

Artigo

Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: Relato de uma Experiência Didática para Além do Laboratório de Ensino

Zandonai, D. P.; Saqueto, K. C.; Abreu, S. C. S. R.; Lopes, A. P.;
Zuin, V. G.*

Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (1), 73-84. Data de publicação na Web: 25 de agosto de 2013

<http://www.uff.br/rvq>

Green Chemistry and the Training of Chemists: a Report of a Didactic Experience Outside the Learning Laboratory

Abstract: The objective of this paper is to analyze the potentialities and limitations of an experience related to Green Chemistry education for teachers training in an institution of higher education in the state of São Paulo. The didactic proposal, in a practical way, is based on a social-scientific controversy issue following the approach STSE, which is the simulation of the remediation of the water bodies and the recovery of petrol considering the Brazilian context. The data collected through qualitative research point out that the experience made it possible for the students to understand the contents expressed in this proposal, as well as the reasons to adopt the perspective of Green Chemistry in different contexts and the methodological ways adopted to outline the contents in chemistry which are beyond the learning laboratories.

Keywords: Green Chemistry Education; Teacher Training; Experimentation; Magnetite.

Resumo

O objetivo deste artigo foi analisar as potencialidades e limitações de uma experiência voltada à educação em Química Verde para a formação inicial docente em uma instituição de ensino superior do estado de São Paulo. A proposta didática, de caráter prático, baseou-se em uma questão sociocientífica controversa com enfoque CTSA, que abordava a simulação de remediação de corpos d'água e recuperação de petróleo considerando o contexto brasileiro. Os dados obtidos por meio de pesquisa qualitativa apontam que a experiência possibilitou aos estudantes compreender os conteúdos expressos na proposta, os motivos pelos quais há a adoção da perspectiva da Química Verde em diferentes contextos, bem como os caminhos metodológicos adotados para a abordagem de conteúdos de Química que extrapolam os laboratórios de ensino.

Palavras-chave: Educação em Química Verde; Formação de Professores; Experimentação; Magnetita.

* Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Química, Rodovia Washington Luiz, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos-SP, Brasil.

✉ yaniaz@ufscar.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20140007](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20140007)

Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: Relato de uma Experiência Didática para Além do Laboratório de Ensino

Dorai P. Zandonai, Karla Carolina Saqueto, Sandra Cristina S. R. Abreu,
Ana Paula Lopes, Vânia G. Zuin*

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Química, Rodovia Washington Luiz, Km 235, CEP 13565-905, São Carlos-SP, Brasil.

* vaniaz@ufscar.br

Recebido em 31 de janeiro de 2013. Aceito para publicação em 11 de julho de 2013

1. Introdução

1.1. A emergência da Educação em Química Verde no Brasil

1.2. Questões sociocientíficas em laboratório de ensino: relato de uma experiência brasileira para a educação em Química Verde

2. Metodologia de pesquisa: da coleta à análise de dados

2.1. Síntese da magnetita

2.2. Simulação da remediação de corpos d' água e recuperação do petróleo

3. Resultados e discussão

4. Considerações finais

1. Introdução

Nas últimas duas décadas, a busca por definições acerca da sustentabilidade e de ações que a contemplem tem ocupado um lugar de destaque nas agendas de várias instituições governamentais, não governamentais, do setor produtivo e da academia em todo o planeta, com vistas à manutenção da vida e dos recursos naturais. Em 2012, o Rio de Janeiro sediou pela segunda vez a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), fato entendido por muitos como decorrente da situação do Brasil frente aos

desafios e potencialidades relativos às estratégias de desenvolvimento socialmente incluyente e de governança de um grande capital ambiental, especialmente o físico.^{1,2} Dois temas centrais foram contemplados no Rio+20, a “economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza” e as “estruturas institucionais para o desenvolvimento sustentável”, as quais contemplam questões prioritárias como energia, redução de desastres ambientais, segurança alimentar e agricultura sustentável. Longe de ser facilmente realizado pelos diversos atores sociais, o debate coletivo destes temas possibilita o necessário questionamento dos

modelos de produção e reprodução vigentes, inclusive dos sentidos da vida na atualidade.^{3,4}

