

Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados

Wendel M. Ferreira, Letícia B. da Rocha, Lenalda D. dos Santos, Bárbara L. S. R. Santos e Ângelo F. Pitanga

Este artigo apresenta um relato de experiência da elaboração e aplicação de uma intervenção didática, fundamentada no enfoque CTS, usando corantes como temática. A abordagem de natureza predominantemente qualitativa, aliada à realização de experimentos de Processos Oxidativos Avançados, constituiu o aporte metodológico da pesquisa. Para a coleta dos dados, utilizou-se um questionário inicial e a produção de um texto dissertativo-argumentativo. Inicialmente, observou-se um baixo número de respostas (50 a 100% de abstenções), mesmo para questões que tratavam de conteúdos ligados aos currículos de séries já cursadas. Após a intervenção, percebeu-se uma apropriação de conceitos científicos concernentes aos aspectos investigados, tais como: ampliação da capacidade argumentativa e criticidade em relação ao uso dos corantes, o que favorece uma atuação cidadã. Por isso, acredita-se que a aproximação de temas sociais com atividades experimentais, num enfoque CTS, representa uma proposta promissora para melhoria das aulas de Química.

► ciência, tecnologia e sociedade, experimentação, processos oxidativos avançados ◀

Recebido em 30/07/2017, aceito em 14/01/2018

As cores fascinam a humanidade há milhares de anos. Na pré-história, os pigmentos eram usados, por exemplo, nas pinturas rupestres. Na Antiguidade, muitos tecidos encontrados em múmias eram coloridos. 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 (Dallago e Smaniotto, 2005).

Nos últimos cem anos, uma enorme quantidade de compostos químicos coloridos foram produzidos artificialmente, sendo que cerca de 10.000 são produzidos em escala industrial. Avalia-se, também, que 2.000 tipos de corantes são disponibilizados para atender às demandas de indústrias têxteis, uma vez que estes precisam apresentar características bem definidas para colorir cada tipo de fibra (Guaratini e Zanoni, 2000).

Além disso, os corantes são largamente empregados em outros setores como, por exemplo: na construção civil (tintas e vernizes), nas áreas gráficas e fotográficas (diferentes substratos como papéis e metais), na forma de aditivos (derivados

de petróleo), nas indústrias de cosméticos (maquiagens, esmaltes, sabonetes, cremes, etc.) e nas alimentícias (alimentos e bebidas). Os corantes usados nesses setores, e em especial os têxteis, em função de sua toxicidade e de seus baixos índices de degradação, têm sido taxados como extremamente perigosos (Peixoto *et al.*, 2013).

As atividades industriais têxteis são responsáveis pela produção de uma significativa quantidade de efluentes provenientes da fixação incompleta dos corantes no processo de tingimento, tornando-se uma das fontes responsáveis pela poluição de águas naturais. Os efluentes gerados possuem composição variada devido à grande quantidade de matéria-prima, reagentes e métodos de produção (Silva *et al.*, 2004). Como resultado, esse fato pode provocar poluição dos corpos d'água com consequências para as culturas agrícolas, problemas de saúde (urticárias e alergias) e alterações em ciclos biológicos, afetando principalmente os processos de fotossíntese (Kunz *et al.*, 2002). Esses resíduos, em geral, têm uma complexa estrutura química e se mostram resistentes aos sistemas mais comuns de tratamentos biológicos e físico-químicos (nanofiltração, coagulação, adsorção com sorvente, degradação biológica, entre outros).

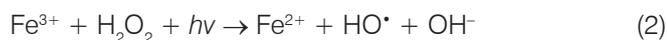
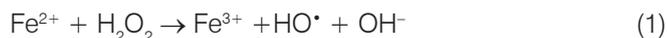
A seção "Relatos de sala de aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

Não obstante, a fim de atender às resoluções em vigência no país e demonstrar sua preocupação para com o ambiente, as indústrias químicas têm empregado esforços, voltados ao tratamento dos seus efluentes e, também, à obtenção de *design* de processos mais eficientes. Nesse cenário, os investimentos auferidos no desenvolvimento de Processos Oxidativos Avançados (POAs) são promissores e merecem destaque.

Do ponto de vista químico, os POAs baseiam-se na geração de espécies químicas altamente oxidantes, em geral, radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), provocando a efetiva degradação de substratos sabidamente refratários, por meio de mudanças na estrutura química do poluente, com o objetivo de produzir compostos inofensivos ou inertes, tais como dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (Brito e Silva, 2012; Salvador *et al.*, 2012).

Dentre os processos oxidativos, destaca-se o sistema Fenton, no qual o radical hidroxila, em uma reação espontânea que ocorre na ausência de luz, oxida várias classes de compostos orgânicos (Nogueira *et al.*, 2007). Além desse, uma diversidade de métodos tem sido desenvolvida nos últimos anos, tais como: foto-Fenton, eletro-Fenton, fotocatalise, POA sonoquímicos, POA plasma não térmico e POA raios gama (Marcelino *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2016).

