]
3,0 V	26 min	17 min	6,28 min

Em seguida, os bastões de grafite destes eletrodos foram substituídos por bastões de grafite extraídos de pilhas (reutilizadas). Na tabela 03, apresentam-se os valores de degradação em função da tensão (volts) e tempo (minutos). Nesta etapa foi observado, o comportamento do sistema com tensão de 1,5 V e 3,0 V.

Tabela 3 - Tempo de degradação do azul de metileno utilizando o bastão de grafite da pilha reutilizado.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018)

Tensão	0,2 mL H₂O₂ [0,06 mol/L]	0,4 mL H₂O₂ [0,12 mol/L]	0,8mL H₂O₂ [0,24 mol/L]
1,5 V	3,0 min	2,0 min	1,5 min
3,0 V	7,0 min	4,0 min	3,0 min

Logo após, o grafite da pilha foi substituído, por bastões de grafites do mesmo tipo, porém estes não eram reutilizados. Posteriormente foram padronizados os testes, onde apenas eram realizados ensaios com tensão fixa e concentrações de [H₂O₂] variáveis, ambos apresentados na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Tempo de degradação do azul de metileno utilizando o bastão de grafite da pilha.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Tensão	0,2 mL H₂O₂ [0,06 mol/L]	0,4 mL H₂O₂ [0,12 mol/L]	0,8mL H₂O₂ [0,24 mol/L]	1,0mL H₂O₂ [0,30 mol/L]
1,5 V	1 min e 22 s	50 s	35 s	12 s

Fase de Análises

De acordo com a tabela 2, a substituição do grafite HB nº 2 foi realizada devido a sua baixa eficiência, quando comparado ao desempenho do grafite extraído da pilha. Isso ocorre devido a sua resistência à passagem de corrente elétrica, onde não foi perceptível a degradação do composto orgânico, mesmo decorrido um tempo significativo tentando degradar a solução de azul de metileno. Considera-se que o grafite extraído do lápis, apresenta elevado índice de impurezas, quando comparado com o grafite extraído da pilha que repercute nas suas características condutoras.

De acordo com Borges, Lima e Braga (2009) a lei de Ohm descreve seu comportamento, pois quanto maior for a resistividade, mais difícil será a passagem de corrente elétrica. Os elétrons livres são orientados por um campo elétrico, que se estabelece devido à diferença de potencial aplicada. Esses elétrons colidem com os átomos constituintes da estrutura cristalina do elemento metálico, mas com o decorrer do tempo conseguem percorrer a superfície do material.

A condução elétrica depende dos seguintes fatores: a organização da rede cristalina, das dimensões e o grau de agitação da rede cristalina. Quanto mais organizada a rede, maior é a facilidade que o elétron se locomove, resultando assim numa menor resistência elétrica. O coeficiente de resistividade é específico, onde esse varia de acordo com o tipo de material. A resistência de um condutor é influenciada pelo tamanho (dimensões), assim materiais que apresentam rede mais

curta com seção transversal maior, apresenta uma melhor condutibilidade. No experimento foi possível a observação deste comportamento com a utilização do bastão grafite extraído da pilha (Borges, Lima e Braga, 2009).

Na tabela 3, observa-se que o sistema apresenta melhor desempenho (degradação em função de tempo), ao aplicar uma tensão de 1,5 V. Uma importante consideração é quanto à anisotropia, ou seja, característica do meio, ou do material, em que algumas propriedades físicas são diferentes, com relação à condutividade do eletrodo, fluxo de eletrólito e concentração das espécies eletroativas (Souza, 2015).

A cinética que viabiliza a transferência de elétrons no carbono tem dependência direta com a estrutura e preparação da superfície, pois as reações eletroquímicas são normalmente mais lentas em carbono do que em eletrodos metálicos. Esses materiais têm uma atividade superficial elevada, explicando a sua susceptibilidade para a contaminação por compostos orgânicos.

De acordo com a tabela 4, foi possível observar a redução no tempo de degradação, isto ocorre, devido aos vários ensaios utilizando o mesmo bastão de grafite, ao substituí-lo houve uma redução significativa no tempo de degradação do corante. O intenso desgaste sofrido pelo eletrodo de grafite impossibilita a condução de corrente elétrica, o que implica no maior tempo de degradação ou até mesmo a não mineralização do composto orgânico, nos procedimentos observamos a elevação do tempo, porém sempre com a degradação do corante.

Fase de Adaptação

A utilização de materiais comerciais tem como objetivo, o fácil acesso e a viabilidade econômica, para que este processo possa ser reproduzido como método facilitador do ensino. O processo de adaptação iniciou-se pela substituição do peróxido de hidrogênio analítico pelo comercial adquirido em farmácias. Tomou-se como base o volume de H_2O_2 como parâmetro comparativo entre o processo analítico e o adaptado. Na tabela 5, encontram-se os valores de concentração e volume do peróxido utilizado nos ensaios.

Tabela 5 - Concentração do peróxido em condições analítica e comercial.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Volume (mL)	[H₂O₂] (Analítico)	[H₂O₂] (Comercial)
0,2	0,06 mol/L	0,017 mol/L
0,4	0,12 mol/L	0,03 mol/L
0,8	0,24 mol/L	0,06 mol/L
1,0	0,30 mol/L	0,08 mol/L

Na tabela 5 pode se observar variações na concentração de [H₂O₂], pois o peróxido analítico apresenta elevado grau de pureza quando comparado ao peróxido comercial. A tabela 06 apresenta os valores de degradação do azul de metileno utilizando-se o peróxido comercial.

Tabela 6 - Tempo de degradação do azul de metileno utilizando o peróxido comercial

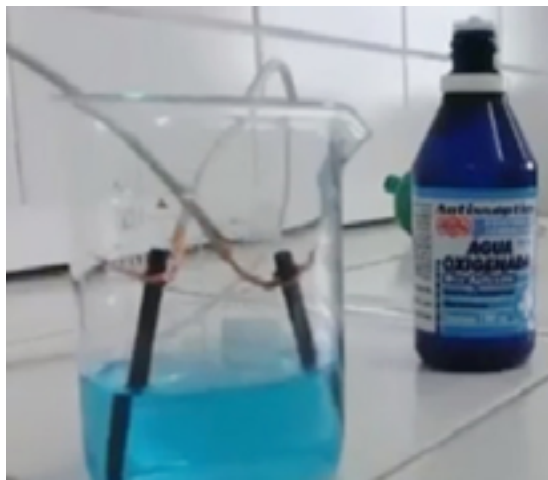
Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Tensão	0,2 mL H₂O₂ [0,017 mol/L]	0,4mL H₂O₂ [0,03mol/L]	0,8mL H₂O₂ [0,06 mol/L]	1,0 mL H₂O₂ [0,08 mol/L]
1,5V	8,0 min	6,0 min	4,0 min	3,0 min

No sistema mostrado na figura 2, além do peróxido foi substituído a fonte, utilizando suporte para pilha de 1,5 V. Através deste suporte foi possível a passagem de corrente, em que ocorreu a degradação do composto em um determinado tempo (tabela 6) a determinadas concentrações (Tabela 5).