Neste trabalho compreendemos a sustentabilidade socioambiental como aquela que se concretiza na medida em que a sociedade, de maneiras justas, equitativas e solidárias, tem êxito em conservar o estoque de capital natural ou compensá-lo por meio do auxílio do capital científico e tecnológico, reduzindo assim a sua depleção, no presente e no futuro.⁵ Nesse movimento amplo de se repensar o empreendimento tecnocientífico, os programas de pesquisa do campo da Química e áreas correlatas têm procurado contemplar metodologias, obtenção e uso de produtos que sejam considerados menos impactantes e idealmente inócuos à saúde humana e ao ambiente.⁶ Neste sentido, a Química Verde, introduzida no final dos anos noventa do século passado e difundida de maneira pronunciada desde então, tem como base doze princípios, sendo um dos principais a prevenção da poluição.⁷

1.1. A emergência da Educação em Química Verde no Brasil

De maneira geral, a Química Verde tem sido introduzida nas instituições de ensino brasileiras, especialmente as de nível superior, na forma de experimentos. Com base nas mais recentes publicações de pesquisadores do país que objetivavam introduzir os conteúdos de Química Verde em situações de ensino,¹ a área que possui

um maior número de contribuições é a Química Orgânica,⁸⁻¹⁴ em que são descritos roteiros de aulas práticas e explorados os aspectos sintéticos e mecanísticos de reações químicas, biocatálise, obtenção de óleos essenciais, em grande medida por meio da adaptação de um procedimento já existente (Figura 1). Além desta área, as publicações da área de Química Analítica^{15,16} também são de caráter experimental e voltadas a estudantes do ensino superior (Química e Farmácia) ou técnico em Química e em meio ambiente. Como observado por Cunha e Santana¹¹, apesar do número crescente de trabalhos científicos que contemplam a Química Verde, “ainda são escassos os relatos de aulas desenvolvidas ou adaptadas para o ensino experimental de QV na graduação”, assim como incipientes as pesquisas da área de Educação/Ensino de Química cujo objeto de investigação seja a inserção da Química Verde em processos educativos e suas implicações.

No período de 2008 a 2012, os artigos voltados ao ensino da Química Verde escritos por pesquisadores brasileiros foram publicados em periódicos do país (cerca de 70%), especialmente na revista Química Nova (SBQ). Há trabalhos que permitem ir além da descrição de um roteiro verde, mesmo considerando que estes também cumprem um importante papel desde que os conteúdos sejam abordados em uma perspectiva epistemológica mais atual, em consonância com as recentes pesquisas da área de Educação e Ensino de Ciências no que tange à experimentação.¹⁷ Nos artigos analisados é possível observar indícios de visões formativas contemporâneas, que procuram integrar os conteúdos de Química com os de outras áreas do conhecimento, para que os indivíduos possam identificar, enfrentar e se posicionar frente às questões ambientais hodiernas, cada vez mais complexas.^{12,8-20}

Deste modo, os cursos de graduação em Química do país, bacharelado e licenciatura

Educação ou Ensino de Química, no período de 2008 a 2012.

¹ Foram analisados os artigos das bases de dados *Web of Science* (ISI), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *Education Resources Information Center* (ERIC) levantados por meio dos descritores “green chemistry” ou “Química Verde”, “Brazil” ou “Brasil”, em associação com termos específicos de propostas didáticas, relatos de experiência ou pesquisa da área de

plenas, devem ser praticados de forma a fazer com que os estudantes desenvolvam uma visão integrada da Química, em que os princípios da Química Verde estejam inseridos de maneira transversal no currículo.^{21,22} As reflexões acerca da inserção da Química Verde à formação emancipatória no campo da Química, especialmente para a formação inicial de professores, apontam para a importância de se analisar criticamente a literatura e documentos curriculares nacionais, por meio da discussão das complexas problemáticas socioambientais atuais e da apropriação de uma visão epistemológica contemporânea com relação à produção do conhecimento e

empreendimento tecnocientíficos, em oposição à concepção empirista-indutivista, ou seja, um processo contínuo de reconstrução dialógica, que contemple visão sistêmica, complexidade, transdisciplinariedade, flexibilidade e sensibilidade.²³ Desta maneira, quando tais aspectos são considerados, importa compreender quais os alcances e limites de uma experiência voltada à educação em Química Verde para a formação inicial docente em Química em uma instituição de ensino superior de estado de São Paulo (IES - SP), que se constitui como um estudo de caso e, portanto, passível de ser extrapolado a contextos semelhantes.²⁴