O processo de Fenton utiliza íons ferrosos (Fe^{2+}) ou íons férricos (Fe^{3+}) como catalisadores, em meio ácido, para promover a decomposição do H_2O_2 , e assim produzir os radicais oxidantes $\text{HO}\bullet$ (Equação 1). Porém, quando um sistema Fenton é assistido por radiação ultravioleta (UV), esse passa então a ser denominado de foto-Fenton (Equação 2), tendo como principal resultado o aumento da produção dos radicais hidroxila quando comparado ao processo de Fenton (Marcelino *et al.*, 2013; Araújo *et al.*, 2016).



Assim, diante do explanado, este artigo tem como objetivo descrever a implementação e a análise dos resultados de uma intervenção didática, fruto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)¹, com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), relacionada aos processos oxidativos avançados em uma turma de 3º ano do Ensino Médio da rede pública de Sergipe, a partir da temática corantes.

Referencial Teórico

A abordagem CTS é um movimento social que surgiu e ganhou espaço, principalmente, com a ameaça nuclear

observada ao final da Segunda Guerra Mundial. Diante disso, parte da sociedade civil começou a questionar os rumos do desenvolvimento científico-tecnológico (C&T), sua suposta neutralidade científica e a grande fé que se tinha na ciência, na razão e no progresso (Bazzo, 2002).

Desta forma, esse movimento busca compreender as implicações sociais do desenvolvimento científico-tecnológico, em seus aspectos benéficos e maléficos na sociedade industrial – os quais estiveram acompanhados, ao longo da história, não somente de avanços, como também o surgimento e o agravamento de inúmeros problemas com consequências políticas, ambientais, sociais e econômicas. A partir desse contexto, se vislumbra a importância da inserção do enfoque CTS em aulas de Química.

O ensino de Química baseado em uma abordagem CTS tem como principal objetivo a formação de cidadãos a partir de uma alfabetização sociocientífica e tecnológica, tencionando tornar os discentes capazes de refletir de forma crítica a respeito dos rumos da sociedade, desenvolver atitudes e valores de participação social visando à tomada de decisões. Valores estes relacionados às indagações das reais necessidades humanas, imbricados por profundos questionamentos sobre a supremacia da

ordem capitalista, na qual os valores econômicos se impõem aos demais (Santos e Mortimer, 2002).

Niezer *et al.* (2016) entendem que o ensino de Química com enfoque CTS traz como implicação a necessidade de relacionar os conteúdos da ciência ao contexto da sua base tecnológica e social. E que, para isso, é necessário uma renovação crítica nos processos de ensino-aprendizagem e na organização dos conteúdos através da adoção e implementação de

atividades inovadoras que possibilitem, em sala de aula, um redimensionamento dos conteúdos com a inclusão de questões tecnológicas e sociais.

Com relação às questões metodológicas e à abordagem CTS, verifica-se a possibilidade de utilização de várias estratégias de ensino e, dentre elas, a experimentação (Firme e Amaral, 2011). No artigo em tela, a utilização da experimentação, articulada a outros métodos de ensino, foi pensada durante a produção da intervenção didática como iniciativa para estimular a reflexão, o senso crítico e a formulação de hipóteses a partir de um problema autêntico, objetivando promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas elevadas.

A experimentação deve ser tratada como um processo, e não como um produto. Assim sendo, durante a inserção deste tipo de atividade, faz-se necessário integrar à prática (as observações de possíveis evidências dos experimentos) discussões, análises e interpretações de dados e resultados, os quais devem ser direcionados para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos, de modo a permitir que

Do ponto de vista químico, os POAs baseiam-se na geração de espécies químicas altamente oxidantes, em geral, radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), provocando a efetiva degradação de substratos sabidamente refratários, por meio de mudanças na estrutura química do poluente, com o objetivo de produzir compostos inofensivos ou inertes, tais como dióxido de carbono, água e sais inorgânicos (Brito e Silva, 2012; Salvador *et al.*, 2012).

eles consigam evidenciar fenômenos e, a partir daí, (re) construam suas ideias (Suart e Marcondes, 2009).

Com base nos referenciais teóricos selecionados, preconiza-se que os experimentos não devem ser desenvolvidos num procedimento modelo “receita de bolo” e, tampouco, com o objetivo único de anotar possíveis evidências físicas. Quanto à sua utilização, os experimentos precisam ser pensados como componentes de um processo. As evidências não representam o fim da atividade, ao contrário, elas são o ponto de partida, pois são importantes para que os fenômenos possam ser discutidos e dialogados, e assim mobilizem estruturas cognitivas na construção de ideias.

Isso posto, ressalta-se que essas atividades devem ser elaboradas para: possibilitar maior interação e participação de alunos e professores; permitir o levantamento de concepções prévias; formular questões que permitam gerar conflitos cognitivos em sala de aula; desenvolver habilidades cognitivas elevadas por meio da formulação e teste de hipóteses; e aprender valores e atitudes além dos conteúdos científicos (Silva *et al.*, 2011).

Como os POAs e as demais tecnologias possuem estreita relação com a dimensão social, estes podem ser inseridos por meio da experimentação em sala de aula, bem como por meio de visita técnica a estações de tratamento de efluentes, utilização de vídeos, documentários ou filmes, ou até mesmo pela combinação de métodos de ensino diferentes, como foi o caso deste estudo. Com relação ao aspecto científico, diversos conceitos químicos puderam ser trabalhados, entre eles: reações orgânicas de oxidação, rapidez das reações, catalisadores, número de oxidação, entre outros.