Figura 2- Adaptação do Sistema.
Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Desta forma considera-se que este experimento obteve resultados promissores, pois dentre todos os fatores foi possível a degradação do azul de metileno em condições laboratoriais (analítica) e não laboratoriais (adaptadas).



Considerações Finais

As atividades experimentais no ensino de Química permitem uma maior interação dos alunos com as aulas, sendo possível promover a contextualização dos conteúdos trabalhados com o cotidiano do discente. Além disso, permite ao mesmo construir novas ideias e conceitos, diminuindo a abstração e a memorização existentes durante as aulas. Os experimentos são de suma importância, porém nem sempre há recursos para a realização das atividades experimentais, daí surge à importância da adaptação de experimentos, os quais são utilizados materiais alternativos e de fácil acesso.

A preocupação com a ação do homem, relacionada com os casos de poluição e o desenvolvimento de tecnologias para mitigar a ação humana no ambiente, abriu espaço para os Processos Eletroquímicos Oxidativos Avançados e suas vantagens. Os PEOAS além de ser considerados tecnologias limpas de energia e de alta eficiência na degradação de poluentes orgânicos geram subprodutos menos nocivos, sendo um tratamento menos agressivo para o meio ambiente.

Conforme apresentado neste trabalho foi possível a adaptação do mesmo como método facilitador em que se permite trabalhar com uma gama de conteúdos químicos de forma contextualizada. A eficiência do método apresentado logo acima é de valores satisfatórios em comparação com métodos analíticos, pois os materiais são de

fácil acesso e atinge um dos principais objetivos, a degradação do azul de metileno. Além disso, este trabalho permite tratar de forma articulada atividades experimentais possibilitando a construção do conhecimento por parte dos discentes.

Notas:

1 - Para a extração do bastão de grafite utilizar o alicate, para facilitar a remoção do mesmo sem danificá-lo.

Referências

BORGES, J. C. S.; LIMA, M. P.; BRAGA, C. C. M. A lei de ohm na ponta do lápis. **Ciência em tela**. n. 2. v. 2, 2009.

BRITTO, M. J; RANGEL, M. C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. **Química nova**. v. 31, n. 1, p.114-122, 2008.

COMNINELLIS, C.; PULGARIN, C. Anodic oxidation of phenol for wast water treatment. **Journal of applied electrochemistry**. v. 21, p. 703- 708, 1991.

DENG, Y.; ENGLEHARDT, J.; Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment. **Waste Management**. v. 27, n.23, p. 380-388, 2007.

DOMENECH, X.; JARDIM, W. F.; LITTER, M.I. Processos Avanzados de oxidacion para eliminacion de contaminantes. **In: Eliminacion de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogenea**. Cap. 1, Rede CYTED: La Plata, 2001.

FONSECA, M. A. D. S. **Redução da carga orgânica de efluentes industriais contaminados com óleo, pela reação do reagente de Fenton**. Dissertação (Pós-graduação Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L. T.; DURÁN, N. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 504-511, 2000.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**. v. 31, n.3, p. 198-202, 2009.

HUANG, C. P.; DONG, C.; TANG, Z. Addvanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazzardous waste treatmente. **Wast managemet**. v. 13. p. 361- 377, 1993.

PELEGRINI, R. T.; FREIRE, R. S.; BERTAZZOLI, R. Photoassisted electrochemical degradation of organic pollutants on a DSA type oxide electrode: process test for a phenol synthetic solution and its application for the E1 bleach kraft flue, **Environmental Science e Technology**, v. 35, p. 2849- 2853, 2001.

SALESSE, A. M. T. **A experimentação no ensino de química: importância das aulas práticas no processo de ensino-aprendizagem**. Monografia (Pós-graduação em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2012.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; PAIVA, P. R. P.; DUTRA, A. J. B. Grafita. Rochas e minerais industriais- CETEM, 2005.

SILVEIRA, B. R. **Avaliação do uso de Processo Eletroquímico Oxidativo Avançado no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos refratários**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SIMANTIRAKI, F.; KOLLIAS, C. G.; MARATOS, D.; HAHLADAKIS, J.; GIDARAKOS, E. Qualitative determination and application of sewage sludge and municipal solid waste compost for BTEX removal from groundwater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. v. 1. n. 1, p. 9-17, 2013.

SOUZA, C. L.; PERALTA, Z. P. Degradação redutiva de azo-corantes utilizando-se ferro metálico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 16-20, 2006.

SOUZA, E. E. S. **Degradação de BTXS via processo eletro-fenton utilizando feltro de grafite RVG 4000 recoberto com (RuO₂) 0,9 – (SnO₂) 0,1**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Tiradentes, Aracaju, 2015.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. Processos Oxidativos Avançados: Conceitos teóricos. **Caderno Temático**. Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas. v. 3. p. 83. Campinas, 2004.

VILELA, M. L.; VASCONCELOS, D. V.; GOMES, M. M. Reflexões sobre abordagens didáticas na interpretação de experimentos no ensino de ciências. **Revista da SBEnBIO**. v. 3 n.1, p. 8- 10, 2007.

WANG X,; TANG D,; ZHOU J. Microstructure, morphology and electrochemical property of (RuO₂)₇₀(SnO₂)₃₀ mol% and (RuO₂)₃₀(SnO₂)₇₀ mol% coatings. **Journal of Alloys and Compounds**. v. 430, n. 1-2, p. 60-66, 2007.

XAVIER, J. L. N. **Aplicação de técnicas eletroquímicas na degradação de poluentes orgânicos refratários**. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

**DESCOLORAÇÃO DE AMARELO DE TARTRAZINA
ATRAVÉS DA ADAPTAÇÃO DE PROCESSOS
ELETROQUÍMICOS OXIDATIVOS AVANÇADOS
PARA AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA NO
ENSINO MÉDIO**

**Kayanne M. Santana Santos; Lylian M. dos Anjos Lima; Lenalda
Dias dos Santos**

Introdução

A Química é uma ciência que ao longo do tempo vem sendo ensinada numa abordagem metodológica descontextualizada, fragmentada e conteudista. Sendo assim, promove uma aprendizagem limitada a níveis cognitivos baixos. Um ensino excessivamente voltado para a figura do docente com, aulas principalmente expositivas, experimentação escassa, conteúdo dissociado do cotidiano do alunado e livros didáticos que enfatizam a transmissão e memorização das informações.

Por ser uma ciência de caráter experimental carrega consigo especificidades que precisam ser consideradas em seu processo de ensino-aprendizagem. O conhecimento químico possui três níveis de abordagens, são elas: o fenomenológico, o teórico e o representacional. O primeiro nível supracitado refere-se à dimensão macroscópica que inclui tanto os fenômenos que podem ser reproduzidos em laboratório, quanto as vivências químicas do mundo social, possibilitando que uma visão efetiva do conhecimento seja experienciada pelos discentes. O nível teórico é a dimensão submicroscópica do conhecimento químico, cuja função é relacionar informações de natureza atômico-molecular, incluindo explicações com base em modelos abstratos de forma a relacionar com o nível fenomenológico. E por fim, o nível representacional é composto pelos conteúdos químicos de natureza simbólica, que compreende informações específicas à linguagem química como, por exemplo, fórmulas e equações (Oliveira, 2010).