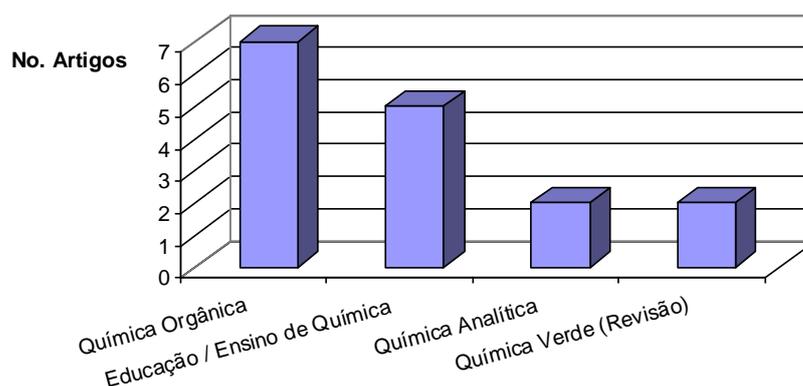


Figura 1. Artigos publicados por pesquisadores brasileiros com enfoque em educação em Química Verde no período de 2008 a 2012

1.2. Questões sociocientíficas em laboratório de ensino: relato de uma experiência brasileira para a educação em Química Verde

Uma perspectiva educacional que adquire cada vez mais relevo, quando se considera a produção tecnocientífica e suas interrelações com as questões ambientais, é a chamada abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).²⁵ De acordo com os seus principais estudiosos,^{26,27} a aprendizagem não é compreendida como um processo que

acarreta uma simples mudança conceitual, mas uma transformação conceitual, procedimental e atitudinal que estimula os estudantes a participarem da reconstrução do conhecimento tecnocientífico, bem como de outros saberes, sempre considerando os seus contextos sociais de produção, principalmente quando são incorporadas questões sociocientíficas.

Apesar do recrudescimento da preocupação com relação ao modo de produção vigente em todo o mundo, fundamentalmente dependente do petróleo e de seus derivados, bem como a clareza de

que a manutenção da situação atual não será mais possível por uma série de razões (limites das reservas de fontes fósseis), observa-se que as descobertas dos campos de petróleo do pré-sal colocam dúvidas acerca do padrão futuro da matriz energética brasileira, hoje cerca de 45% baseada em energia renovável.^{28,29}

O derramamento de petróleo nas costas brasileiras, tal como o ocorrido na Bacia de Campos em 2011 (RJ), tem ocasionado problemas ambientais e socioeconômicos de elevada monta. Neste sentido, introduzir os princípios da Química Verde por meio da reflexão acerca do conceito de sustentabilidade e do desenvolvimento de tecnologias e processos incapazes de causar poluição, e que, idealmente, evitam a necessidade de remediação de compartimentos ambientais impactados, pode cumprir um importante papel formativo.

Além de contemplar estudos no escopo da Química Verde,¹⁹ pesquisadores brasileiros também têm analisado materiais e métodos para a remoção de petróleo de ambientes aquáticos, utilizando uma resina obtida a partir de matérias-primas renováveis (*e.g.*, óleo de mamona, líquido da castanha de caju, glicerina), que praticamente elimina a produção de resíduos poluentes e tem baixo custo de produção. Às matérias-primas renováveis são adicionados catalisadores que promovem a sua polimerização e, antes que o processo seja concluído, são adicionadas nanopartículas magnéticas, o que resulta em um material polimérico magnetizado.³⁰⁻³²

Com a finalidade de se introduzir conceitos já previstos na ementa de uma disciplina de caráter experimental introdutório de um curso de licenciatura em Química de uma IES paulista que possibilitasse a educação em Química Verde, uma situação sociocientífica controversa brasileira foi proposta, relacionada à recuperação de ambientes aquáticos por meio procedimentos alternativos. Para o preparo de um material que apresentasse propriedades semelhantes às resinas magnetizadas, com base nos trabalhos de

Souza e colaboradores,³² foi estudada a síntese de um composto magnético (magnetita) utilizando reação de precipitação em meio aquoso. De acordo com os objetivos iniciais de ensino da disciplina, a aula experimental deveria possibilitar ao licenciando conhecer algumas propriedades características do composto magnético; manipular equipamentos típicos de laboratório; realizar uma reação de precipitação e a separação (filtração); e calcular o rendimento da síntese.