Aspectos Metodológicos

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi de natureza qualitativa, haja vista as suas características: descritivas, interpretativas e analíticas, com um dos pesquisadores atuando como docente. Participaram, como sujeitos da pesquisa, 22 alunos de uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Canhoba, Sergipe.

Segundo Gomes *et al.* (2016, p. 391), a pesquisa qualitativa “tem como objetivo principal interpretar o fenômeno, norteada pela observação, pela compreensão, pela descrição e pelo significado”. Por outro lado, mesmo considerando-se a predominância do caráter qualitativo, a pesquisa apresenta uma natureza complementar quantitativa em decorrência da necessidade de quantificação das respostas dos instrumentos de coleta de dados selecionados.

Um dos instrumentos mais comumente utilizados em pesquisas qualitativas é o questionário. Por isso, para a coleta de dados, foi aplicado um questionário inicial (QI), contendo oito perguntas (Quadro 1), com a finalidade de identificar as percepções dos alunos em torno do tema em tela. As perguntas abordavam questões com viés social, científico e ambiental. Diferentes tipos de documentos registrados na forma de textos também são usados em pesquisas qualitativas. Dessa forma, ao final, foi solicitado (após a intervenção didática)

que os alunos elaborassem um texto dissertativo-argumentativo (TD) com o seguinte tema: *Corantes na sociedade: descartes e soluções*.

Quadro 1: Questionário Inicial (QI)

Q1 – O que você conhece sobre corante?
Q2 – Você acha que o uso de corantes tem alguma implicação na sociedade e/ou no ambiente? Em caso afirmativo, qual?
Q3 – Você conhece alguma reação de oxidação? Em caso afirmativo, qual?
Q4 – Qual a diferença entre um radical e um íon?
Q5 – Por que as ligações múltiplas, em determinadas condições, são mais reativas que as ligações saturadas?
Q6 – O que é um oxidante? E um redutor?
Q7 – Muitas mulheres, ao invés de depilar os pelos dos braços, pernas e abdômen, preferem descolori-los (dourá-los) utilizando a mistura de água oxigenada (H ₂ O ₂) e amônia (NH ₃). Muitas delas fazem isso na praia quando em exposição contínua à luz solar. Utilizando seus conhecimentos químicos, explique como esta reação acontece.
Q8 – No supermercado, vemos que é recorrente muitos alimentos serem embalados a vácuo. Alguns benefícios estão na preservação do frescor, textura, sabor e valor nutricional do alimento, além de maior durabilidade. Explique, quimicamente, por que os alimentos embalados a vácuo possuem maior durabilidade que os demais.

Fonte: Os autores.

A opção pelas atividades escritas tomou como base os referenciais de Rivard e Straw (2000) e Suart (2009). Os autores argumentam que a escrita é um instrumento de criação de um sistema conceitual coerente, requerendo uma posição lógica e flexível, exigindo mais esforço cognitivo dos alunos. A escrita é uma habilidade que contribui para a manifestação e o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores. No entanto, poucas são as oportunidades dadas aos alunos para escrever um relatório ou responder questões por escrito que necessitem de síntese e aperfeiçoamento de ideias (Suart, 2009).

No que se refere à intervenção didática, a mesma foi implementada obedecendo a ordem disposta no Quadro 2.

Para a atividade experimental, a turma foi organizada em dois grupos: o primeiro realizou o processo de Fenton, e o segundo, o de foto-Fenton. Ressalte-se, ainda, que os experimentos foram adaptados de modo a serem realizados em sala de aula e com materiais de fácil aquisição, conforme roteiros apresentados no Quadro 3.

A análise dos dados foi conduzida de modo que, *a posteriori*, emergiram duas categorias: aspectos científico-tecnológicos e aspectos socioambientais (vide resultados).

Resultados e Discussão

O questionário inicial contou com oito perguntas (Quadro 1) relacionadas ao tema da intervenção didática. Destas, uma abordou aspectos socioambientais, cinco

Cronograma	Atividade Desenvolvida	Objetivo
Aula 1 (50 min)	Exposição da proposta aos alunos	Apresentara proposta a ser desenvolvida sobre POAs
	Aplicação do Questionário Inicial	Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática
Aulas 2 e 3 (100 min)	Leitura e discussão de texto intitulado: Com água roxa em esgoto, fábrica têxtil é interdita em Paulista/PE ²	Estimular discussão e socialização das informações em torno do tema
	Exibição de vídeos sobre possíveis problemas de saúde ocasionados pelo uso de corantes e problemas de escassez de água no mundo ³	Desenvolver, com os alunos, uma alfabetização audiovisual que favoreça a problematização de conceitos científicos
	Atividade pós-aula	Elaborar um inventário de todos os produtos utilizados pelos alunos durante a semana (cosméticos, produtos de limpeza, alimentos, etc.) que possam conter corantes
Aulas 4 e 5 (100 min)	Realização do experimento demonstrativo-investigativo sobre a degradação dos corantes azul de metileno e amarelo de tartrazina utilizando POAs de Fenton e foto-Fenton	Instigar a observação de evidências experimentais, para posterior formulação de hipóteses e questionamentos sobre possíveis explicações para os fenômenos
Aulas 6 e 7 (100 min)	Aula expositiva e dialogada	Ampliar as discussões dos conteúdos científicos envolvidos na intervenção didática (reações químicas, oxidações brandas e enérgicas, fotocatalises, etc.)
	Produção do texto dissertativo-argumentativo	Avaliar a (re)construção do conhecimento por parte dos estudantes, como também da proposta de intervenção

Fonte: Os autores.