Diante do exposto, é necessário compreender que as atividades experimentais surgem como uma relevante estratégia didática, pois, proporcionam um espaço favorável às abordagens das dimensões fenomenológica, teórica e representacional do conhecimento químico. Portanto, a construção desse conhecimento em sala de aula deve ocorrer através da articulação desses três níveis de abordagem. A experimentação é uma atividade que deve permear as relações entre as ciências naturais, mas que geralmente os docentes abordam de forma simplista e genérica, baseada no empirismo de observar para teorizar, prática essa, constantemente criticada.

A experimentação pode ser abordada de duas formas: ilustrativa e investigativa. A ilustrativa tem como função demonstrar conceitos abordados em aulas, sem problematizar e discutir sobre os resultados, ou seja, a atividade experimental serve como prática para comprovar a teoria por meio da observação. De maneira contrária, na investigativa, o principal objetivo é problematizar através de debates em grupos, para proporcionar reflexão de forma que os estudantes compreendam além dos conceitos, obtendo uma aprendizagem significativa (Francisco; Ferreira e Hartwig, 2008).

É de conhecimento notório, no sistema educacional, a falta de motivação do alunado em estabelecer essa relação, devido ao maçante ensino mecânico, ou seja, há pouca motivação para aprender conceitos científicos. Some a isso, a dificuldade dos professores em inserir e/ou adaptar experimentos em suas atividades de sala de aula.

Na realidade educacional constata-se reclamações por parte dos docentes sobre a falta de laboratórios, equipamentos, ausência de auxílio técnico e tempo insuficiente para a realização de aulas experimentais. A partir disso, surge a necessidade de substituir equipamentos laboratoriais por recursos comerciais de baixo custo, viabilizando inserção de atividades experimentais em sala de aula.

Na dimensão social, a escolha do tema deu-se a partir da variada utilização de corantes por indústrias alimentícia, têxtil e farmacêutica em que grande parte são lançados no ambiente na forma de resíduos coloridos durante a aplicação ou produção. Nesse contexto, os Processos Oxidativos Avançados (POAs), técnicas modernas de saneamento ambiental, tem se destacado como alternativas promissoras no tratamento de águas residuais e efluentes industriais.

Já com relação à dimensão científica, de acordo com, Pitanga *et. al.*, (2017), com a inserção dos processos oxidativos é possível abordar discussões de conteúdos como: reação de oxi-redução, funções e reações orgânicas de oxidação, cinética química, cálculos de concentração, catálise, radicais livres, azo compostos, grupos cromóforos, solubilidade, entre outros.

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho é adaptar experimentos para aulas de Ensino Médio a partir de Processo Eletroquímico Oxidativo Avançado (PEOAs), para a degradação do corante amarelo de tartrazina com materiais comerciais de fácil aquisição.

Referencial Teórico

Segundo Freitas (2012) são produzidos em média 700.000 toneladas/ano de 10.000 diversos tipos de corantes e pigmentos, que fazem parte de diversas áreas dos processos industriais. Podendo eles serem classificados como corantes naturais ou artificiais (sintéticos). Cabe ressaltar, que os corantes naturais foram substituídos gradativamente pelos sintéticos por possuírem uma maior fixação, proporcionar cores mais intensas com grande estabilidade e menor custo. Sendo assim, diferentes tipos de corantes são utilizados pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas, têxteis, automotivas e até de cosméticos, com o objetivo é proporcionar cor, deixando-os mais atrativos. No ramo alimentício os corantes artificiais não possuem valor nutricional.

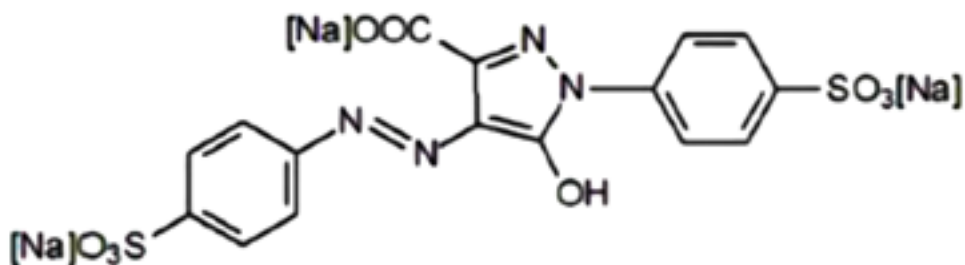
Sousa (2016) afirma que os corantes artificiais são utilizados para propor uma aparência distinta a um alimento, produto farmacêutico ou cosmético, além de ajudar na aceitação e identificação de um medicamento; os corantes sintéticos mais empregados nas indústrias são o tartrazina e o amarelo crepúculo. O alcatrão de carvão é a substância principal para a fabricação do corante tartrazina, que é usado na indústria alimentícia na produção de sucos em pó, balas, refrigerantes, laticínios e licores. No ramo farmacêutico foi encontrado o tartrazina em mais de 124 medicamentos, incluindo dipirona e paracetamol (Campos, 2014).

Por conseguinte, é de extrema relevância destacar que doses elevadas de tartrazina podem causar danos ao estômago, cólon ou bexiga. Portanto, a comercialização destes compostos com fins alimentícios precisa ter uma rigorosa avaliação de toxicidade e propriedades como: solubilidade em água, solventes alcoólicos, baixa reatividade com outros componentes de alimentos, assim como a estabilidade do mesmo à luz, calor e umidade.

Eles são compostos por dois segmentos principais, o grupo cromóforo e o funcional. O primeiro é responsável pela cor que absorve a luz e o segundo está relacionado à fixação. Os corantes sintéticos são classificados estruturalmente em duas categorias: grupo Azo, tendo na sua estrutura o grupo funcional R- N=N-R' ligados a dois átomos de nitrogênio e a dois radicais aromáticos como no caso do tartrazina, e o grupo Nonazo é composto por grupo funcional com anéis aromáticos que não estão unidos por ligações nitrogenadas (Freitas, 2012). É importante deixar claro que o corante amarelo de tartrazina é classificado como monoazo, como o próprio nome já explica, apresenta apenas um grupo azo; no mais, também encontramos em sua composição um grupo nonazo.

Figura 1- Estrutura do corante amarelo de tartrazina de nomenclatura oficial IUPAC: Sal Trissódico 5-hidroxi-1-(4-sulfonato-fenil)-4-(4-sulfonato-fenilazo)-H-pirazol-3-carboxilato.