Destaca-se que a magnetita tem despertado grande interesse nos últimos anos, devido às propriedades químicas e físicas únicas, bem como por seu grande potencial em aplicações tecnológicas em varias áreas da Engenharia, Medicina, Educação Química,³³ dentre outras. Para esclarecer, a magnetita é um óxido (Fe_3O_4) formado por íons de ferro de valências II e III, densidade 5,2 g/mL e ponto de fusão 1.597 °C. No ambiente, a magnetita é encontrada incrustada em rochas na forma de cristais octaedros isométricos ou pó de coloração negra. Possui estrutura cristalina cúbica de face centrada do tipo espinélio invertido.³⁴

2. Metodologia de pesquisa: da coleta à análise de dados

A pesquisa qualitativa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2011, em uma turma com 30 licenciandos durante quatro aulas (180 minutos) de uma disciplina introdutória de Química Geral de caráter prático em uma IES paulista. Os dados foram obtidos a partir de questionários, entrevistas, relatórios e da observação da realização da experiência e analisados com base na análise de conteúdo (vide material suplementar).³⁵⁻³⁷ Em um primeiro momento, foi realizado o levantamento das concepções prévias dos estudantes sobre as questões ambientais, o papel da Química Verde e a formação docente por meio da aplicação de um questionário. A seguir, a problemática relacionada ao derramamento de petróleo,

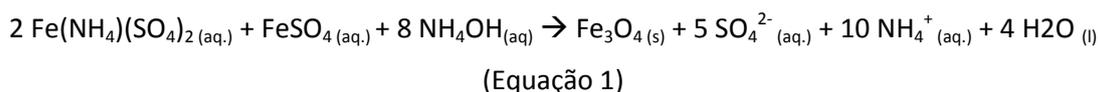
suas causas frequentes, as ocorrências recentes e as formas tradicionais e alternativas utilizadas para a recuperação de áreas contaminadas foram apresentadas por meio de documentários científicos e noticiários, tal como o caso das pesquisas desenvolvidas no Brasil sobre as resinas.

Os objetivos da aula, os conteúdos conceituais e o roteiro experimental com grau de abertura nível 5 foram abordados na forma expositiva dialogada (*data show*)³⁸. Em seguida, os roteiros foram distribuídos às quinze duplas e a experiência, dividida em duas etapas, foi iniciada. Todas as etapas do procedimento foram estudadas de maneira a contemplar os princípios da Química Verde.⁶ É importante ressaltar que o projeto foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa

da IES onde o estudo foi realizado.

2.1. Síntese da magnetita

A magnetita foi sintetizada via reação de precipitação de soluções de sulfato de ferro II ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (0,0864 mol/L) (Chemical Abstracts Service Registry - CAS 7782-63-0) e sulfato férrico amoniacal [$\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$] (0,1806 mol/L) (CAS 7783-83-7).^{39,40} À solução contendo os metais foi adicionada uma solução de hidróxido de amônio (NH_4OH) 1%, sob agitação para precipitação simultânea de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$ em estado amorfo, que se transformam espontaneamente em Fe_3O_4 microcristalino (Equação 1).



Ou, a reação simplificada:



A solução de precipitação foi aquecida em banho-maria e, a uma temperatura entre 80 - 90°C por 5 min., as partículas foram separadas da água mãe por decantação. O sobrenadante foi retirado e acondicionado para o descarte. Em seguida, o precipitado foi lavado com água destilada para a remoção de possíveis reagentes não processados e, posteriormente, lavado com etanol anidro. Em uma fase final, as partículas magnéticas foram secas em estufa a 110 °C.³⁹

2.2. Simulação da remediação de corpos d' água e recuperação do petróleo

Para a simulação da remediação de ambientes aquáticos por meio do material preparado na etapa acima, partículas de magnetita foram incorporadas a uma quantidade igual de amido de milho. Em um béquer contendo 100 mL de água, adicionou-se uma gota de petróleo. Em seguida, pulverizou-se com o auxílio de uma peneira a mistura de partículas de magnetita e amido de milho na mancha de petróleo. Utilizando um ímã, a mancha magnetizada foi aproximada às bordas do béquer e removida da superfície da água, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2. a) Preparo do material magnético. (b) Simulação da remediação de corpos d'água impactado por derramamento de petróleo