Quadro 3: Descrição dos roteiros experimentais⁴

Roteiro do experimento de degradação do azul de metileno por Fenton	Roteiro do experimento de degradação do amarelo de tartrazina por foto-Fenton
<p>Em um copo descartável ou de vidro adicione sob agitação constante:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 100 mL de solução azul de metileno 100 mg L⁻¹; – 5,0 mL de vinagre branco para ajustar o pH em 3; – 1 comprimido triturado contendo 250 mg de sulfato ferroso (retire o revestimento do comprimido); – 2 gotas de água oxigenada cremosa. 	<p>Em um copo descartável ou de vidro adicione sob agitação constante:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 100 mL de solução amarelo de tartrazina 100 mg L⁻¹; – 5,0 mL de vinagre branco para ajustar o pH em 3; – 10 mg de Fe₂(SO₄)₃ (único reagente que não pode ser substituído); – 3 gotas de água oxigenada cremosa. <p>Em seguida, utilizando uma caixa fechada, submeta o sistema por 30 min à radiação de uma lâmpada de UV de 27 W (observe as normas de segurança).</p>

Fonte: Os autores.

versaram sobre conhecimentos químicos diretamente relacionados ao entendimento dos corantes e reações de oxidação, e as outras duas buscaram contextualizar processos de oxidação como princípios para a explicação de fenômenos cotidianos. Ao final, como descrito na metodologia, os alunos foram orientados a escrever um texto dissertativo-argumentativo. As transcrições das respostas estão na forma original. Desse modo, os erros de gramática e de ortografia, propositalmente, não foram corrigidos, conforme orientam Machado *et al.* (2015).

De modo geral, esperava-se que os alunos apresentassem respostas válidas aos questionamentos propostos e que a relação entre as assertivas e os conceitos aceitos cientificamente fossem bastante estreitas, principalmente em relação às questões 3, 4 e 6, pois tratavam de conceitos químicos que fazem parte dos currículos das 1^a e 2^a séries do Ensino Médio, já

cursadas. No entanto, observou-se, para algumas perguntas, elevados índices de abstenções, conforme Figura 1.

Uma provável explicação para o baixo número de respostas fundamenta-se nas inferências de München *et al.* (2016) e Niezer *et al.* (2016). Esses autores afirmam que as ações desenvolvidas na escola, fincadas numa perspectiva propedêutica, baseiam-se em currículos extensos *versus* reduzido número de aulas, que acabam tornando-se fatores dificultadores do processo de aprendizagem, por conta do exíguo contato pedagógico estabelecido entre os alunos e o conhecimento.

As questões de 3 a 6 apresentaram os índices de abstenção mais elevados. Na Q3, ao serem inquiridos se conheciam alguma reação de oxidação, apenas dois dos alunos (9,0%) responderam. O aluno A14 escreveu: *Acho que sim, ferrugem*. Apesar de ter indicado o fenômeno de

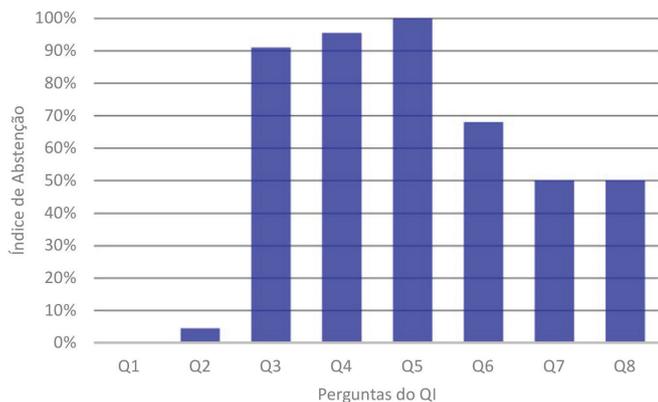


Figura 1: Índices de abstenções no Questionário Inicial.

enferrujamento como uma reação de oxidação, percebe-se certa insegurança na resposta, sinalizando falta de domínio do tema em tela. Para a Q4, sobre a diferença entre um íon e um radical, só uma resposta: A17: *Íons = são átomos que perde ou ganham um elétron. Radical = São orgânicos, são espécie ou conjunto de átomos ligado entre si e que apresenta um ou mais elétrons.* Nota-se consonância na definição de íons e dissonância na de radical, inclusive, limitando-se aos radicais orgânicos. Muito provavelmente, em função do estudo recente de conceitos de Química Orgânica.