Fonte: Freitas (2012)



Por conseguinte, a problemática ambiental proveniente das indústrias é justamente a tinta que não é fixada (perdida) desde a sua produção até a aplicação. Dessa forma, os azo-corantes, os quais contêm o grupo cromóforo em sua composição, ao serem metabolizados no organismo, são responsáveis pela formação de aminas apresentando um potencial carcinógeno. E, não podemos esquecer da possibilidade de induzir a alteração do material genético, ou seja, são genotóxicos; o amarelo de tartrazina também pode causar alergias.

Com base nos postulados de Sousa (2016), a consequência da larga utilização de corantes pelas indústrias se dá quando os efluentes são lançados aos rios e lagos, podendo alterar a coloração da água e o sistema aquático causando interferência nos processos de fotossíntese e ocasionando problemas ambientais. Portanto, com o propósito de minimizar os riscos à saúde humana por meio da contaminação de recursos hídricos, foram desenvolvidas legislações, as quais podem ser observadas através da fala de Sousa (2016, p. 12):

Resolução CONAMA Nº 357/2005 a qual dispõe sobre a classificação de corpos de água, diretrizes gerais para o enquadramento e condições e padrões de qualidade das águas e a Resolução CONAMA Nº 430/2011 a qual complementa a CONAMA 357/2015 dispondo sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e sobre as diretrizes para gestão de efluentes.

Os resíduos descartados por processos industriais apresentam diversas substâncias em sua composição, podendo estas, serem tóxicas e/ou recalcitrantes, ou seja, não biodegradáveis. Por conseguinte, é sabido que os métodos tradicionais para tratamento de água não foram desenhados para eliminar essas substâncias, dessa forma são ineficazes para determinados compostos químicos, sendo assim, fez-se necessário pensar novas técnicas ou métodos de degradação para esses tipos de resíduos, podendo, até mesmo, agir em conjunto com os métodos tradicionais. Do exposto, Araújo *et al.* (2016) discute, numa abordagem geral, que há sim, a necessidade de aperfeiçoar e potencializar os processos industriais voltados para o descarte de resíduos.

Diante disso, surge a necessidade de buscar maneiras de como tratar os efluentes, podendo ser por processos biológicos, físicos e químicos. A escolha do método depende do tipo de efluente a ser tratado e a eficiência que se procura obter. Sendo assim, dentre os diversos métodos para degradação de corantes recalcitrantes, os Processos Oxidativos Avançados (POAs) estão entre as tecnologias mais eficientes.

Como dito anteriormente, os POAs são tecnologias alternativas para desintoxicação da água através de metodologias limpas e não seletivas, e, conseqüentemente estas não afetarão negativamente o meio ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2016). De acordo com Marcelino *et al.* (2013) os POAs efetivam a remoção do poluente orgânico, o qual não é tratável, por intermédio de técnicas convencionais, apresentando baixa biodegradabilidade e/ou elevada estabilidade química.

A fundamentação da química dos POAs consiste na geração e utilização de radicais hidroxilas, em que, sua originalidade pode ser advinda de variados compostos como oxidantes fortes e semicondutores. É importante salientar, também, que a mineralização de resíduos orgânicos não tratáveis, deve-se a alta eficiência que esses sistemas de tratamento permite limpar a água.

Diante do exposto, outro ponto considerável acerca dos POAs, discutido por Teixeira e Jardim (2004) é a afirmação destes sobre a aniquilação dos poluentes, sendo uma maneira mais efetiva de desintoxicar de vez a água residual, do que, somente transferir o poluidor de fase; e esses resíduos contaminantes são convertidos em água, ânions inorgânicos e dióxido de carbono. Ainda, Marcelino *et al.* (2013) discute sobre a classificação dos processos quanto aos componentes de seus sistemas, caracterizando-os como heterogêneos e homogêneos, o primeiro indica a presença do catalisador sólido metálico e pode ser irradiado ou não. Já a segunda classificação refere-se aos outros processos que não apresentam o catalisador supracitado, como a oxidação eletroquímica.

Os POAs são metodologias eficientes ao tratar-se de redução de danos ao meio ambiente, mineralizando o contaminante sem gerar subprodutos e melhorando as qualidades organolépticas da água tratada, sendo

processos de baixo custo. Por conseguinte, é de grande relevância registrar a vantagem e a desvantagem dos radicais hidroxilas gerados pelo método de tratamento de águas residuais.

Dessa forma, é sabido que estes, ao final da reação serão “consumidos por meio da degradação” (Marcelino *et al.* 2013, p. 10), o que é um ponto positivo para esses processos, contudo, esses radicais não agem de maneira seletiva, podendo reagir com substâncias não poluentes, de maneira a fazer com que o sistema Fenton, um dos POAs, necessite de uma maior quantidade de peróxido de hidrogênio. No mais, é importante ressaltar que os “radicais hidroxilas também podem ser formados pela oxidação eletroquímica” (Teixeira e Jardim, 2004, p. 18).

A seguir a tabela 1 apresenta os sistemas utilizados nos variados tipos de POAs, seguidos de uma breve discussão de alguns deles.

Tabela 1 – Sistemas típicos de Processos Oxidativos Avançados

Fonte: (Teixeira e Jardim, 2004).

SISTEMAS HOMOGÊNEOS	COM IRRADIAÇÃO
	O ₂ /UV
	H ₂ O ₂ /UV
	FEIXE DE ELÉTRONS
	US
	H ₂ O ₂ /US
	UV/US
	SEM IRRADIAÇÃO
	O ₂ /H ₂ O ₂
	O ₂ /OH [•]
	H ₂ O ₂ /Fe ²⁺ (FENTON)
SISTEMAS HETEROGÊNEOS	COM IRRADIAÇÃO
	TiO ₂ /O ₂ /UV
	TiO ₂ /H ₂ O ₂ /UV
	SEM IRRADIAÇÃO
	ELETRO-FENTON

Pignatello *et al.* (2006 apud ARAÚJO *et al.*, 2016) aborda a discussão sobre os principais tipos de POAs químicos como o Fenton, o qual ganhou destaque na degradação de corantes por ser de fácil manuseio e utilizar materiais de baixo custo. Sua reação envolve H_2O_2 dissolvido em íons de ferro; já os processos sonoquímicos apresentam como finalidade, originar um ambiente oxidativo, utilizando-se da radiação ultrassônica; em contrapartida os processos fotoquímicos são tecnologias simples para desintoxicar a água, contudo, utiliza sempre em seus processos a radiação ultravioleta.

E por último, mas não menos importante, os processos eletroquímicos, que fundamentam-se na transferência de elétrons para efetivar a degradação da espécie, de tal forma que este venha a ocorrer de duas maneiras: direta ou indireta. Para que haja a degradação de maneira direta, tem-se a conhecida oxidação anódica, neste os elétrons são transferidos para superfície do eletrodo e a produção de hidroxilas ocorre através da oxidação das moléculas de água na superfície do eletrodo (Araújo *et al.*, 2016).