3. Resultados e discussão

A proposta didática investigativa intencionou, por meio do procedimento experimental integrado à discussão teórica, sensibilizar os licenciandos de Química para as relações do empreendimento tecnocientífico e seus produtos com as questões ambientais, considerando o movimento da Química Verde e a formação inicial de professores no contexto brasileiro. O delineamento da experiência, fundamentado em uma práxis educacional com enfoque CTSA, foi planejado e executado de modo a torná-lo tão verde quanto possível, por meio da substituição de reagentes por outros de menor toxicidade, redução da concentração (por exemplo, da solução hidróxido de amônio de concentração 8%, utilizado na prática tradicional, para uma solução de concentração 1%) e diminuição da escala para a síntese da magnetita e a simulação de recuperação de corpos d'água.

Nesta proposta, a adição de amido (que também apresenta propriedades adsorventes) à magnetita foi realizada com o intuito de se obter uma mistura de substâncias sólidas que possibilitasse a remoção da mancha de petróleo da superfície da água em função essencialmente das propriedades magnéticas. O emprego de

amido também tem sido relatado na literatura em uma ampla variedade de aplicações (fases estacionárias para colunas cromatográficas, catalisadores etc.), já que se trata de um material renovável (derivado de biomassa), abundante, não tóxico e biodegradável - características que se tornam cada vez mais importantes atualmente.⁴¹ Adicionalmente, a proporção utilizada de amido em relação à magnetita (2 : 1) para a retirada do óleo possibilitou ainda uma redução de reagentes de partida como sulfato de ferro II, sulfato férrico amoniacal e hidróxido de amônio.

Por meio da análise de conteúdo dos discursos (enunciados) dos licenciandos foi possível identificar a categoria "relevância do experimento na disciplina" como a de maior incidência na pesquisa, e que será detalhada neste artigo. Os enunciados desta categoria foram agrupados nas unidades temáticas: interesse; relevância; aprendizagem de Química; conceitos; questões socioambientais; e conscientização, no sentido de expressão de condutas - isto é, da remediação à sensibilização para a Química Verde (Tabela 1).

Conforme os dados descritos na Tabela 1, a abordagem de questões sociocientíficas permitiu aos licenciandos a apropriação de outros sentidos aos conteúdos, o posicionamento com relação à problemática apresentada, bem como às formas de tratamento da mesma. O interesse e

relevância da perspectiva de aprendizagem de Química, com vistas à formação de professores, aparecem quando são oportunizadas experiências coerentes à ação crítica. De fato, a realização de atividades experimentais com enfoque CTSA tem sido apontada na literatura como um caminho para, além da apropriação de conteúdos conceituais, evitar a visão neutra e linear de que o desenvolvimento científico implica obrigatoriamente em mais riquezas e bem-estar social.⁴² Ou seja, é preciso compreender e participar dos objetivos que mobilizam o empreendimento tecnocientífico.

A frequência do termo “condutas da remediação” expressa nos dados se configurou como um dos descritores da realidade que na visão dos estudantes justificava a “relevância da experiência na disciplina” (unidade “Conscientização”). A passagem da tradicional remediação para a prevenção da poluição de compartimentos ambientais constitui-se como uma das metas principais da Química Verde e tem, em certa medida, encontrado resistências de variadas naturezas, inclusive nas instituições de ensino dado o seu potencial para uma experiência exigente.^{43,44}

Tabela 1. Unidades temáticas relativas à categoria “Relevância do Experimento na Disciplina” identificada na pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Relevância da Aplicação do Experimento na Disciplina	Interesse	2	8
	Relevância	4	16
	Aprendizagem	2	8
	Conteúdos (conceituais)	5	20
	Sustentabilidade socioambiental	8	32
	Conscientização	4	16
	Total	25	100

A referência à sustentabilidade foi expressiva nos discursos dos estudantes investigados, o que denota a preocupação com relação à conduta majoritária do campo da Química no que tange às problemáticas socioambientais. A proposição de materiais e métodos menos impactantes e idealmente inócuos aos seres vivos e ao ambiente, mesmo quando entendida por alguns licenciandos como um dos atributos restritos à Química Ambiental, aponta indícios de que a atividade possibilita a literacia científica e a aplicação da ideia de experimentação que inicialmente parece restrita ao laboratório de ensino.