A abstenção foi total para a Q5. E, em relação à Q6, apenas 32% dos alunos apresentaram respostas. No entanto, a maior parte dos discentes não soube distinguir os significados de agentes oxidante e redutor dos conceitos de oxidação e redução, como pode ser observado no seguinte excerto de resposta de A22: *O oxidante é o que perde elétrons e o redutor é o que ganha elétrons.*

Finalizando a análise inicial do QI, nas duas questões que abordaram processos de oxidação de modo contextualizado, Q7 e Q8, ambas com índice de 50%, observou-se respostas bastante sucintas e pouco explicativas, conforme excertos abaixo:

Q7 (A7): *Por causa da luz do sol, com os produtos.*

Q7 (A9): *Por que a luz solar transmite reações químicas na parte descolorida das pessoas.*

Isso, provavelmente, se deve ao fato de grande parte dos alunos não compreenderem que a luz solar é composta por um espectro contínuo que apresenta diferentes tipos de radiações eletromagnéticas, sendo elas: radiação visível (39%), infravermelho (56%) e ultravioleta (5%) (Balogh *et al.*, 2011). Esta última é a responsável por promover a reação indicada na Q7. Outras duas respostas merecem destaque, em função de suas aproximações com a resposta aceita cientificamente. São elas:

Q7 (A12): *Porque já que os pelos estão com um tipo*

de oxidante químico, a luz solar age diretamente nos pelos fazendo com que eles comecem a mudar de cor e com isso obter a cor desejada.

Q7 (A5): *Porque os raios solares ajudam a descolorir mais rápido.*

Na primeira, observa-se que A12 emprega em sua resposta o termo oxidante, referência à água oxigenada, e indica que a reação só ocorre devido à ação da luz solar. Considera-se que o discente explicou o problema proposto fazendo uso de bons argumentos científicos. Em contraposição, na segunda, A5 atribuiu à luz solar a função de componente que acelera a reação, mas não fez uso do termo catalisador. Isso revela uma dicotomia entre o senso comum e o saber científico, fortalecendo, de acordo com Pinheiro *et al.* (2007), a relevância em aproximar o aluno da interação entre ciência, tecnologia e todas as dimensões da sociedade.

Em relação à Q8, foi requerido que os alunos explicassem, quimicamente, a razão de os alimentos que são embalados a vácuo possuírem maior durabilidade. A maior parte dos respondentes relacionou o fato aos aspectos biológicos, utilizando termos como contaminação, fungos e bactérias, o que leva a crer que os alunos não vislumbram o gás oxigênio como um agente oxidante que, através de reações de oxidação, pode alterar algumas características dos alimentos,

como odor e sabor. Eles tratam a embalagem a vácuo apenas como uma forma de manter o alimento protegido de alguma possível contaminação.

Q8 (A18): *Pois, mantém a embalagem lacrada de forma eficaz mantendo as bactérias longe do alimento.*

Q8 (A19): *Por causa do ar e o calor e em embalagens não corre o risco de entrar fungos e bacterias.*

A análise de tais respostas aponta, ainda, para um modelo de ensino tradicional, fortemente presente nas aulas de Química, como um dos principais entraves à aprendizagem, conforme inferências propostas por Machado *et al.* (2015). Isso se deve ao fato da aprendizagem, nesse modelo de ensino, estar centrada na repetição de conteúdos descontextualizados, sem que se faça uma inter-relação entre as diferentes formas do saber. De acordo com Diniz Júnior e Silva (2016, p. 61), “o aluno não consegue perceber a aplicabilidade dos conceitos em seu dia a dia. Muitas vezes, apenas usa as definições memorizadas em algum momento de avaliação, mas sendo incapaz de explicar fenômenos do cotidiano com conceitos químicos estudados”.

A partir de agora, com a finalidade de analisar e comparar os dados obtidos por meio do questionário inicial e do texto dissertativo-argumentativo, considerando-se somente as questões com maiores índices de repostas ao QI (1 e 2), as ponderações serão mostradas consoante as duas categorias

De acordo com Diniz Júnior e Silva (2016, p. 61), “o aluno não consegue perceber a aplicabilidade dos conceitos em seu dia a dia. Muitas vezes, apenas usa as definições memorizadas em algum momento de avaliação, mas sendo incapaz de explicar fenômenos do cotidiano com conceitos químicos estudados”.

propostas: aspectos científico-tecnológicos e aspectos socioambientais.

Aspectos Científico-Tecnológicos

Inicialmente, na aplicação do QI, os estudantes foram solicitados a descrever seus conhecimentos sobre corantes (Q1). Todos responderam a essa questão. Contudo, como pode ser percebido nos trechos transcritos abaixo, as impressões dos discentes limitaram-se à etimologia da palavra e ao senso comum. Em relação a este último, acredita-se que se deve ao fato de os corantes alimentícios estarem mais próximos do cotidiano dos alunos (bolos, balas e refrigerantes, por exemplo).

Q1 (A2): *É uma substância utilizada para dar cor a alimentos, roupas, etc.*

Q1 (A12): *Corante é uma fórmula de tintura que dá cores as coisas sórdidas e alegrem com cores as nossas coisas.*

Já na atividade do texto dissertativo-argumentativo, os alunos não foram diretamente indagados a respeito de corantes. Mas, pode-se constatar nos corpos dos textos concepções mais elaboradas.

TD (A2): *Os corantes são substâncias utilizadas para adicionar cor a diversos produtos, como alimentos, tecidos, plásticos e tintas.*

TD (A12): *Corante é toda a substância que se adicionada a outra lhe confere cor. Utilizados principalmente em indústrias para conferir cor a alimentos e roupas.*

Pode-se notar que, no texto dissertativo-argumentativo, os alunos A2 e A12 ampliaram suas visões em torno da utilização e das aplicações dos corantes na sociedade atual. Os discentes expressaram melhor compreensão dos conceitos e apresentaram discursos mais elaborados. Podemos inferir que isso se deve, principalmente, à oportunidade disponibilizada em sala de aula de promover discussões relacionadas à questão problematizadora. Em geral, podemos afirmar que houve engajamento nas discussões, exposição de dúvidas e levantamento de hipóteses, o que foi de fundamental importância para aprendizagem dos conteúdos propostos.