Já para degradar os compostos indiretamente, através do processo eletroquímico, temos o eletro-fenton (EF), o qual funciona da seguinte maneira: os radicais hidroxila são gerados na reação de fenton e a degradação do poluente acontece por intermédio da formação de um agente oxidante, o qual migra para a superfície do eletrodo e passa a reagir no meio da reação (Araújo *et al.*, 2014). Segundo Araújo *et al.* (2014, p. 6) “Comumente a eficácia de remoção é maior em um processo indireto pelo fato de evitar problemas, tais como limitações de transferência de massa e envenenamento da superfície do eletrodo”.

É importante apresentar algumas vantagens do Processo Eletroquímico Oxidativo Avançado (PEOA) propostas por Sires e Brillas (2012 apud Araújo *et al.*, 2014) discutindo que, além da produção in situ do H_2O_2 , ocorre a produção contínua de Fe^{2+} , a mineralização total de poluentes a baixo custo e também sua rápida degradação. Em contrapartida, há a formação de subprodutos de reação e o alto consumo energético. Entretanto, é visível a segurança e a compatibilidade ambiental que os PEOAs garantem no tratamento de águas residuais e efluentes industriais.

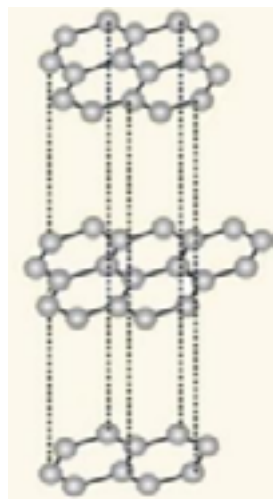
Nesta pesquisa utilizou-se como eletrodo, o grafite, o qual foi retirado de pilha comum, visto que, o carbono pode se apresentar em diversas formas condutoras. Contudo, é válida a ressalva de que este material, bem como os produtos decorrentes do mesmo, quando comparado aos metais apresentam baixa condutividade elétrica, logo, as reações eletroquímicas ocorrem de maneira mais bruta nos eletrodos de carbono (Baio; Ramos e Cavaleiro, 2014). Diante do exposto, podemos perceber que a ação de movimentação dos elétrons consequentemente ocorrerá de maneira ainda mais rápida. Sendo assim, é importante destacar que se faz necessário uma distância significativa entre os polos para que não haja o desgaste intenso dos eletrodos (Silveira, 2013), bem como existir a possibilidade de um pequeno curto circuito, ou mesmo uma explosão maior, a depender da tensão empregada no sistema.

O grafite, forma cristalina elementar do carbono, apresenta propriedades físico-químicas por conta de sua estrutura, que são diferentes das outras variedades alotrópicas do carbono. As ligações químicas encontradas no grafite apresentam hibridização, sp^2 , geometria plano triangular e ângulo de 120° . Das quatro ligações covalentes, sendo três do tipo sigma e uma π (π). As ligações do tipo π são encontradas entre dois orbitais adjacentes, e a do tipo sigma, no plano basal da estrutura do grafite.

Figura 2 – Imagem da rede cristalina do grafite.

Fonte: (Holgado, 2012)

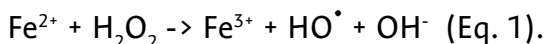
Assim sendo, pode-se visualizar que a estrutura geométrica e o tipo de ligação química definem as propriedades físicas dos elementos como dito anteriormente de maneira diferente as propriedades como: as propriedades eletrônicas são relacionadas as ligações do tipo π , de maneira que apresentam baixa interação com os elétrons, já as mecânicas, do tipo sigma provocam uma interação maior com os elétrons.



Também é importante discutir aqui a movimentação dos elétrons nesse elemento (grafite), no sentido de que, estes se deslocam apenas na camada plana do grafite, visto que é uma rede cristalina; porém, podem mover-se de uma camada para outra, mas não é tão fácil quanto transitar de um lado para o outro em uma camada plana.

No mais, outra característica importante do grafite é que este pode ser mecanicamente quebrado, devido justamente, a esse tipo fraco de ligação que representa em sua estrutura, as ligações de Van der Waals. E, além disso o grafite não reage com sais e ácidos, além de não ser dissolvido por solventes orgânicos e inorgânicos, logo, mais uma característica relevante desse alótropo é a sua inércia química.

É importante destacar aqui, a influência do pH em todo o processo de degradação dos compostos orgânicos poluentes. Sendo assim, faz-se necessário que o meio seja ácido, logo, para estar no pH ótimo da reação, o pH precisa se manter em 3 (ou um valor inferior). Araújo *et al.* (2016) afirma que o meio ácido impulsiona a decomposição do (H_2O_2) para poder liberar radicais hidroxilas ($OH^\bullet$); como representado na equação 1 abaixo:



Materiais

Equipamentos

- Agitador magnético (78 HW-1)
- Batilete
- Conector do tipo Jacaré
- 2 eletrodos de grafite retirados de pilhas comum
- Fonte de tensão (DC Power Supply FA-3003)

- pHmetro digital (Ms Tecnopon).
- Balança digital
- Espectrofotômetro (Biospectro)

Vidrarias

- Becker
- Bastão de vidro
- Pinça metálica
- Suporte universal
- Balão volumétrico
- Pêra de sucção
- Pipeta volumétrica
- Vidro de relógio

Reagentes

- Água
- Água oxigenada
- Peróxido de hidrogênio (Dinâmica, 40% m/V)
- Corante amarelo de tartrazina analítico (C.I. 19140, Dinâmica).
- Corante amarelo de tartrazina comercial
- Sal de Ferro II (FeSO_4 , Vetec).

- Vinagre
- Ácido acético

Preparo da solução padrão de amarelo de tartrazina

$$MM = 452,33 \text{ g/mol} \qquad C = m / (MM \cdot V)$$

$$V = 100 \text{ mL} \qquad 0,1 = m / 452,33 \times 0,1$$

$$C = 0,1 \text{ mol/L} \qquad m = 4,52 \text{ g}$$

Sendo assim, foi pesado a massa encontrada ($m = 4,52 \text{ g}$) foi pesada colocada em um bécker, logo depois adicionou-se 100 mL de água destilada e transferiu a solução para um balão volumétrico. Em seguida assim procedeu-se:

- 1 Retirar uma alíquota de 0,1 mL de Amarelo de tartrazina da solução padrão e colocar em um bécker.
- 2 Adicionar 50 mL de água destilada.
- 3 Posteriormente, com auxílio da balança pesa-se 0,01g de sal de Fe^{2+} e acrescenta no Becker, além da barra magnética de agitação e os eletrodos.
- 4 Adiciona 10 gotas de ácido acético para regular o pH em 3.
- 5 E por fim, acrescentar 8 gotas de peróxido de hidrogênio.

Este experimento foi realizado aplicando sob o sistema uma corrente contínua de tensão de 3V e o tempo de espera para observação significativa da degradação do corante foi de 20 min.