Os aspectos destacados reportam-nos à necessidade de se inserir e problematizar no campo da Química, especialmente na

formação inicial de professores, a Química Verde com ênfase às suas características, formas de expressão e alcances no Brasil. Os estudos sobre o tema^{44,45} - parte da produção e circulação intercoletiva a respeito de propostas didáticas verdes de pesquisadores da área de Educação / Ensino de Química e Química, bem como professores de diferentes níveis e modalidades de ensino - mostram o potencial para o estabelecimento de condições objetivas, institucionalizadas, de práticas pedagógicas cada vez mais apropriadas para o enfrentamento de problemáticas socioambientais, sabidamente complexas.

4. Considerações finais

Neste trabalho, procurou-se analisar as potencialidades e limitações de uma atividade de ensino voltada à Química Verde para a formação inicial de professores de Química em uma IES paulista, ocorrida no primeiro semestre de 2011. Para isso, foi preparada uma substância com propriedades magnéticas (magnetita) utilizando reação de precipitação em meio aquoso, a qual foi misturada com amido, tendo como base os princípios da Química Verde (redução da quantidade de reagentes e uso de materiais renováveis e não tóxicos). A mistura magnetizada foi então utilizada com sucesso para a remoção da mancha de petróleo presente na superfície da água. De acordo com os dados obtidos, a simulação da remediação de corpos d' água e recuperação de petróleo possibilitou aos estudantes compreender os motivos pelos quais atualmente ocorre a introdução da Química Verde em diferentes setores, como as instituições de ensino e pesquisa.

A experiência proposta, pautada na abordagem de uma alternativa brasileira para a recuperação de ambientes impactados por derramamento de petróleo, pôde romper com a ideia dicotômica normalmente vista entre teoria e prática em disciplinas de caráter experimental, bem como fazer conhecer aos estudantes o movimento da Química Verde e seu papel na formação de professores. Apesar de alguns dos estudantes relacionarem a Química Verde à Química Ambiental, foi possível verificar que houve articulação de conhecimentos e saberes para a promoção da literacia científica, fomentada pela seleção de conteúdos e metodologias apropriadas face às demandas atuais, bem como pela escolha de processos de avaliação do ensino e aprendizagem, levando-se em consideração que as questões sociocientíficas e éticas “verdes” sempre extrapolam as paredes dos laboratórios de ensino.

Material Suplementar

1. Questionário

Qual a importância da contextualização e problematização nos experimentos de química?

A prática é relevante para a disciplina?

A proposta foi facilmente executada? Você mudaria algo?

Que conteúdos foram discutidos na mesma?

Qual a importância da química para o conhecimento, preservação e gestão do ambiente?

As principais diretrizes para a prática química voltada a sustentabilidade constituem os chamados doze princípios da Química Verde. Em sua opinião, este experimento contemplou alguns desses princípios? Quais? De que forma?

2. Entrevistas (semi-estruturadas)

Qual é o papel da contextualização e/ou problematização para a condução dos conteúdos abordados no experimento?

A prática é relevante para a disciplina? Por quê?

A proposta foi facilmente executada? O que vocês mudariam e por quê?

Que conteúdos foram discutidos?

Como a química pode atuar para ampliar o conhecimento acerca das questões ambientais?

Os conteúdos abordados no experimento enfocam as dimensões científica, tecnológica e social? De que maneira?

Como vocês definem a Química Verde?

O experimento contemplou alguns dos princípios de Química Verde? Quais? De que forma?

Agradecimentos

Aos licenciandos partícipes da pesquisa e à CAPES, pelo apoio recebido.

Referências Bibliográficas

- ¹ Sachs, I. De volta à mão visível: os desafios da Segunda Cúpula da Terra no Rio de Janeiro. *Estudos Avançados* **2012**, *26*, 5. [CrossRef]
- ² Viola, E; Franchini, M. Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. *Ambiente & Sociedade* **2012**, *15*, 1. [CrossRef]
- ³ United Nations Environment Programme. *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication*. S. I.: Unep, 2011. [Link]
- ⁴ Brasil. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Contribuição da Pós-Graduação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável: Capes na Rio+20 / Coordenação de Pessoal de Nível Superior. Brasília: CAPES, 2012.
- ⁵ Zuin, V. G.; *A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química*, Átomo: Campinas, 2011.
- ⁶ Anastas, P. T.; Warner, J. C.; *Green Chemistry: theory and practice*, Oxford University New York Press, 1998.
- ⁷ Correa, A. G.; Zuin, V. G. (Org.); *Química Verde: Fundamentos e Aplicações*, 1a. ed. EDUFSCar: São Carlos, 2009.
- ⁸ Marques, M. V.; Bisol, T. B.; Sá, M. M. Reações multicomponentes de Biginelli e de Mannich nas aulas de química orgânica experimental. Uma abordagem didática de conceitos da química verde. *Química Nova* **2012**, *35*, 1696. [CrossRef]
- ⁹ Bisol, T. B.; Marques, M. V.; Rossa, T. A.; Nascimento, M. G.; Sá, M. M. Síntese da Epoxone a partir de D-frutose. Um experimento didático em laboratório de Química Orgânica com foco nos princípios da Química Verde. *Química Nova* **2012**, *35*, 1260. [CrossRef]
- ¹⁰ Cunha, S.; Lustosal, D. M.; Conceição, N. D.; Fascio, M.; Magalhães, V. Biomassa em aula prática de Química Orgânica Verde: cravo-da-índia como fonte simultânea de óleo essencial e de furfural. *Química Nova* **2012**, *35*, 638. [CrossRef]
- ¹¹ Cunha, S.; Santana, L. L. B. Condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de Meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde. *Química Nova* **2012**, *35*, 642. [CrossRef]
- ¹² Galgano, P. D., Loffredo, C., Sato, B. M., Reichardt, C., El Seoud, O. A.
- ¹³ Introducing education for sustainable development in the undergraduate laboratory: quantitative analysis of bioethanol fuel and its blends with gasoline by using solvatochromic dyes. *Chemistry Education Research and Practice* **2012**, *13*, 147. [CrossRef]
- ¹⁴ Omori, A. T.; Portas V. B.; Oliveira, C. S. Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaléido com pedaços de cenoura (*Daucus carota*): um experimento simples na compreensão da biocatálise. *Química Nova* **2012**, *35*, 435. [CrossRef]
- ¹⁵ Santos, A. P. B.; Gonçalves, I. R. C.; Pais, K. C.; Martinez, S. T.; Lachter, E. R.; Pinto, A. C. Oxidação do borneol à cânfora com água sanitária - um experimento simples, de baixo custo e limpo. *Química Nova* **2009**, *32*, 1667. [CrossRef]
- ¹⁶ Silva, R.; Santos, F. S.; Pires, M. Uso de materiais recicláveis na determinação gravimétrica de CO₂ no ar ambiente e tratamento dos resíduos de laboratório gerados. *Química Nova* **2012**, *35*, 2067. [CrossRef]
- ¹⁷ Aragão, N. M.; Veloso, M. C. C; Andrade, J. B. Validação de métodos cromatográficos de análise - um experimento de fácil aplicação utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e os princípios da "Química Verde" na determinação de metilxantinas em bebidas. *Química Nova* **2009**, *32*, 2476. [CrossRef]
- ¹⁸ Gonçalves, F. P., Marques, C. A. A problematização das atividades

- experimentais na educação superior em Química: uma pesquisa com produções textuais docentes – parte II. *Química Nova* **2012**, *35*, 837. [[CrossRef](#)]
- ¹⁹ Souza, S. P. L.; Marques, M. R. C., Mattos, M. C. S. Desenvolvimento sustentável e pensamento complexo - estudo de caso: o uso de argilas como catalisadores. *Química Nova* **2012**, *35*, 1891. [[CrossRef](#)]
- ²⁰ Farias, L. A.; Fávoro, D. I. T. Vinte anos de química verde: conquistas e desafios. *Química Nova* **2011**, *34*, 1089. [[CrossRef](#)]
- ²¹ Marques, C. A. Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2012**, *11*, 316. [[Link](#)]
- ²² Maximiano, F. A.; Corio, P.; Porto, P. A.; Fernandez, C. Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo. *Educación Química* **2009**, *20*, 398. [[Link](#)]
- ²³ Porto, P. A.; Corio, P.; Maximiano, F. A.; Fernandez, C. A organização da ciência Química na visão de graduandos: um estudo utilizando mapas estruturais. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2012**, *11*, 76. [[Link](#)]
- ²⁴ Zuin, V. G.; Farias, C. R.; de Freitas, D. A ambientalização curricular na formação inicial de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **2009**, *8*, 552. [[Link](#)]
- ²⁵ Zandonai, D. P.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2013.
- ²⁶ Zuin, V. G.; Ioriatti, M. C. C. S.; Matheus, C. E. O Emprego de Parâmetros Físicos e Químicos para a Avaliação da Qualidade de Águas Naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. *Química Nova na Escola* **2009**, *31*, 3. [[Link](#)]
- ²⁷ Aikenhead, G. S.; *Science education for everyday life: evidence - based practice*, Teachers College Press: New York, 2006.
- ²⁸ Aikenhead, G. S.; *Socio-scientific issues in science classroom: Teaching, learning and research*; Sadler, T. D., ed.; Springer: New York, 2011.
- ²⁹ Lucon, O.; Goldemberg, J. Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. *Estudos Avançados* **2009**, *23*, 121. [[CrossRef](#)]
- ³⁰ Mendes, T. A.; Rodrigues filho, S. · Antes do pré-sal: emissões de gases de efeito estufa do setor de petróleo e gás no Brasil. *Estudos Avançados* **2012**, *26*, 201. [[CrossRef](#)]
- ³¹ Grance, E. G. O.; Souza, F. G.; Varela, A.; Pereira, E. D.; Oliveira, G. E.; Rodrigues, C. H. M. New petroleum absorbers based on lignin-CNSL-formol magnetic nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science* **2012**, *126*, E305. [[CrossRef](#)]
- ³² Varela, A.; Oliveira, G.; Souza, F. G.; Rodrigues, C. H. M.; Costa, M. A. S. New petroleum absorbers based on cardanol-furfuraldehyde magnetic nanocomposites. *Polymer Engineering & Science* **2013**, *53*, 44. [[CrossRef](#)]
- ³³ Ferreira, L. P.; Moreira, A. N.; Delazare, T.; Oliveira, G. E.; Souza Jr., F. G. Petroleum Absorbers Based on CNSL, Furfural and Lignin – The Effect of the Chemical Similarity on the Interactions among Petroleum and Bioresins. *Macromolecular Symposia* **2012**, *319*, 210. [[CrossRef](#)]
- ³⁴ Rebello, G. A. F.; Argyros, M. M.; Leite, W. L. L.; Santos, M. M.; Barros, J. C.; Santos, P. M. L.; Silva, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. *Química Nova na Escola* **2012**, *34*, 1. [[Link](#)]
- ³⁵ Holland, H.; Yamaura, M.; Souza, J. S. *Resumo do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, Campos do Jordão, Brasil, 2010.
- ³⁶ Alves-Mazzotti, A. J. F.; Gewandszajder, F.; *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*, Pioneira: São Paulo, 2001.
- ³⁷ Franco, M. L. P. B.; *Análise de conteúdo*, Liber: Brasília, 2007.
- ³⁸ Bardin, L.; *Análise de Conteúdo*, Edições 70: Lisboa, 2009.
- ³⁹ Valverde, G. J.; Jiménez, L. R.; Viza, A. L. La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las Ciencias* **2006**, *24*, 59. [[Link](#)]

- ⁴⁰ Lee, J. D.; *Química Inorgânica Não Tão Concisa*, Edgard Blücher: São Paulo, 1999.
- ⁴¹ Bessler, K. E.; Neder, A. V. F.; *Química em tubos de ensaio: uma abordagem para principiantes*, Edgard Blücher: São Paulo, 2004.
- ⁴² Clark, J. H. Making the most of starch. *Education in Chemistry* **2006**, *43*, 124. [[Link](#)]
- ⁴³ Gonçalves, F. P.; Marques, C. A. Pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2012**, *12*, 181. [[Link](#)]
- ⁴⁴ Anastas, P. T.; Beach, E. S.; *Green Chemistry Education: changing the course of chemistry*; Anastas, P.; Levy, I. J.; Parent, K. E. eds.; Washington; ACS, **2009**. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁵ Zuin, V. G.; Pacca, J. L. A. Formación docente en química y ambientación curricular: estudio de caso en una institución de enseñanza superior brasileña. *Enseñanza de las Ciencias* **2013**, *31*, 79. [[Link](#)]
- ⁴⁶ Marques, C. A. Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. **2012**, *11*, 316. [[Link](#)]