Aspectos Socioambientais

No questionário inicial, a Q2 indagava aos alunos sobre as prováveis implicações do uso dos corantes. Esta apresentou um elevado número de respostas (91%). No entanto, uma parcela considerável dos respondentes (45,5%) afirmou não haver implicação alguma:

Q2 (A18): *Não acho que tenham implicações.*

Q2 (A10): *Não! Por que o ambiente não precisa de corantes para alguma implicação.*

Os que responderam sim (54,5%) apontaram problemas relacionados à saúde e ao cuidado com o meio ambiente:

Q2 (A2): *Sim, pois causa danos ao meio ambiente e*

prejudica à saúde, mas se for usado de forma incorreta.

Q2 (A14): *Sim, pois são produtos que afetam quimicamente, tem todo um processo de industrialização e que não faz bem.*

A análise dos textos dissertativo-argumentativos nos revela maior criticidade, por parte dos alunos, para perceber e apontar os possíveis impactos socioambientais decorrentes do uso dos corantes. Os textos passaram a apresentar respostas mais amplas com argumentos que, apesar de simples, são convincentes, como evidenciado pelo excerto a seguir:

TD (A2): *Essas substâncias que dão coloração à maioria das comidas industrializadas são obras dos laboratórios que se esforçam para deixar um alimento mais atraente, como gelatina e o sorvete, ou mais próximo da “cor natural”, como os refrigerantes de uva e de laranja. No entanto, mesmo dando essa mãozinha à aparência, os corantes costumam ser vistos como vilões. De fato eles podem provocar alergias, mas não em todas as pessoas apenas naquelas sensíveis a algum dos componentes químicos da sua formulação.*

As respostas ao QI nos revelam um nível de percepção limitado quanto aos impactos socioambientais da produção e a utilização dos corantes. Porém, de acordo com os fragmentos dos textos dissertativo-argumentativos, notam-se significativos acréscimos, quando os respondentes começam a estabelecer relações entre o uso e as (prováveis) consequências do uso de corantes. Isso, certamente, pode ser entendido como uma ampliação do conhecimento e, conseqüentemente, uma melhor percepção em relação à temática abordada.

Conforme visto, na fala do respondente A2, a adição de corantes sintéticos aos alimentos, para torná-los mais atraentes aos olhos do consumidor, concorda com Prado e Godoy (2003) quando afirmam que durante séculos o ser humano vem colorindo os alimentos para torná-los mais atrativos e saborosos. Além disso, corrobora a afirmação de Constant *et al.* (2002):

*A aceitação do produto alimentício pelo consumidor está diretamente relacionada a sua cor. Esta característica sensorial, embora subjetiva, é fundamental na indução da sensação global resultante de outras características como o aroma, o sabor e a textura dos alimentos. Desta forma, a aparência do alimento pode exercer efeito estimulante ou inibidor do apetite. Além de necessária para sobrevivência, a alimentação também é fonte de prazer e satisfação (Constant *et al.*, 2002, p. 204).*

A mesma referência pode ser vista na resposta de A18:

TD (A18): *Os corantes são usados como um belo jogo de marketing nos produtos industrializados, que seduz a população e incentiva o consumo [...] Os resíduos de tal produto são jogados em rios, o que ocasiona problemas ambientais, prejudicando a fauna e a flora. Conseqüentemente trazendo problemas sociais e econômicos, pois tanto as águas quanto*

os peixes são contaminados, assim acarretando prejuízos para as famílias que dali tiram seu sustento.

Observa-se, a partir de então, que alguns textos tocam em um ponto fundamental da problemática: o consumo. Para Auler e Delizoicov (2001), a abordagem revela-se como uma compreensão crítica sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), dimensão fundamental para a leitura do mundo contemporâneo.

TD (A14): *São acrescentadas excessivamente no processo de fabricação destes, que são bastante consumido pela população, esse excesso é devido a um favorecimento aos consumidores que optam por um consumo “colorido”.*

Segundo Santos e Mortimer (2002), os alunos desenvolvem atitudes voltadas a uma atuação cidadã ao apresentarem propostas que podem provocar impactos significativos em sua comunidade. Ao pensar na coletividade, os mesmos citam e valorizam a criação de projetos para diminuir e fiscalizar os despejos em águas residuais, a exemplo dos seguintes trechos:

TD (A14): *Medidas devem ser impostas a fábricas e indústrias que utilizam essas substâncias, os corantes, [...] E também melhorias no ensino das escolas, tratando dessa problemática nas salas de aula.*

TD (A10): *Portanto, deve-se que as prefeituras e os órgãos públicos tomarem providências para solucionar os problemas causados pela poluição.*

TD (A18): *Promover projetos para diminuir a quantidade de corantes em alimentos e roupas diminuindo assim um grande problema social e ambiental.*

Ainda no texto dissertativo-argumentativo, os alunos passaram a citar os Processos Oxidativos Avançados como procedimentos para o tratamento de resíduos. Com propriedade, utilizaram os fundamentos básicos da química desses processos, como pode ser visto abaixo:

TD (A14): *[...] Processos Oxidativos Avançados que usam o princípio de produzir radicais para oxidação do alto teor dos corantes na água.*

TD (A22): *Orientar as indústrias uma forma de tratamento como os Processos Oxidativos Avançados, que por meio da geração de radicais hidroxila, produzem uma reação de oxidação e assim oxidam as moléculas de corantes.*

TD (A5): *Uma boa solução para o problema seriam os Processos Oxidativos Avançados, estes processos funcionam gerando radicais como agentes oxidantes, quebrando as ligações dos corantes.*

Os trechos acima indicam a percepção de maior apropriação do conhecimento científico estudado para explicar a tecnologia envolvida no processo de degradação dos corantes, o que representa a indissociabilidade entre os aspectos que envolvem o CTS (Santos e Mortimer, 2002). É necessário considerar que os alunos passaram a empregar termos científicos na escrita do texto dissertativo-argumentativo.

Contudo, alguns alunos, mesmo ao final da intervenção

didática, demonstraram descrença nos possíveis problemas que podem ser provocados pelo uso desses compostos. Esses alunos apresentaram persistência e resistência em superar as suas preconcepções, como prova da forte influência que as cores exercem nas nossas opções de escolhas, como relatado a seguir:

TD (A3): *É difícil acreditar que cores que demonstram ser tão apetitosas e chamativas possa ser um problema.*

TD (A2): *Dá gosto ver um alimento vermelho forte ou laranja. [...] De fato, eles podem provocar alergias, mas não em todas as pessoas.*

A influência de um ambiente escolar que raramente oportuniza aos alunos um espaço de discussão capaz de instigar posicionamentos críticos e reflexivos em torno de temas socioambientais certamente favorece preconcepções bastante resistentes. Para que sejam modificadas, é necessário tempo e um maior contato pedagógico entre os alunos e atividades de natureza similar às propostas neste trabalho.

Considerações Finais

Os resultados obtidos nas análises do QI podem ser, em certa medida, considerados esperados, em relação ao aspecto socioambiental e às questões que tratamos como contextualizadas. Porém, esperava-se mais dos alunos acerca dos aspectos científicos, em particular aqueles referentes aos conceitos ligados à Química, pois acreditava-se que, em momentos pretéritos, os discentes haviam tido a oportunidade de estudar tais conteúdos, o que não foi evidenciado nas respostas.

No entanto, por meio da comparação entre as respostas iniciais e posteriores à intervenção didática, foi possível evidenciar os progressos em relação aos aspectos propostos nesta intervenção. Os discentes ampliaram suas visões sociais consideravelmente, argumentando e criticando, de maneira sólida, a utilização de corantes na sociedade atual. Além disso, realizaram uma reflexão autocrítica e desenvolveram valores de participação social e cidadã.

Conseguiu-se, também, relevantes melhorias nos aspectos científico-tecnológicos, os quais passaram de abstenções e confusões sobre os conceitos químicos para uma apropriação da linguagem química, explicando os POAs de forma correta. Esse avanço foi possível devido à articulação de diversos métodos de ensino e à aplicação dos experimentos de cunho demonstrativo-investigativo e, por meio destes, foi possível ir além de objetivos motivacionais, atingindo os procedimentais, atitudinais e conceituais.

Evidenciou-se, também, uma mobilização por parte dos alunos em debater e pensar criticamente acerca do tema, principalmente no que diz respeito ao estabelecimento das relações dos conhecimentos científicos com seu cotidiano, socializando-os e dando-lhes significados. A função das atividades escritas, voltadas principalmente para o desenvolvimento da capacidade cognitiva de argumentação, é despertar os alunos para capacidades que ultrapassam as

habilidades de lembrar, entender e aplicar. Isso representa um importante aspecto na inserção de uma alfabetização científico-tecnológica realizada por meio de uma abordagem CTS, na qual a experimentação teve papel importante na construção de novos conhecimentos.

Por conseguinte, podemos inferir que a aproximação de temas sociais com atividades experimentais num enfoque CTS representa uma proposta promissora, não só para iniciativas que visem à formação inicial de professores, mas também como uma via auspiciosa para melhoria das aulas de Química, principalmente no Ensino Médio.

Notas

¹Esta atividade fez parte do trabalho de conclusão de curso (TCC) desenvolvido por Bárbara Luisa Soares dos Reis Santos e Letícia Bispo da Rocha, sob a orientação de Lenalda Dias dos Santos, no Curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo.

²Matéria publicada no site G1, disponível em <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2015/01/com-agua-roxa-em-esgoto-fabrica-textil-e-interditada-em-paulista-pe.html>,

acessado em Maio 2018.

³Links: <https://youtu.be/2eWfHOQNshU> e <https://www.youtube.com/watch?v=jfknBoR6xc8>, acessados em Maio 2018.

⁴Para maiores detalhes, consulte o primeiro texto da seção "Para saber mais".

Wendel Menezes Ferreira (wendel.ferreira@ifs.edu.br), licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal de Sergipe, é especialista em Ciências da Natureza e suas Tecnologias pela Universidade Potiguar e em Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS pela Faculdade de Educação de Bom Despacho. Professor de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. Itabaiana, SE – BR. **Letícia Bispo da Rocha** (leticia-rochabd@gmail.com), licenciada em Química, é especialista em Educação Química pela Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Lenalda Dias dos Santos** (lenalda@infonet.com.br), engenheira e licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, mestre em Educação pela Universidade Federal da Paraíba, é coordenadora pedagógica do curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo. Aracaju, SE – BR. **Bárbara Luisa Soares dos Reis Santos** (barbaraluisasr@gmail.com), licenciada em Química e especialista em Educação Química pela Faculdade Pio Décimo, é mestranda em Química pela Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE – BR. **Ângelo Francklin Pitanga** (afpitanga2@gmail.com), licenciado e mestre em Química, e doutor em Educação pela Universidade Federal de Sergipe. Professor de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia. Paulo Afonso, BA – BR.

Referências

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

AULER, D. e DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2001.

BALOGH, T. S.; VELASCO, M. V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M. e BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 86, n. 4, p. 732-742, 2011.

BAZZO, W. A.; A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. *Revista Ibero-Americana de Educação*, n. 28, p. 83-100, 2002.

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

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C. e SANDI, D. Corantes alimentícios. *Boletim do Ceppa*, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002.

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

DINIZ JÚNIOR, A. I. e SILVA, J. R. R. T. Isômeros, funções orgânicas e radicais livres: análise da aprendizagem de alunos do ensino médio segundo a abordagem CTS. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 60-69, 2016.

FIRME, R. N. e AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 2, p. 382-399, 2011.

GOMES, V. B.; SILVA, R. R. e MACHADO, P. F. L. Elaboração de textos de divulgação científica e sua avaliação por alunos de

licenciatura em química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 4, p. 387-403, 2016.

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

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G. e DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

MACHADO, T. F.; SILVA, D.; CORNÉLIO, J. P. L. e DEL PINO, J. C. Abordagem CTS através da temática produção de sabão. *Acta Scientiae*, v. 17, n. 2, p. 510-525, 2015.

MARCELINO, R. B. P.; FRADE, P. R.; AMORIM, C. C. e LEÃO, M. M. D. Tendências e desafios na aplicação de tecnologias avançadas para o tratamento de efluentes industriais não biodegradáveis: atuação do grupo de pesquisa POA control da UFMG. *Revista UFMG*, v. 20, n. 2, p. 358-383, 2013.

MÜNCHEN, S.; SOARES, A. B. e ADAIME, M. B. Uma abordagem CTS no ensino de química a partir do tema jeans. *Ciência e Natura*, v. 38, n. 1, p. 462-474, 2016.

NIEZER, T. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e SAUER, E. Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 15, n. 3, p. 428-449, 2016.

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

PEIXOTO, F.; MARINHO, G. e RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. *Holos*, v. 5, p. 98-106, 2013.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F. e BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência e Educação*, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PRADO, M. A. e GODOY, H. T. Corantes artificiais em alimentos. *Alimentos e Nutrição*, v. 14, n. 2, p. 237-250, 2003.

RIVARD, L. P. e STRAW, S. B. The effect of talk and writing

on learning science, an exploratory study. *Science Education*, v. 84, n. 5, p. 566-593, 2000.

SALVADOR, T.; MARCOLINO JÚNIOR, L. H. e 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.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E. F. Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SILVA, M. R. A.; OLIVEIRA, M. C. e 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.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. e TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: SANTOS, W. L. P. e MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de Química em Foco*. Ijuí: Unijuí, 2011, p. 231-261.

SUART, R. C. Uma análise das habilidades cognitivas manifestadas na escrita por alunos de ensino médio de química em atividades experimentais investigativas. *Enseñanza de las*

Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, n. extra, p. 381-387, 2009.

_____. e MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

Para saber mais

PITANGA, A. F.; SANTOS, B. L. S. R.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D. e FERREIRA, W. M. Adaptação metodológica 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, 2017.

TEIXEIRA, C. P. A. B. e JARDIM, W. F. *Processos oxidativos avançados: conceitos teóricos*, Cadernos Temáticos, v. 03. Campinas: Unicamp/IQ, 2004.

USA, Environmental Protection Agency. *Handbook on advanced photochemical oxidation process*. Cincinnati: US EPA, 1998.

Abstract: *Dyes: an Approach With a Focus on Science, Technology and Society (STS) Using Advanced Oxidation Processes*. This article presents an experience report in the elaboration and application of a didactic intervention, based on the STS approach, using dyes as thematic. A predominantly qualitative approach, together with the realization of experiments on Advanced Oxidation Processes, constituted the methodological contribution of the research. For the data collection, an initial questionnaire and the production of an argumentative-essay text were used. Initially a small number of responses (50 to 100% of abstentions) was obtained, even for questions dealing with the content already seen in previous years. After the intervention, an appropriation of scientific concepts related to the investigated aspects was noticed, including the improvement of argumentative skills and critical posture towards the use of the dyes favoring a citizenship-oriented action. Therefore, it is believed that the approximation of social themes with experimental activities in a STS approach represents a promising proposal for the improvement of Chemistry classes.

Keywords: science, technology and society, experimentation, advanced oxidation processes