Etapa de Montagem

Para a montagem do sistema analítico fez-se necessário realizar a extração do grafite presente na pilha comum para utilizá-lo como eletrodo. Posteriormente, preparou-se a solução de amarelo de tartrazina, a qual teve procedimento descrito na metodologia. É importante ressaltar que o jacaré está conectado diretamente na fonte de tensão e no eletrodo de grafite numa tensão 3,0V.

Na montagem do sistema analítico utilizou-se uma fonte de tensão (DC Power Sply FA-3003), conectores do tipo jacaré, agitador magnético modelo (78 HW-1), bastão de grafite, soluções de amarelo de tartrazina, peróxido de hidrogênio e sal de ferro II.

Medidas de Absorbância

Por conseguinte, verificou-se a absorbância no sistema analítico usando o mesmo intervalo de tempo que os procedimentos anteriores, 20 minutos. A absorção do amarelo de tartrazina é na região de 340-600 nm, sendo que sua absorção máxima é em 428nm (Santos e Nagata, 2005). Na tabela abaixo observou-se a absorbância em função do tempo de degradação.

*Tabela 1- Taxa de degradação do amarelo de tartrazina no sistema analítico
Fonte: Elaborada pelas autoras (2018).*

Tempo	0 min	4 min	8 min	12 min	14 min	16 min
Absorbância	0,651	0,086	0,069	0,066	0,064	0,063

E em seguida podemos verifica-se a taxa de degradação através da razão entre a absorbância final e a absorbância inicial vezes cem por cento.

Taxa de degradação: $(\text{absorbância final})/(\text{absorbância inicial} \times 100\%)$

Taxa de degradação: $(0,063)/(0,651 \times 100\%)$

Taxa de degradação: 90,32%

Procedimento Adaptado utilizando amarelo de tartrazina comercial

Na fase de adaptação utilizou-se o corante alimentício amarelo de tartrazina encontrado facilmente no comércio. Dessa forma, gotejamos apenas uma gota do amarelo de tartrazina no bécker e adicionamos 50mL de água destilada. Para realizar o experimento determinou-se as seguintes condições:

- 1 Diluir 1 gota do corante alimentício amarelo de tartrazina em 50 mL de água destilada.
- 2 Adicionar 0,03g de FeSO_4 .
- 3 Acrescentar 30 gotas de vinagre, para ajustar o pH em 3.
- 4 E, finalmente, adicionar ao sistema 20 gotas de água oxigenada.

Este experimento foi realizado aplicando uma tensão de 3,0V e o tempo de degradação determinado foi de 30 min.

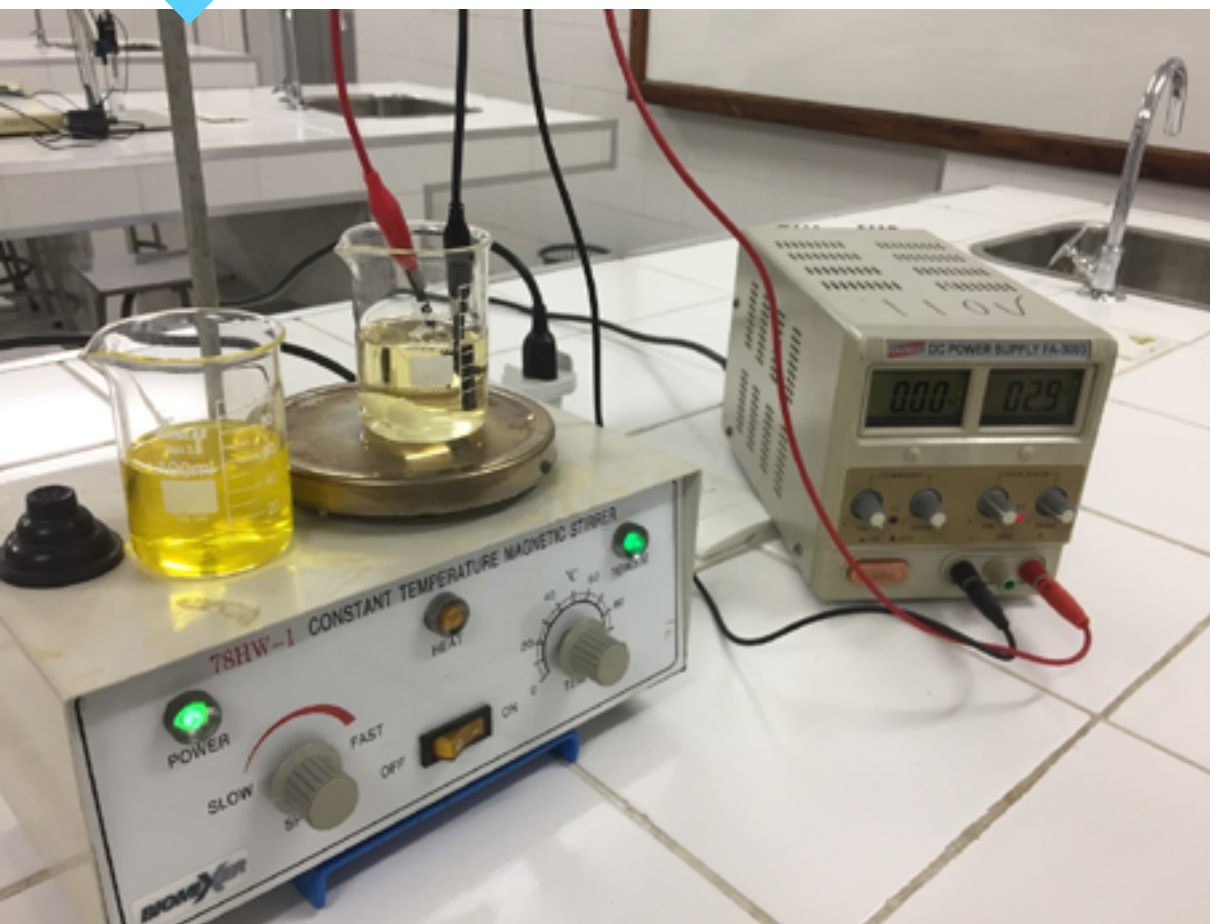
Etapa de Montagem

A figura 3 abaixo ilustra como o sistema foi montado. Os jacarés estão conectados à fonte e aos eletrodos; utilizou-se o suporte universal e a garra metálica para fixação do sistema impedindo o contato entre os eletrodos de grafites, mantendo-os em uma distância adequada para o seu funcionamento; o sistema é mantido sob agitação constante

com auxílio de um agitador magnético. Vale ressaltar que a fonte de tensão pode ser substituída por um sistema de soquetes para suporte de pilhas que são vendidos em casas de materiais eletrônicos ao preço médio de R\$ 2,00.

Figura 3- Ilustração do Sistema montado.

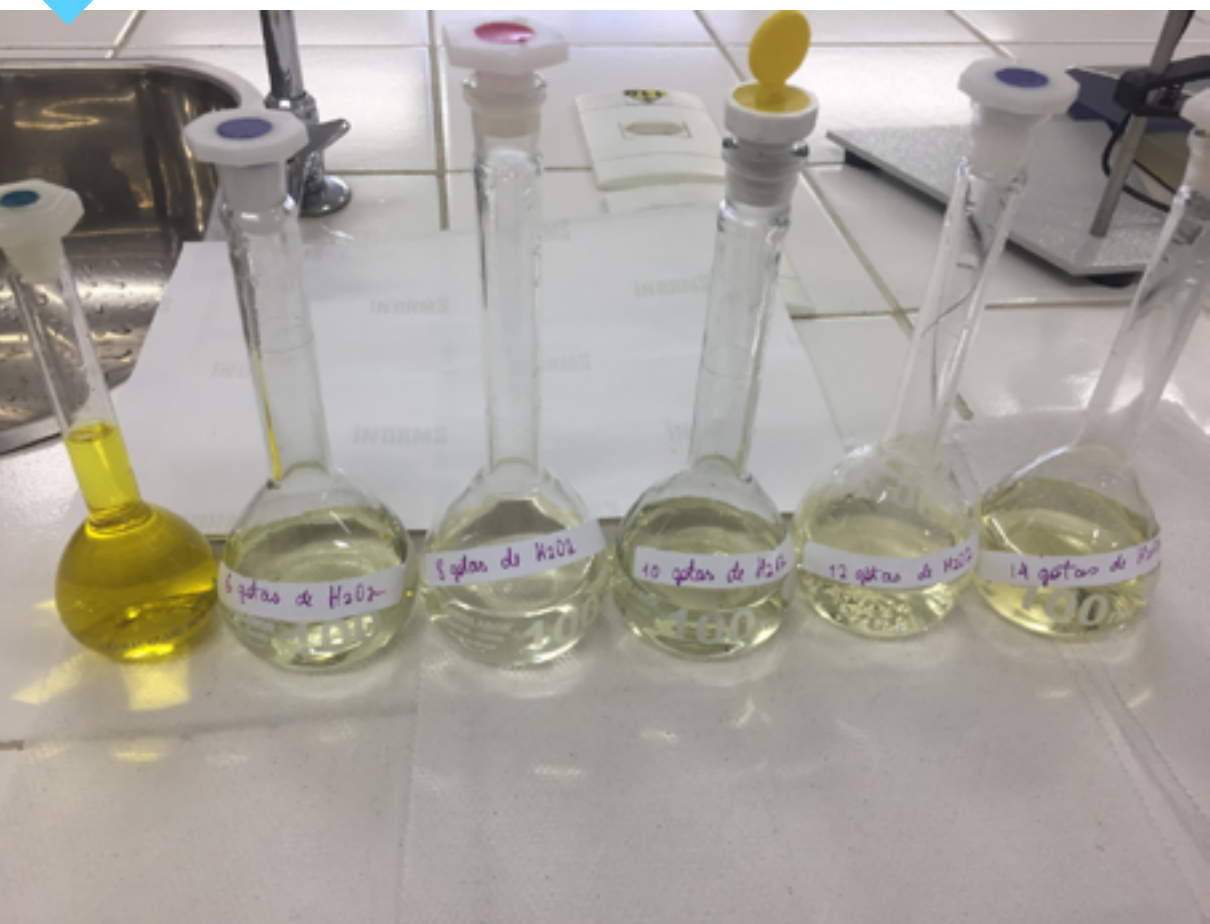
Fonte: Elaborada pelas autoras (2018)



Na figura 4 visualiza-se a solução de amarelo de tartrazina comercial com quantidades variadas de H_2O_2 , para a degradação do corante. São apresentados seis balões volumétricos, o primeiro - da esquerda para direita - é a solução padrão de amarelo de tartrazina sintético, no segundo foi adicionado seis gotas de H_2O_2 ; na sequência tem-se com 8, 10, 12, e 14 gotas de H_2O_2 , o tempo esperado para a observação da degradação foi de 30 minutos. Dessa forma, podemos perceber-se que a solução com 8 gotas de H_2O_2 apresentou a melhor taxa de degradação.

Figura 4- Foto da sequência de degradação do corante comercial

Fonte: elaborada pelas autoras (2018)



Absorbância

A seguir tem-se a tabela e a taxa de degradação do sistema adaptado.

Tabela 2- Taxa de degradação do corante alimentício amarelo de tartrazina no sistema adaptado

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Tempo	0 min	4 min	8 min	12 min	16 min	20 min
Absorbância	0,869	0,181	0,174	0,174	0,174	0,170

Taxa de degradação: (absorbância final)/(absorbância inicial x 100%)

Taxa de degradação: (0,170)/(0,869 x 100%)

Taxa de degradação: 80,43%

É importante deixar claro que o sistema adaptado foi montado justamente para que o experimento possa ser reproduzido, de maneira facilitada, com materiais comerciais e de baixo custo. De modo que a degradação seja notável e permita que as discussões possam ser realizadas a partir da observação desse aspecto qualitativo, ponderando-se que esse foi um cuidado presente durante o desenho do experimento.

Por fim, considera-se os resultados deste trabalho como promissores, visto que, foi visível a degradação do corante amarelo de tartrazina sob as condições já apresentadas: analíticas (laboratorial) e adaptativa (material de fácil acesso).

Considerações finais

Por meio de análise do presente estudo foi possível abordar sobre adaptação de experimentos para aula de Ensino Médio a partir de processos eletroquímicos oxidativos avançado para a degradação de poluentes orgânicos com materiais de fácil acesso. A inserção da experimentação para o ensino de química suscita da necessidade

de superar o ensino fragmentado, metodologicamente defasado, descontextualizado e conteudista. Sendo assim, as atividades experimentais devem permear na construção do conhecimento químico, de forma que articule as dimensões fenomenológica, teórica e representacional.

Vale ressaltar, que dentre os diversos Processo Eletroquímico Oxidativo Avançado, o que foi utilizado para realizar a atividade de experimentação neste trabalho foi o eletrólise-Fenton o qual tem como objetivo a degradação de poluentes orgânicos através da transferência de elétrons. Essa técnica é uma forma limpa de energia e de alta eficiência, que surgiu da preocupação da poluição de rios e lagos por resíduos e efluentes orgânicos industriais.

Por fim, é perceptível através dos resultados da degradação dos corantes recalcitrantes amarelo de tartrazina, que o processo eletrólise-Fenton é extremamente eficiente, tanto em condições analíticas, a qual teve uma taxa de degradação de 90,32%, como no sistema adaptado com a taxa de degradação de 80,43%. Dessa forma, ao elaborar e executar o experimento no laboratório, e depois adaptar os materiais laboratoriais para materiais comerciais de fácil acesso é visível que os resultados obtidos são promissores, logo, é possível abordar em sala de aula a experimentação adaptada, superando então, a falta de laboratório, equipamentos, ausência de auxílio técnico e tempo insuficiente para aulas experimentais nas escolas.

Referências

ARAÚJO, K. S.; MALPASS, G. R. P.; URIAS, P. M.; CUNHA, P. C. R. Processos Oxidativos Avançados: Fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais e efluentes industriais. **V Congresso Brasileiro de Gestão ambiental**, Belo Horizonte, p. 1-8. 24 a 27 de novembro de 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/10662/pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2018.

ARAUJO. K. S.; ANTONELLI. R.; GAYDECZKA. B.; GRANATO. A. C.; MALPASS. G. R. P. Processos Oxidativos Avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente e Água**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 387- 401, 2016.

BAIO, J. A. F.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Construção de eletrodo de grafite retirado de uma pilha comum: Aplicações didáticas. **Química Nova**, v. 37, n. 6, p. 1078- 1084, 2014.

BORGES. J. C. S.; LIMA, M. P.; BRAGA, C. S. M. A lei de ohm na ponta do lápis. **Ciência em tela**, v.2, n. 2, 2009.

BRILLAS, E.; SIRE, I.; OTURAN, M. A. Electro-Fenton process and related electrochemical technologies based on Fenton's reaction chemistry. **Chemical Reviews**, v. 109, p. 6570-6631, 2009. <http://dx.doi.org/10.1021/cr900136g>.

HOLGADO, D. P. A. **Estudos das Propriedades Tribomecânicas de Filmes de Carbono Amorfo Fluorado**. Tese (Doutorado em Física) - Programa de Pós-Graduação em Física. Pontifícia Universidade Católica (PUC). Rio de Janeiro, 2012.

FRANCISCO, W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Sala de Aula de Ciências. **Química Nova**, n. 30, p. 34-41, 2008.

MARCELINO, R. B. P.; FRADE, P. R.; AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D. Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para

o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis: atuação do grupo de pesquisas POA control da UFMG. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 358-383, 2013.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

PITANGA, A. F.; SANTOS, B. L. S. R.; ROCHA, L.B.; SANTOS, L. D.; FERREIRA, W. M. Adaptação Metodológica de Processos Oxidativos Avançados (POAs) na degradação de corantes para aulas experimentais no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 4, p. 373-377, 2017.

SANTOS, M. E.; NAGATA, N. Determinação espectrofotométrica simultânea de corante amarelo de tartrazina e amarelo crepúsculo via regressão por componentes principais. UE PG: **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharia**, Ponta Grossa, v. II, n.1, p. 51-60, 2005.

SOUSA, S. P. **Degradação do corante tartrazina por fotocatalise**. 2016. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. F. Processos Oxidativos Avançados: Conceitos teóricos. **Caderno Temático Volume 3** - Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 83 p, 2004.

The background of the page is white, decorated with several large, solid blue hexagons of varying sizes. One large hexagon is in the upper left, another is in the upper right, and a very large one dominates the lower half of the page. There are also smaller hexagons partially visible on the left edge.

Os Autores

Ângelo Francklin Pitanga – Doutor em Educação UFS (2015), Mestre (2009) e Licenciado em Química (2003) pela Universidade Federal de Sergipe. É professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), campus de Paulo Afonso e Professor Colaborador no Programa Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (UFBA/IFBA/UNEB/UEFS). Atua em pesquisas nos campos de concentração de Formação de Professores com ênfase em PCK (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo); Desenvolvimento e aplicações de Metodologia com enfoque CTS2; e, Estudos sobre Educação Ambiental, Química Verde e Desenvolvimento Sustentável. Parecerista Ad Hoc em periódicos Nacionais e Internacionais.

afpitanga2@gmail.com

Bárbara Luísa Soares dos Reis Santos - Mestre em Química Analítica (UFS), Especialista em Educação em Química (2017) e Licenciada em Química (2015) Faculdade Pio Décimo. Integra o Grupo de Análise de Poluentes Orgânicos - GAPO (UFS). Tem experiência na área de formação de professores e questões ambientais. Atualmente realiza pesquisas voltadas a análise de compostos orgânicos poluentes, com ênfase em pesticidas.

barbaraluisasr@gmail.com

Kayanne Maria Santana Santos – Licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo (2017).

kayannesantana21@gmail.com

Lenalda Dias dos Santos - Possui graduação em Química Bacharelado pela Universidade Federal de Sergipe (1984), graduação em Química pela Universidade Federal de Sergipe (1976) e Mestrado em Educação pela Universidade Federal da Paraíba (2001). Atualmente é Diretora Acadêmica e Docente da licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo. Membro da Comissão de Planejamento Estratégico da Faculdade Pio Décimo. Membro da Comissão Própria de Avaliação da Faculdade Pio Décimo e Membro do Corpo Editorial da Revista Científica de Estudos e Debates - Faculdade Pio Décimo. Presidente

da Câmara de Educação Básica do Conselho Estadual de Educação, Membro do Conselho da Fundação Engenheiro José Carvalho e Membro Titular do Conselho Estadual de Acompanhamento e Controle Social do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação - CEACS/FUNDEB. Docente aposentada da Universidade Federal de Sergipe e do atual Instituto Federal de Sergipe onde também exerceu a função de Diretora Geral (equiparado ao atual cargo de Reitor). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química dos Produtos Naturais, atuando principalmente nos seguintes temas: educação, química, hidrocarbonetos, química orgânica e cromatografia gasosa além de atuar na gestão acadêmica em Instituições de Ensino de Nível Técnico e Nível Superior.

lenalda@infonet.com.br

Letícia Bispo da Rocha - Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pela instituição de ensino Universidade Tiradentes (2018). Especializada em Educação em Química pela instituição de ensino Faculdade Pio Décimo (2017). Licenciada em Química pela instituição de ensino Faculdade Pio Décimo (2015). Participou de Programa de Iniciação Científica na Faculdade Pio Décimo, cuja linha de pesquisa era voltada para Educação Ambiental e enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (2014). Monitorou a disciplina de Química Geral na Faculdade Pio Décimo (2014).

leticia-rocha-bd@gmail.com

Lylian Maciel dos Anjos Lima - Licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo (2017).

lylianmaciel@gmail.com

Suellen Janaína Cunha – Pós-Graduada em Educação Ambiental Universidade Federal de Sergipe (2016). Licenciada em Química Faculdade Pio Décimo (2012). Professora da Rede Estadual de Educação de Sergipe (2013).

suellen.28@hotmail.com

Tatiane Souza Santos - Licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo (2017).

tatianesouzasantos01@gmail.com

Wendel Menezes Ferreira – Graduado em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe (2002). Especialista em Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Universidade Potiguar (2006) e em Língua de Sinais Brasileira - LIBRAS pela Faculdade de Educação de Bom Despacho (2012). Mestre em Química (Analítica) pela Universidade Federal de Sergipe (2009). Atualmente é professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe Campus Itabaiana, atuando principalmente na área de Ensino e Aprendizagem de Química voltados às temáticas ligadas às concepções prévias e ulteriores, evolução conceitual, experimentação, jogos e atividades lúdicas.

wendel.ferreira@ifs.edu.br



INSTITUTO FEDERAL
Sergipe

PROPEX
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão