

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO CURSO DE LICENCIATURA EM
QUÍMICA DO DQ-UFSCAR:
UM ESTUDO DE CASO**

DORAI PERIOTTO ZANDONAI

São Carlos – SP
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO CURSO DE LICENCIATURA EM
QUÍMICA DO DQ-UFSCAR:
UM ESTUDO DE CASO**

DORAI PERIOTTO ZANDONAI

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE PROFISSIONAL EM QUÍMICA, área de concentração: ENSINO DE QUÍMICA.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Nome da instituição de ensino: Universidade Federal de São Carlos-UFSCar

São Carlos – SP
2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

Z27iq

Zandonai, Dorai Periotto.

A inserção da química verde no curso de licenciatura em química do DQ-UFSCar : um estudo de caso / Dorai Periotto Zandonai. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
93 f.

Dissertação (Mestrado profissional) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Química - estudo e ensino. 2. Química verde. 3. Experimentação. 4. Professores - formação. 5. Estrela verde. I. Título.

CDD: 540.7 (20ª)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Curso de Mestrado Profissional

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de dissertação de Mestrado Profissional da candidata Dorai Periotto Zandonai, realizada em 21 de junho de 2013:



Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin



Profa. Dra. Rosebelly Nunes Marques



Profa. Dra. Andréia Pereira Matos

DEDICATÓRIA

A Deus,

Pelo dom da vida, saúde e amparo durante esta caminhada. Agradeço por colocar pessoas maravilhosas na minha vida.

A minha mãe Elisa e a meu pai Ermelindo

Pela dedicação na realização dos meus sonhos. Obrigado por me incentivar a lutar pelos meus objetivos.

Aos meus filhos queridos, Alexandra Paola, Carlos Augusto e Germano Arthur, pelo amor, carinho e incentivo constante.

Ao meu marido Carlos Roberto, pela ajuda e companheirismo na realização desse trabalho.

A minha pequena Alice, netinha do coração, presente divino que chegou para alegrar a nossa vida.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À *Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin* pela orientação durante esses anos. Agradeço por me acolher e acreditar no meu desejo em crescer como profissional da Química através do conhecimento. Obrigada em me conceder a oportunidade de ingressar como sua aluna do mestrado profissional no processo seletivo da pós-graduação. Durante esse longo período você foi professora, amiga e companheira. Minha profunda gratidão.

À *Profa. Dra. Rosebelly Nunes Marques*, pelas valiosas contribuições na qualificação e defesa, por estar presente desde o início deste mestrado como avaliadora do plano de pesquisa e relatórios.

Ao *Prof. Dr. Adélio Machado*, pela presença e pelas contribuições no seminário da qualificação e por contribuir com referencial teórico de Métrica Estrela Verde.

À *Profa. Dra. Andreia Pereira Matos*, pelo carinho, incentivo e pela dedicação na correção da dissertação.

Aos amigos especiais:

À *Doutoranda Karla Carolina Saqueto*, obrigado pela paciência, dedicação, horas de estudos e por estar sempre me apoiando nas horas mais difícil desta caminhada.

Ao *Doutorando Guilherme Grosselli*, que contribuiu para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão.

A *Profa Dra. Clélia Mara de Paula Marques, Profa. Dra. Margarida de Moraes*, meus agradecimentos pelo incentivo constante durante esta nova etapa.

À *Profa. Sandra Cristina de Abreu* pela contribuição, afetuosidade e paciência em sanar as minhas dúvidas.

Ao *Prof. Mitsukimi Tsunoda* pelos ensinamentos de todos esses anos.

Às *minhas queridas amigas Célia Regina de Assis Pacheco, Paula Adriana Martins e Luciana Vizotto*, que colaboraram na minha caminhada, meus agradecimentos.

Ao *Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação – GPQV*, Karla, Sandra, Aniele, Ana Paula Lopes, Milena, Thiago, Fábio e Leonardo.

Aos *alunos do Curso de Licenciatura em Química da UFSCar ano 2011*, que participaram das aulas experimentais, meus mais sinceros agradecimentos e em especial aos que colaboraram na entrevista focal, fazendo com que esse trabalho fosse realizado.

Ao *Programa de Pós-Graduação*, pela a oportunidade de cursar o Mestrado Profissional.

A *todos do Departamento de Química* que sempre me apoiaram os mais sinceros agradecimentos.

LISTA DE SIGLAS

CONAMA:	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTS:	Ciência - Tecnologia - Sociedade
EV:	Estrela Verde
IPE:	Índice de Preenchimento da Estrela
QV:	Química Verde
SAC:	<i>Chemical Abstract Services</i>
SBQ:	Sociedade Brasileira de Química
TPB:	Tristeza Parasitária Bovina
UFSCar:	Universidade Federal de São Carlos
UGR:	Unidade de Gestão de Resíduos
USEPA:	<i>United States Environmental Protection Agency</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 -	Densidade de alguns polímeros (site <i>MAST</i>).....	26
Tabela 4.2 -	Critérios para a classificação das substâncias para a construção da Estrela Verde (EV) (P_1 = pontuação).....	35
Tabela 4.3 -	Princípios da Química Verde e escalas de grau verde para construir a EV.....	36
Tabela 5.1 -	Relação de reagentes envolvidos na experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)” e os critérios para a classificação – Tabela 4.2	39
Tabela 5.2 -	Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento: “Identificação de Polímeros (Plásticos)”.....	40
Tabela 5.3 -	Relação de reagentes envolvidos na experiência: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo.....	42
Tabela 5.4 -	Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento: “Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo”.....	43
Tabela 5.5 -	Relação dos reagentes envolvidos na experiência: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas	45
Tabela 5.6 -	Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento “Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas ”.....	46
Tabela 5.7 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Papel da Química frente às questões sociocientíficas atuais” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	49
Tabela 5.8 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Contribuições da contextualização e problematização nos experimentos de química” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	50
Tabela 5.9 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Relevância do Experimento na Disciplina” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	53
Tabela 5.10 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Aspectos favoráveis à execução do procedimento” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	54
Tabela 5.11 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Avaliação da introdução	

	da experiência na disciplina” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	58
Tabela 5.12 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “ Abordagem do conteúdo na experiência” identificada no corpus da pesquisa.....	59
Tabela 5.13 -	Unidades Temáticas relativas à categoria “Contribuição da química para o conhecimento e preservação do meio ambiente” identificada no <i>corpus</i> da pesquisa.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Magnetita incrustada na rocha.....	5
Figura 1.2 - Magnetita em pó.....	5
Figura 3.1 - Estrela de máximo grau verde.....	19
Figura 3.2 – Estrela de mínimo grau verde.....	19
Figura 4.1 - Exemplos da diversidade de polímeros.....	25
Figura 4.2 - Síntese da magnetita.....	30
Figura 4.3 - Simulação para remediação de corpos d’água impactado por derramamento de petróleo.....	30
Figura 4.4 - Reator.....	33
Figura 4.5 - Aquecimento no forno de micro-ondas.....	33
Figura 4.6 - Filtração com pipeta de Pasteur.....	33
Figura 4.7 - Transferência da filtração.....	33
Figura 5.1 - Estrela verde da experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)”	40
Figura 5.2 - Estrela verde da experiência “Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo”.....	43
Figura 5.3 - Estrela verde da experiência “Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro- ondas”	46

RESUMO

A INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DO DQ-UFSCAR: UM ESTUDO DE CASO. Dissertação (Mestrado Profissional) – Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, *campus* de São Carlos, 2013.

O presente estudo teve como objetivo principal o desenvolvimento, adaptação e análise da inserção de práticas de laboratório com ênfase à Química Verde em uma disciplina de caráter experimental do primeiro ano do curso de Licenciatura em Química do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (DQ-UFSCar). Módulos para aulas experimentais foram propostos, baseados na abordagem de ensino CTS, e aplicados no decorrer de um semestre junto uma turma de 30 licenciandos do curso de interesse (1o. Semestre de 2011). A proposta de ensino estudada iniciou-se com uma aula expositiva dialogada (apresentação e discussão de reportagens ou documentários com ênfase às problemáticas sociocientíficas controversas), seguida pela realização do experimento de caráter investigativo, que compreendia os conteúdos conceituais inicialmente contidos na ementa da disciplina, associados aos conteúdos procedimentais e atitudinais voltados às questões ambientais e da Química Verde. O *corpus* da pesquisa foi constituído pela produção textual discente (resposta aos questionários e relatórios) e transcrição de entrevistas. A análise de conteúdo foi a metodologia empregada para descrever e interpretar os dados da pesquisa. Também neste trabalho realizou-se uma análise do grau verde das experiências aplicadas, usando como instrumento uma métrica holística, a Estrela Verde (EV). Por meio da análise dos resultados obtidos pela pesquisa qualitativa pautada em um estudo de caso foi possível observar que as experiências executadas possibilitaram aos estudantes compreender os conteúdos abordados e considerar a Química Verde como um eixo a ser adotado no ensino da Química.

Palavras-chave: Experimentação, Formação de Professores, Química Verde, Estrela Verde.

ABSTRACT

THE INSERTION OF GREEN CHEMISTRY IN THE COURSE OF BACHELOR IN CHEMISTRY DQ-UFSCAR: A CASE STUDY. Dissertation (Professional Master) – Department of Chemistry, Federal University of São Carlos, São Carlos *campus*, 2013.

The present case study focused on the development, adaptation and analysis of the introduction of Green Chemistry in an experimental course in the first year of the chemistry teacher training Degree offered by the Chemistry Department of the Federal University of São Carlos (DQ-UFSCar), São Paulo State, Brazil. Modules for experimental lessons were proposed, based on the Science-Technology-Society (STS) teaching approach, and applied during one semester in a class of 30 undergraduate's (1st Semester 2011). The proposed didactic modules began with the presentation and discussion of documentaries with emphasis on controversial socioscientific issues, followed by an experiment of investigative character. All the conceptual topics included in these modules were originally part of the course syllabus, which were associated with the procedural and attitudinal contents emphasizing environmental and green chemistry education. The research corpus consisting of students' textual production (response to questionnaires and reports) and transcript interviews (focal groups). The content analysis method was employed to describe and interpret the survey data. Also, the analysis of the experimental didactic modules using a holistic metric known as Green Star (GS) was carried out. Through the analysis of the results obtained by qualitative research in this case study, the didactic proposal enabled students to understand the contents in a complex context that included socioscientific issues, considering Green Chemistry as a mandatory demand for the initial teacher training.

Keywords: Experimentation, Teacher Training, Green Chemistry, Green Star.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	xiv
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introdução.....	1
CAPÍTULO 2.....	7
2. Objetivo.....	7
2.1 Objetivos específicos.....	7
CAPITULO 3.....	8
3. Referencial teórico.....	8
3.1 Breve histórico da Química Verde.....	8
3.2 Abordagem de ensino em Ciência –Tecnologia- Sociedade (CTS).....	12
3.3 Formação de professores.....	13
3.4 Experimentação em Química Verde.....	16
3.5 Métricas de avaliação do grau verde: Estrela Verde.....	18
CAPÍTULO 4.....	21
4. Metodologia.....	21
4.1 Caracterização do estudo.....	21
4.2 Estudo de caso.....	22
4.3 Coleta de dados.....	23
4.4 Análise de conteúdo.....	23
4.5 Proposições dos experimentos verdes.....	23
4.5.1 Experiência 1: Identificação de Polímeros (Plásticos).....	24
4.5.1.1 Procedimento experimental: Identificação de Polímeros (Plásticos).....	25
4.5.2 Experiência 2: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de corpos d’água impactados por derramamento de petróleo.....	26
4.5.2.1 Procedimento experimental: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de corpos d’água impactados por derramamento de petróleo.....	28

4.5.2.1.1	Condução da Exposição: simulação da remediação de corpos d'água e recuperação do petróleo.....	30
4.5.3	Experiência 3: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas.....	30
4.5.3.1	Procedimento experimental: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas.....	32
4.6	Construção da estrela verde.....	34
CAPÍTULO 5.....		39
5.	Resultados e Discussão.....	39
5.1	Avaliação do grau verde dos Experimentos: Estrela Verde.....	39
5.1.1	Avaliação do grau verde da experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)”.....	39
5.1.2	Avaliação do grau verde experiência: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d'água Impactados por Derramamento de Petróleo.....	41
5.1.3	Avaliação do grau verde experiência: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas.....	44
5.2	Análise dos questionários, relatórios e entrevista focal.....	47
5.2.1	Análise de conteúdo e a definição das categorias.....	48
CAPÍTULO 6.....		64
6.	Considerações Finais.....	64
	Referências Bibliográficas.....	66
APÊNDICES.....		75
	APÊNDICE 01 - Roteiro Experimental e Questionário: Experiência Identificação de polímeros (plásticos).....	75
	APÊNDICE 02 - Roteiro Experimental e Questionário: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d'água Impactados por Derramamento de Petróleo.....	81
	APÊNDICE 03 - Roteiro Experimental e Questionário: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas	85

APÊNDICE 04 – Entrevista.....	89
ANEXOS.....	90
ANEXO 01 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.....	90
ANEXO 02 - Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.....	92

APRESENTAÇÃO

A minha escolha de fazer Mestrado Profissional em Ensino de Química na Universidade Federal de São Carlos-UFSCar está diretamente relacionada aos meus dezesseis anos de atividades em Laboratórios de Ensino de Graduação em Química.

Este contato permanente com alunos de graduação e pós-graduação, acompanhado do incentivo de professores, amigos do DQ-UFSCar, me auxiliaram a vencer a insegurança de fazer um curso de tão elevado conceito.

A minha conquista no novo cargo Químico, tão almejado por mim, também foi relevante para a minha escolha. Minha formação de Bacharelado em Química foi pela Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Instituto de Araraquara, da qual me orgulho por ser responsável pelos meus conhecimentos. Após a conclusão do curso fui contratada pela Indústria Têxtil Germano Fher S/A onde iniciei a minha primeira experiência profissional dentro de uma indústria.

Foi necessária a interrupção deste trabalho pelo nascimento dos meus filhos queridos por serem muito próximos um do outro, fizeram com que permanecesse por algum tempo me dedicando a eles - cuidados e acompanhamentos de mãe. Assim que tive a oportunidade de retornar à minha vida profissional fui contratada pela empresa Alpargatas Confecções Nordeste S/A, no cargo de Química, experiência excepcional na minha profissão, e foi nessa empresa que desenvolvi habilidades importantes que vieram a contribuir muito na minha carreira profissional. Lá permaneci até o fechamento da unidade de São Carlos.

Ingressei em julho de 1996 na UFSCar, como Técnica de Laboratório do Departamento de Química, local indicado para quem quer aprender e se atualizar.

Iniciei naquele momento a minha experiência com alunos, aulas experimentais, revendo conteúdos de química, e com isso cada vez mais aumentou o meu interesse nesta área, sem pensar que pudesse fazer um mestrado na área de ensino porque achava tal possibilidade muito distante. O contato diário com os professores, assistindo suas explicações, refazendo experiências, possibilitou essa vivência na área educacional. Portanto fazer o mestrado profissional para mim foi um grande aprendizado. Agradeço a todos que colaboraram e me incentivaram e, em especial, ao Departamento de Química pelo apoio para esta minha realização.

Este trabalho é fruto de uma paixão e dedicação pela Química.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A Química desempenha um papel importante para a compreensão das questões ambientais. Desde meados do século passado, um aumento significativo de problemas ambientais ocorreu em função do uso irresponsável dos recursos naturais que geraram um quadro de degradação nunca antes visto (LEAL; MARQUES, 2008; FARIAS; FÁVARO, 2011).

Como resposta aos problemas gerados em função de práticas inadequadas, uma filosofia conhecida como Química Verde foi lançada há cerca de 20 anos nos EUA, que procura desenvolver materiais e métodos considerados ambientalmente mais corretos, reforçando a necessidade de se incluir, na formação acadêmica inicial, conteúdos que busquem superar a Química tradicional.

Nesta proposta de trabalho, semelhante à de Ribeiro e colaboradores (2010) existe um comprometimento com o ensino, assumindo um papel de questionamento frente às possíveis consequências de nossas atividades profissionais no ambiente. Como apontado por Prado, 2003:

Muitos cursos de Química apresentam a Química ambiental em seus currículos. Porém, poucos apresentam os conceitos laboratoriais sobre a prevenção da geração de subprodutos indesejáveis e tóxicos ao ambiente, que é o princípio fundamental da Química Verde, assim como no desenvolvimento de práticas de laboratório de ensino adaptadas a este novo conceito da Química. A implementação da Química Verde nos currículos universitários está começando no mundo, e o interesse em seus materiais educacionais vem crescendo, sendo que muitos recursos educacionais em Química Verde têm sido desenvolvidos ou estão em pleno desenvolvimento (p. 743).

De fato, a inserção da Química Verde nos currículos universitários está sendo cada vez mais demandada e o seu interesse em materiais educacionais tende a crescer (ZUIN; PACCA, 2009). Esta demanda tem sido marcada por significantes contribuições de instituições que procuram repensar o conceito de sustentabilidade no campo da Química. A Química Verde procura ampliar a formação dos saberes específicos desse campo, pois há que se ir além da simples identificação dos problemas ou saber como estes se constituem. Concorda-se com Leal e Marques (2008) quando afirmam que para essa filosofia a Ciência é entendida como uma atividade humana, cultural, histórica e não neutra reconhecendo a necessidade da

articulação entre o conteúdo químico e outras áreas do conhecimento. Esse pressuposto tem origem nos princípios desenvolvidos pela *Environmental Protection Agency* (EPA) e pelo *Consorzio Interuniversitario Chimica per L'Ambiente* (INCA) (LEAL; MARQUES, 2008).

Na literatura encontram-se vários exemplos e estudos da aplicação de alguns desses princípios. A comunidade científica mundial, cada vez mais aumenta seus esforços no desenvolvimento de novos métodos que se enquadram dentro dessa abordagem da Química Verde.

O interesse nessa pesquisa é o de incluir e apresentar aos estudantes do curso de Licenciatura em Química da UFSCar a filosofia da Química Verde, visando o repensar das práticas da Química com respeito aos seus efeitos ao ambiente e à saúde humana, por meio de uma revisão de experiências de laboratório em uma disciplina ofertada no primeiro ano do curso de Licenciatura em Química (Técnicas Básicas em Química). Pretendemos colocar aos futuros professores de Química a necessidade de se adotar a Química Verde no estudo laboratorial, de modo a aplicar os seus doze princípios (RIBEIRO et al., 2010). Por meio de abordagens como a apresentada nesse trabalho, esperamos que os estudantes consigam privilegiar a seleção dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais para projetar e implementar uma Química mais sustentável, condizente às atuais demandas de nossa sociedade.

Nos últimos 5 anos, o movimento conhecido como Química Verde foi introduzido de maneira mais contundente no sistema de ensino, compreendendo-o na condição de filosofia, o pensamento-ação em interlocução com as dimensões socioambientais, principalmente nas universidades. Neste sentido importa refletir sobre o currículo de formação de profissionais do campo da Química, com ênfase aos professores, que implica na seleção de conteúdos, desenvolvimento de materiais didáticos, análise de procedimentos metodológicos mais adequados para a abordagem de temas coadunados à Química Verde, na reflexão epistemológica acerca do papel da ciência e da educação científica, da experimentação, dentre outras dimensões relevantes.

Por pouco problematizar a experimentação, a sua vinculação com a teoria, objetivos e procedimentos, a tendência atual é a reprodução do discurso sobre a sua importância de maneira praticamente irrefletida, a despeito desta discussão ser uma raridade na educação superior. Em geral, os professores (e muitas vezes os seus educandos) acreditam que as atividades experimentais se apresentam como modo de verificar a teoria já estudada, valorizando as teses empírico-indutivistas a respeito da construção do conhecimento científico, uma abordagem tradicional do 'ver para compreender', muitas vezes confundida

com o ‘ver é compreender’ (GALIAZZI; GONÇALVEZ, 2004). Tal compreensão acerca das atividades experimentais, além de incentivar a apropriação de uma visão de Ciência muito criticada, parece contribuir pouco ao ensino, e aprendizagem, da Química (GALIAZZI et al., 2001).

A contextualização de conteúdos como os relacionados às questões ambientais no ensino de Química tem despertado grande interesse dos estudantes, pois possibilita aos mesmos relacionar e compreender os processos químicos com as aplicações tecnológicas e suas implicações sociais, políticas e econômicas (MARQUES et al., 2007).

Os experimentos que versam sobre questões sociocientíficas controversas, como os impactos associados aos resíduos plásticos no meio ambiente; o derramamento de petróleo e a atividade repelente do salicilato de metila, como carrapaticida no controle das larvas de *Boophilus microplus*, encerram múltiplos aspectos não apenas científicos, mas histórico-culturais, ético-morais, políticos, que condicionam e, em muitos casos (re)orientam e (re)centram a atividade e alcances do empreendimento científico, o qual é compreendido como construção social humana que implica em opções e tomadas de posição não neutras, mas carregadas de valores. A introdução do experimento “Identificação de polímeros” é uma forma de apresentar a problemática do resíduo na sociedade. Os resíduos plásticos representam cerca de 15-20% do volume e 4-7% da massa dos resíduos nos lixões (ROSSI et al., 2005).

Uma das grandes preocupações na contemporaneidade é a disposição final do resíduo urbano, no qual se encontram muitas variedades de materiais plásticos que estão presentes no nosso dia a dia e que, por suas características químicas, apresentam uma grande resistência à biodegradação. Uma das alternativas para diminuir os resíduos plásticos no ambiente é a reciclagem. Esta iniciativa visa aproveitar resíduos plásticos e reutilizá-los no ciclo de produção como matéria prima na manufatura de novos produtos.

A reciclagem dos plásticos descartados nos lixões está sendo uma solução para diminuir este problema além de ser viável do ponto de vista econômico e da preservação do meio ambiente (FRANCHETTI; MARCONATO, 2003). Este tema é relevante porque, além destes interesses, começam a surgir legislações cada vez mais rígidas, no sentido de minimizar e/ou descartar corretamente os resíduos sólidos (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005).

Vale destacar, como exemplo, as questões ecológicas que têm mobilizado a população no Brasil e no mundo. Um dos resultados desse movimento pode ser observado na criação de órgãos de controle e de leis ambientais (Portaria 518/2004, CONAMA 357/2005, Lei

13806/2002, CONAMA 03/90) que, por vezes limitam as descargas de efluentes, nas correntes de ar, nos correios, rios e lagos (ORTIZ, 2000).

As empresas de reciclagem no Brasil são de pequeno porte, a mão de obra é barata e o processo de separação geralmente se realiza de forma manual. A separação pode ser feita por meio da simbologia contida no produto e também pela utilização de outros testes simples: odor dos vapores de queima, aparência da chama, temperatura de fusão e solubilidade (VILHENA, 1999).

Uma das técnicas utilizadas pelas empresas de reciclagem é a separação por diferença de densidades onde são usados tanques de água e/ou soluções alcoólicas ou salinas, na separação dos resíduos poliméricos misturados (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005).

Outra problemática relevante para o ensino se refere aos maiores e mais danosos eventos poluidores, que usualmente envolvem o derramamento de petróleo e tem ocorrido em várias partes do planeta, ameaçando a natureza e o ecossistema. Trata-se de problema ainda frequente, pois o petróleo é geralmente transportado por longas distâncias em vias marítimas. Um pequeno acidente pode causar sérios danos ambientais. Vale ressaltar também que é muito importante considerar o grau de toxicidade e a persistência ambiental dos materiais derramados (HOLLAND et al., 2010).

Neste sentido, a magnetita tem despertado grande interesse nos últimos anos, devido às suas propriedades químicas e físicas únicas, bem como pelo seu potencial em aplicações tecnológicas em várias áreas da engenharia, medicina, industriais e ambientais. Para esclarecer, a magnetita (Figura 1.1 e 1.2) é um óxido (Fe_3O_4) formado por íons de Ferro de valências (2^+) e (3^+), sua densidade de $5,2 \text{ g/cm}^3$ e ponto de fusão de $1597 \text{ }^\circ\text{C}$ (HOLLAND et al., 2010).

Vale lembrar que na natureza, a magnetita é encontrada incrustada em rochas na forma de cristais octaedro isométrica ou pó de coloração negra e possui estrutura cristalina cúbica de face centrada do tipo espinélio invertido (HOLLAND et al., 2010).



Figura 1.1 - Magnetita incrustada na rocha



Figura 1.2 - Magnetita em pó

Fonte: Disponível em: <mensagemdaspedras.blogspot.com.br/2012/02/magnetita.html> Acesso:jan. 2013.

Uma problemática que também pode ser abordada em processos de ensino se relaciona à presença em bovinos do carrapato *Boophilus microplus*, responsável por grande perda do gado, prejuízos à produção de leite e carne e grande perda econômica para o produtor. Há relatos de que há danos no couro devido às reações inflamatórias nos locais de fixação do carrapato (HORN; ARTECHE, 1985). Além desses fatores, o carrapato pode atuar como vetor de patógenos, tais como agentes etiológicos da tristeza parasitária bovina (GONÇALVES et al., 1999).

Uma avaliação da atividade repelente do salicilato de metila feita por pesquisadores da EMBRAPA Gado de Leite em Coronel Pacheco, Minas Gerais, mostrou que o salicilato de metila pode ser uma substância promissora na elaboração de produtos repelentes (NOVELINO, 2007).

A abordagem de temas sociocientíficos controversos tem se constituído como uma possibilidade educativa na perspectiva CTS, que tem como meta promover a alfabetização e literacia científicas maneira a possibilitar ao estudante posicionar, ou seja, tomar decisão diante às questões ambientais (REIS; GALVÃO, 2005).

Santos e Schnetzler (1996) apontaram que a abordagem CTS no ensino de Química exerce um papel importante para o desenvolvimento do caráter crítico dos alunos, auxiliando-os à tomada de decisões. Isto requer que o ensino desta ciência esteja contextualizado, ou seja, que os conhecimentos químicos discutidos devem ser fundamentais para que o estudante possa participar ativamente da sociedade, tomando suas próprias decisões e conscientes das consequências provenientes dos seus atos. Cabe destacar a necessidade da formação de professores reflexivos (ALARCÃO, 2010) o que implica ampliar as discussões, principalmente acerca da formação inicial, ancorada em abordagens favoráveis ao desenvolvimento de pessoas e profissionais do ensino, em condição de promover

aprendizagens sob o ponto de vista da produção de conhecimentos, a partir das experiências em Química Verde, entendida como outra lógica e tendência formativa de professores em construção – a experiência formativa.

Nesta perspectiva, torna-se notória e atraente, tanto para os educadores brasileiros como os de outros países, a relevância deste estudo. Isto nos leva a pensar o que somos como professores e como nos sentimos nessa profissão, além de ser e sentir como formadores de professores, ou seja, a licenciatura imbricada à natureza docente, o ato de ensinar e aprender.

CAPÍTULO 2

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho foi o planejamento, a aplicação e análise de módulos para a inserção de conteúdos já previstos na ementa de uma disciplina de caráter experimental do curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar, por meio da perspectiva da Química Verde e abordagem de ensino CTS.

2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma sistematização crítica da literatura acerca da temática;
- Analisar os conteúdos específicos e propor adequações ou novos procedimentos experimentais;
- Empregar materiais e procedimentos que reduzam a quantidade de reagentes utilizados e resíduos químicos formados, e que garantam maior segurança e menor impacto ambiental às atividades laboratoriais de ensino;
- Avaliar os resultados da proposta por meio de questionários e entrevista semi-estruturada junto aos estudantes da referida disciplina.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Breve histórico da Química Verde

No século XIX a Química Industrial (Tecnológica) e a Química Pura (Ciência) eram desenvolvidas em paralelo, com integração mútua e sem diferenciação. Na primeira metade do século XX, foi ocorrendo a crescente diferenciação da Química Pura e da Química Industrial. A Química Pura cada vez mais reducionista e dividida em campos especializados, enquanto que a Química Industrial se manteve sistêmica (MACHADO, 2011). Uma maior preocupação com o meio ambiente surgiu no final da década de 1960 e tomou forte impulso nos anos 70.

A filosofia conhecida como Química Verde (QV) surgiu no século XX, em meados dos anos 90, em resposta aos crescentes problemas relacionados à prática da indústria Química quanto à produção de resíduos e poluição. A Química Verde ou Química Sustentável pode ser definida como “a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente” (ANASTAS; WARNER, 1998; CORREA; ZUIN, 2009). Alguns conceitos e princípios se destacam no âmbito da Química Verde, como:

- Prevenção à Poluição

A Prevenção à Poluição que foi prescrita pelo *Pollution Prevention Act* (EUA, 1990), a qual propunha uma alteração do processo químico e o aumento da sua eficiência para reduzir a quantidade de poluentes, resíduos formados nas instalações industriais. Isto significou uma grande mudança nos padrões de gestão ambiental, entretanto na prática, foi criado um grande problema dada a dificuldade em se cumprir a prevenção. A indústria ao invés de prevenir, começou a praticar outro tipo de atividade, a reciclagem (MACHADO, 2011).

- Minimização de Resíduos

As atividades de Minimização de Resíduos referem-se à diminuição da quantidade de resíduos sólidos e líquidos produzidos por um determinado processo. Inclui a reciclagem no interior do processo, a embalagem segura e rotulagem adequada.

- Projeto para o Ambiente (*Design for Environment* - DfE)

O *Design for Environment* (DfE) tem por objetivo examinar o ciclo de vida do produto para propor alterações no projeto, de forma a minimizar o impacto ambiental desde a sua fabricação até o seu descarte (FARIAS e FÁVARO, 2011).

- Cuidado Responsável

Trata-se de um programa que teve origem no Canadá pela *Canadian Chemical Producers Association* (CCPA) em 1984, estendendo-se depois aos EUA, em 1988. Tem como principal objetivo melhorar a atuação com respeito à saúde humana, segurança e ambiente e é voltado a Indústria Química, englobando a segurança do processo, transporte e interação com fornecedores, distribuidores e outros interessados, objetivando o fornecimento de produtos químicos que podem ser fabricados de forma segura, protegendo o meio ambiente e a saúde da população (MACHADO, 2011).

- Processos com mais segurança inerente

O desenvolvimento de processos com segurança inerente foi iniciado pelos engenheiros químicos com o objetivo de evitar acidentes em todas as etapas do processo, ou seja, afastando o perigo antes que ele aconteça, abandonando assim a prática que se usava, o *design* para fazer a gestão e controle dos riscos de acidentes no fim do desenvolvimento do processo.

- Ecologia Industrial

A Ecologia Industrial ocorreu no final da década de 80 (1989), resultante dos problemas observados na reciclagem dos resíduos industriais, difíceis de resolver com eficácia (FARIAS; FÁVARO, 2011).

Em paralelo a estes acontecimentos, em 1991, um pouco depois da publicação da lei de Prevenção à Poluição nos EUA, a EPA (*Environmental Protection Agency*), o Instituto de

Prevenção à Poluição e Tóxicos (OPPT) lançou também o programa “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”, criando um incentivo em forma de financiamento para projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em suas sínteses, ou seja, fabricar produtos por meio de processos ambientalmente corretos (FARIAS; FÁVARO, 2011).

Em 1993 o programa foi expandido para incluir outros temas, tais como solventes ecológicos e produtos químicos mais seguros, sendo renomeado como Química Verde. Estabelece ai um conceito mais abrangente, a Química Verde, pautada em 12 princípios básicos (ANASTAS; WARNER, 1998; LENARDÃO et al., 2003; CORREA; ZUIN, 2009), a saber:

- 1) *Prevenção*, prevenir a formação de subprodutos é melhor que tratá-los;
- 2) *Economia de átomos*, os métodos sintéticos devem maximizar a incorporação dos átomos dos reagentes aos produtos finais;
- 3) *Sínteses com compostos de menor toxicidade*, sempre que possível, nas reações Químicas, deve-se substituir compostos de alta toxicidade por compostos de menor toxicidade;
- 4) *Desenvolvimento de compostos seguros*, os produtos químicos deverão possuir a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível;
- 5) *Diminuição de solventes e auxiliares*, a utilização de substâncias auxiliares deverá ser evitada sempre que possível, ou utilizadas substâncias inócuas;
- 6) *Eficiência energética*, os métodos sintéticos deverão ser conduzidos à pressão e temperatura ambientes sempre que possível;
- 7) *Uso de fontes de matéria-prima renovável*, tanto quanto possível os produtos e subprodutos de processos químicos deverão ser reutilizados;
- 8) *Redução de derivativos*, quando possível, a derivatização deverá ser minimizada ou evitada;
- 9) *Catálise*, a aplicação de catalisadores para aumentar a velocidade e o rendimento dos processos;
- 10) *Desenvolvimento de compostos para degradação*, produtos químicos deverão ser desenvolvidos para a degradação inócua de produtos tóxicos;
- 11) *Análise em tempo real para a prevenção da poluição*, as metodologias analíticas precisam ser desenvolvidas para permitirem o monitoramento do processo em tempo real, para evitar ou controlar a formação de compostos tóxicos;

12) *Química segura para a prevenção de acidentes*, as substâncias usadas nos processos químicos deverão ser escolhidas para minimizar acidentes em potencial, tais como explosões e incêndios.

Em 1995 o programa presidencial norte-americano de premiação Desafio em Química Verde (“The Presidential Green Chemistry Challenge Awards”) teve como objetivo reconhecer inovações em pesquisa, desenvolvimento e implementação industriais de tecnologias para a redução da produção de resíduos na fonte (CORREA; ZUIN, 2009).

No Brasil é mais recente a difusão dos conceitos de Química Verde no meio acadêmico, governamental ou industrial. Uma das primeiras iniciativas no país foi a criação do Grupo de Síntese Orgânica Limpa do Instituto de Química e Geociências da Universidade Federal de Pelotas (RS), que construiu uma página na internet com informações sobre a Química Verde – WWVerde (CORREA; ZUIN, 2009).

Em 2006 o Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos promoveu a 26ª Escola de Verão que teve como tema a Química Verde. No início de 2007 foi realizada, no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), a primeira Escola de Verão em Química Verde e, em novembro deste mesmo ano, ocorreu o primeiro Workshop Brasileiro sobre Química Verde, em Fortaleza, onde foi anunciada a instalação da Rede Brasileira de Química Verde, a qual pretende ser o elemento institucional de promoção das inovações tecnológicas para as empresas nacionais, com o apoio da comunidade científica e o suporte das agências governamentais (CORREA; ZUIN, 2009).

Daí em diante, a Química Verde vem conquistando cada vez mais espaço em todo mundo, e atualmente é possível notar um grande interesse em todo segmento quer acadêmico, quer industrial, promovendo o uso da Química para a prevenção da poluição ambiental (FARIAS; FÁVARO, 2011). A evolução da Química Industrial no sentido de tornar seus resíduos menos poluidores foi caminhando no sentido de uma atuação mais responsável (MACHADO, 2011).

Sob a perspectiva de Machado (2011), a prática da Química Verde na Indústria Química, em termos globais, é ainda algo incipiente e precisa ser desenvolvido, o que passa por lhe dar mais atenção no ensino da química. Estes fatos têm implicações no que se refere à natureza da química como ciência, à sua reformatação para a Química Verde, ao ensino desta, às quais os químicos e, principalmente, os professores de Química, devem estar atentos.

3.2 Abordagem de Ensino Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)

Desde as décadas de 60 e 70 do século passado, o movimento conhecido como Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ficou mais evidente com a necessidade da promoção de uma educação mais comprometida com a sociedade (OLIVEIRA, 2009).

O movimento CTS abrange temas científicos, ligando o contexto social de um dado momento histórico com uma determinada situação econômica em uma cultura definida. Para efeito de uma abordagem mais holística e ligada à sustentabilidade, acrescentou-se o foco ambiental, de modo que a corrente é agora pode ser chamada CTSA (em que ‘A’ representa o ambiente) (PANIZZOLO et al., 2012).

Uma proposta curricular CTS corresponde a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (LÓPEZ; CERESO, 1996) (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Programas CTS surgem por causa da preocupação de professores e autoridades sobre a falta de motivação dos alunos para o estudo da ciência e da sua relação com o aspecto humano, ético e político. No que diz respeito à origem desta posição, o autor afirma que "em alguns casos, a rejeição de estudantes para física e química pode ser devido à imagem socialmente descontextualizada da ciência aos quais são apresentados como não a faz interessante para estudar."(SOLBES; VILCHES, 1995). Pode-se considerar como currículo CTS aquele que (CAAMAÑO, 1995; SANMARTÍ, 2002:67; PANIZZOLO et al., 2012):

- Promover o interesse dos alunos na ligação da ciência com os fenômenos da vida cotidiana e aplicações tecnológicas, tentando abordar o estudo das questões que têm relevância social.
- aprofundar as implicações sociais e éticas da ciência.
- melhorar a compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico.

Segundo Ros Clavell (2003), outro objetivo do projeto CTS é que os alunos aprendam a tomar decisões por meio de participação em questões relacionadas à atividade humana.

Esta informação está ligada a um conjunto de atividades para o estudante, experimentais e virtuais, textos que correspondem ao conteúdo curricular e implementação de diferentes seqüências de práticas de laboratório ou trabalhos de coleta de dados (PANIZZOLO et al., 2012).

Para efeitos desta abordagem atingir as salas de aula do ensino médio, os conteúdos precisam ser trabalhados anteriormente no nível de formação dos futuros professores para dar-

lhes condições de abordar as questões ambientais em situações de ensino, ampliando a visão docente sobre a evolução científica nesta área. Também é necessário aplicar novas práticas pedagógicas no ensino e envolver ativamente o aluno na busca de informações, análise de alternativas e tomada de decisões responsáveis (PANIZZOLO et al., 2012).

Santos e Mortimer (2002) apontam que há uma grande influência da Ciência e Tecnologia na sociedade. Hoje, com o acelerado poder da mídia, as informações nos chegam de diversas formas e, para compreendê-las, faz-se necessário um mínimo de conhecimento, razão pelas quais estas tem que estar presente na formação básica do cidadão. Portanto, alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo (SANTOS; SCHNETZLER, 1996).

3.3 Formação de professores de Química

Para entender a formação de professores de Química no Brasil é necessário conhecer um pouco como foi o seu início e que fatores motivaram seu desenvolvimento. A história do Ensino de Química tem início com a vinda da Família Real para o Brasil, em 1808, dando condições para implantação das primeiras instituições de ensino superior a trabalhar com Química, assim como os primeiros laboratórios (CIRÍACO, 2009).

Por volta de 1920, o ensino de Química era considerado apenas como disciplina auxiliar dos cursos de Medicina, Farmácia e Engenharia. Os primeiros cursos de Química criados surgiram como forma de auxiliar as indústrias que começavam a se instalar, com o objetivo de atuarem na produção, e no controle de qualidade dos produtos que iniciavam a produzir (FILGUEIRAS, 1993). Um marco significativo foi à criação, em 1934, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (USP), campus de São Paulo, período em que se iniciou a fase de grande desenvolvimento científico no país, que se necessitou de contratação de vários professores europeus (CIRÍACO, 2009).

As licenciaturas na área de Ciências da Natureza tiveram seu início com o advento da Lei 5.540/68, e a instituição dos cursos de licenciatura de curta duração, (na época, no Piauí já existia o Instituto de Matemática) como forma de diminuir a grande deficiência de professores na área de Ciências e para atender as exigências da própria Lei (CIRÍACO, 2009).

Após a Primeira Guerra Mundial, o ensino de Química passou por um grande progresso, projetando-se no cenário universitário brasileiro por pressão da própria conjuntura nacional e internacional. Posteriormente, o ambiente científico foi impulsionado com a criação da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), em 1948, o Conselho

Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal para o Ensino Superior Nacional (CAPES), em 1951. Esta última, com o objetivo de promover e direcionar a pós-graduação, visando à formação de novos cientistas (FILGUEIRAS, 1993; MENDES SOBRINHO, 2002).

Na primeira metade da década de 1960 foram criados, pelo Ministério da Educação e Cultura, seis Centros de Ciências distribuídos pelas diferentes regiões, voltados para a formação em serviço dos professores de Ciências.

O professor, independente da sua formação, necessita estar sempre em constante atualização, com o aumento da necessidade de mudança como um fenômeno social cada vez mais frequente, a sociedade precisa de um professor que saiba lidar com o novo. É necessário e urgente que se repense sobre “ser professor”, preparar um professor capaz de interagir positivamente com seus alunos, problematizar as suas vivências e convertê-las em material de reflexão com base na construção da ciência e outras formas culturais e assim colaborar para o avanço cultural do meio (MALDANER, 1999). Conforme Mendes Sobrinho (2006, p.32):

(...) somos levados a acreditar que, em igual ritmo, devem mover-se a escola, suas práticas pedagógicas e a própria formação de professores, por serem reconhecidas pela sociedade como espaços legítimos de abertura para o mundo, para a cultura, para o acadêmico-intelectual, enfim, para o progresso em suas inúmeras vertentes (CIRÍACO, 2009).

Assim, de acordo com Rodrigues e Mendes Sobrinho (2006, p. 103):

Na elaboração das propostas curriculares, é fundamental a contribuição das pesquisas qualitativas realizadas no campo da educação, principalmente as de análise do cotidiano escolar. A análise das práticas pedagógicas dos professores, inseridas no cotidiano da escola, possibilitou o estudo da escola nos cursos de formação de professores e apontou para a necessidade de articular formação inicial e formação continuada.

Uma grande preocupação encontrada na literatura sobre a formação de professores está na inadequação dos cursos de formação. A má formação de professores nas licenciaturas é consequência de um modelo curricular muito parecido ao do bacharelado, que ainda não foi modificado na prática (PEREIRA, 2000; CIRÍACO, 2009).

Na literatura encontram-se várias discussões sobre as origens e práticas relativas à inadequação dos cursos de formação de professores, especialmente na área de Ciências; esses cursos são considerados destituídos de uma sólida fundamentação de conhecimentos teórico-didático-metodológicos próprios da área de educação e presentes no decorrer de todo o

percurso formativo e que, segundo Schnetzler (2000), na realidade ainda seguem os modelos de formação baseados na racionalidade técnica. Este modelo concebe o professor como um instrumento de transmissão de saberes produzido por outros e isto faz com que o desempenho docente na maioria das vezes não seja satisfatório (CIRÍACO, 2009).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) exigiu uma série de alterações relativas à formação de professores. A partir do ano 2000, começaram ocorrer as primeiras adaptações curriculares como prevista pela legislação, quando foram promulgadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura e de graduação plena (BRASIL, 2002a, 2002b), e quando as diretrizes curriculares para cada curso de licenciatura foram aprovadas pelo Conselho Nacional de Educação (ZUIN, 2011; GATTI, 2000; BARRETO, 2009).

Nos cursos de licenciatura em Química em geral ainda são usados os modelos implantados na década de sessenta do século passado. O modelo 3+1, que são três anos para a formação técnica, em que se aprende os conteúdos específicos das respectivas áreas e mais um ano de formação pedagógica, que inclui as disciplinas relacionadas às práticas de ensino e o estágio supervisionado (ZUIN, 2011, apud ECHEVERRÍA, BENITE; SOARES, 2007).

Neste marco de discussão de formação docente, as Diretrizes para Formação Inicial de Professores da Educação Básica em Cursos de Nível Superior, (BRASIL, 1996, 2002) determinam que a formação para a docência seja desvinculada dos bacharelados, que seus perfis sejam constituídos de disciplinas integradoras desde o começo do curso de licenciatura e que teoria e prática sejam articuladas a partir do segundo ano. Tenta-se assim também romper com o modelo da racionalidade técnica propondo um esquema em que a prática é entendida como eixo na formação docente (ECHEVERRÍA; BENITE; SOARES, 2007, p.4).

Gradativamente o modelo 3+1 deixa de se adaptar a formação docente, uma vez que as rápidas transformações das sociedades, a competitividade e a luta pelo domínio do saber, uma maior exigência de mercado, a procura de cada vez mais de profissionais qualificados, obrigam as universidades a repensar suas responsabilidades e compromissos. A partir daí, reexaminar seus currículos e seu fazer pedagógico, rever no sentido de se enquadrar no tempo de globalização, nos tempos modernos de tecnologia avançadas sob a pena de não formar mais profissionais capacitados a lidar com a complexidade da vida e da ciência (REBELLATO; MACHADO, 2006).

Autores como Pinto e colaboradores (2009), concordam com a mudança na formação de profissionais no campo da Química, e indicam possíveis caminhos para esse processo,

pautado em uma maior proximidade entre as Ciências Naturais e a Educação, assim como novos currículos e estruturas de ensino e aprendizagem, bem como a introdução dos Princípios da Química Verde, sustentabilidade e atuação responsável.

Os princípios da Química Verde, a sustentabilidade e a atuação responsável deverão ser transversais aos novos currículos e às novas estruturas. A Química Verde deve deixar de ser apenas um conceito, para ser uma atitude responsável, em que a atividade química não agrida o meio ambiente, eliminando-se ou minimizando-se, ao máximo, a produção de rejeitos e de solventes agressivos ao ambiente. Para tanto, precisamos “inocular” nos estudantes e profissionais o comportamento verde” (PINTO et al., 2009, p. 568).

Entretanto, segundo Zuin, Farias e Freitas (2009), existem poucos estudos voltados à formação de profissionais do campo da Química que se ocupem da discussão ambiental e que abrange a Química Verde, dificultando a inserção desta no ensino, ou seja, inibindo a assimilação dessa nova filosofia.

3.4 Experimentação em Química Verde

Nos últimos anos houve um crescente aumento de publicações brasileiras que tratam da experimentação em Química Verde no ensino superior, como é o caso do artigo “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” de Aragão, Veloso e Andrade (2009), que determinam os parâmetros analíticos para validação de um método de separação por cromatografia líquida de alta eficiência de metilxantinas em amostras de chás e café, a partir de procedimentos simples e rápidos.

Merat e San Gil, em 2003, publicaram o artigo “Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental”, que teve como objetivo fazer com que os alunos pudessem vivenciar no laboratório o conceito de economia atômica durante a síntese de alguns produtos por duas rotas distintas, através do cálculo da porcentagem de utilização atômica (% A), do rendimento obtido e do fator E.

Podemos citar também o trabalho de Santos e colaboradores (2009), “Oxidação do borneol à cânfora com água sanitária – um experimento simples, de baixo custo e limpo”, que ressalta a importância de mostrar aos estudantes de graduação o uso de materiais baratos e não perigosos, que podem ser usados na oxidação de alcoóis e que são disponíveis em

estabelecimentos comerciais e supermercados, e largamente utilizado no nosso dia a dia, pelas sociedades de todo o mundo.

Outro exemplo é o artigo “Argilas como Catalisadores Verdes na Esterificação do Colesterol. Caracterização Espectroscópica e Identificação de Polimorfos por Métodos de Análise Térmica. Uma proposta Laboratorial Interdisciplinar para o 1º Ciclo Universitário” de Maria e colaboradores (2009), em que descrevem uma experiência laboratorial que combina a síntese de um éster do colesterol utilizando um catalisador reutilizável, Montmorillonite K10, com a caracterização espectroscópica e por métodos de análise térmica do produto final e/ou reagentes de partida.

Silva, Santos e Pires (2012) objetivaram a quantificação de CO₂ no ar ambiente de forma prática e barata, na qual os próprios alunos poderão construir a partir de materiais recicláveis.

Marques, Bisol e Sá (2012) apresentam propostas de aulas experimentais em que os alunos elaboram e desenvolvem miniprojetos visando a obtenção dos produtos das reações multicomponentes de Biginelli e Mannich. O desenvolvimento dos miniprojetos inclui etapas de revisão bibliográfica, seleção de métodos com base em alguns dos princípios de Química Verde. Este processo permite uma comparação direta e instrutiva entre os métodos de síntese antigos e aqueles mais recentes, a partir de discussões envolvendo tópicos como economia atômica, custo dos reagentes e consumo de energia.

Cunha e colaboradores (2012) descrevem o procedimento de obtenção do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), rico em eugenol, valioso tanto *in natura* quanto como fonte de intermediários químicos, no qual o resíduo sólido da hidrodestilação do cravo-da-índia dá origem a mais um insumo químico, o furfural, que é um intermediário químico muito versátil em síntese orgânica. Cunha e Santana (2012) apresentam em seu artigo uma aula prática de química orgânica verde em que são explorados aspectos sintéticos e mecanísticos da condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de Meldrum, adaptando um procedimento já descrito que emprega água como solvente desta reação.

Bisol e colaboradores (2012) propõem a preparação da Epoxone a partir de D-frutose em duas etapas, utilizando condições simples, reagentes acessíveis e de baixa toxicidade que abrange conceitos importantes, como Química Verde, organocatálise, estereoquímica, proteção de dióis vicinais e oxidação de alcoóis, que pode ser aplicado em qualquer laboratório de Química.

Outro artigo recentemente publicado foi o de Omori, Portas e Oliveira (2012) os quais descrevem um experimento de baixo custo e contextualizado em diversas áreas, como Bioquímica, Química Orgânica e Química Verde. Versa sobre uma reação de redução de um aldeído a um álcool utilizando enzimas provenientes da cenoura (*Daucus carota*).

3.5 Métricas de avaliação do grau verde: Estrela Verde

O grau verde é uma grandeza complexa e não bem definida, constituída por variados componentes de natureza química (por exemplo, incorporar os átomos dos reagentes no produto e não os desperdiçar em resíduos, usar reagentes e reações seguras, etc.) e ambiental (não produzir resíduos e poluentes tóxicos, usar matérias-primas renováveis, etc.) (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010). O grau verde tem sido aferido por diversas métricas que podem ser divididas por duas categorias:

- Métricas de massa: que relacionam os dois primeiros princípios da Química Verde, como exemplo o Fator E que é definido como a razão de massas entre a totalidade da massa dos resíduos produzidos e a massa de produto obtido.
- Métricas ambientais: para a avaliação dos vários aspectos de benignidade ambiental, associadas aos restantes princípios (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010).

No decorrer das aplicações das métricas disponíveis, percebeu-se a falta de métricas de maior abrangência, e isto fez com que despertasse o interesse em construí-las (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010).

Ribeiro, Costa e Machado (2010) inovaram construindo uma métrica qualitativa, que propõe uma análise holística, ou seja, englobando os doze princípios e denominada Estrela Verde.

A Estrela Verde é uma métrica de natureza gráfica que é utilizada para a avaliação do grau verde das reações laboratoriais e que permite comparação visual fácil do grau verde através da área da Estrela Verde.

A métrica é constituída por uma estrela de tantas pontas quantos os Princípios da Química Verde em jogo no problema em análise, e em que o comprimento de cada ponta é tanto maior quanto melhor for o cumprimento do respectivo princípio, de modo que a área da estrela é tanto maior quanto maior for o grau verde global do processo químico em estudo (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010, p. 759).

A Figura 3.1 mostra um exemplo para o máximo grau verde, pontuação 3 para todos os princípios e assim, tem-se uma estrela de área máxima, e o grau verde nulo mostrada na Figura 3.2 corresponde à pontuação 1 para todos os princípios.

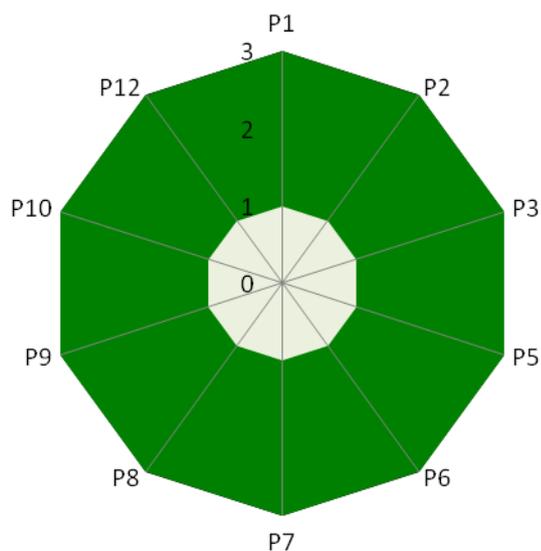


Figura 3.1 – Estrela de máximo grau verde

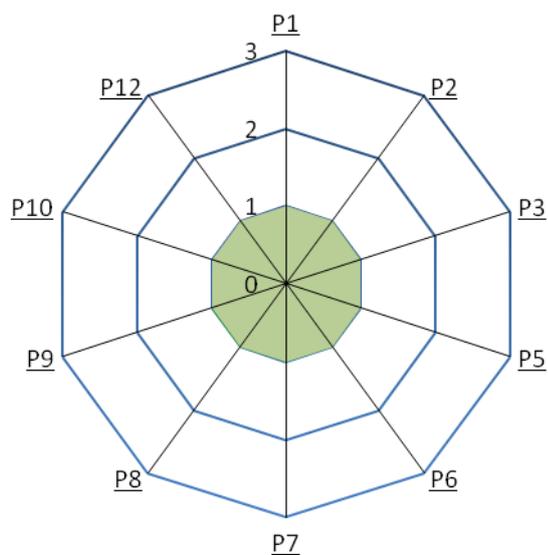


Figura 3.2 - Estrela de mínimo de grau verde

Fonte: RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010

A Estrela Verde apresenta-se como uma métrica bastante útil para a avaliação do grau verde de reações químicas, pelas seguintes considerações (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010):

- Reações em diferentes proporções estequiométricas modificam o resultado da Estrela Verde, mostrando assim a sensibilidade da métrica.
- Pode ser usada na avaliação prévia do grau verde de uma reação química a partir de um roteiro experimental, sem ser necessário realizar a experiência; permite uma comparação semiquantitativa do grau verde por análise visual.
- Permite detectar, por simples inspeção visual, quais os aspectos a aperfeiçoar para conseguir um maior grau verde;
- Atende aos 12 princípios da QV de uma forma global e sistemática.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa qualitativa se caracteriza como um estudo de caso (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). A pesquisa foi realizada em três etapas, sendo que cada uma delas compreendeu um experimento de relevância sociocientífica, e contou com a participação de 30 estudantes do primeiro ano do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), *campus* de São Carlos, no âmbito da disciplina Técnicas Básicas em Química (1º. Semestre de 2011). As atividades foram desenvolvidas nas dependências do Laboratório de Ensino de Química Geral e Laboratório de Ensino de Química Inorgânica do Departamento de Química (DQ) - UFSCar.

Utilizamos a abordagem de caráter qualitativa por se tratar de uma metodologia que se enquadra nos nossos propósitos de análise. Segundo Lüdke e André (1986), esta metodologia ainda é muito utilizada pelos pesquisadores da área de educação. A pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Nesta perspectiva, Bogdan e Biklen (1982) descrevem cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: a primeira que a fonte direta de dados é o ambiente natural e o pesquisador é o seu principal instrumento. A segunda característica é que todos os dados coletados são considerados importantes, e o pesquisador deve estar atento para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada; um aspecto simples pode ser essencial para a compreensão do problema que está sendo estudado. Neste caso, os dados são descritivos, como transcrições de entrevistas, depoimentos, situações e acontecimentos.

A terceira característica da pesquisa qualitativa enfatiza uma maior preocupação com o processo do que com o produto, ou seja, o interesse do pesquisador é verificar como o problema se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.

A quarta característica destaca o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida. Aqui existe a preocupação de tentar capturar a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas. Por fim, a quinta característica ressalta que os pesquisadores não devem se preocupar simplesmente em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos, mas que possam ficar abertos às informações

significativas emergentes do campo investigado. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

Uma das formas da pesquisa qualitativa que vem se destacando na área de educação é o Estudo de Caso, devido principalmente ao seu potencial para estudar as questões relacionadas às escolas, na nossa proposta o Estudo de Caso foi o mais indicado por se tratar de uma maneira de saber qual é a aceitação dos estudantes, futuros professores de Química, da necessidade de se adotar a Química Verde no estudo laboratorial.

4.2 Estudos de caso

Segundo Goode e Hatt (1968), o caso se destaca por constituir uma unidade dentro de um sistema mais amplo. Quando queremos estudar algo singular, que tenha um valor em si mesmo devemos escolher o estudo de caso. Trata-se de uma análise sistemática de um contexto específico que possibilita a geração de conhecimentos singulares a respeito de um objeto sócio e historicamente situado, como a inserção de experimentos verdes em uma disciplina para a formação de professores de Química de uma instituição de nível superior brasileira. O resultado da pesquisa, mesmo que se relacione a uma situação específica, permite generalizações, reconhecimento de semelhanças e diferenças em relação a outros contextos. Ou seja, a partir dos conhecimentos produzidos por meio de um estudo de caso particular, há possibilidades do estabelecimento de relações de equivalência, desenvolvimento de novas idéias, significados e compreensões (STAKE, 1983; ANDRE, 1984).

Os estudos de casos usam uma variedade de fontes de informação. São coletados dados em diversos momentos e em diversas ocasiões e com vários informantes diferentes, pois há mais possibilidades de se triangular os dados e se confirmar informações, rejeitar hipóteses, descobrir novos dados.

No estudo de caso os relatos são de forma mais simples quando comparados a um relatório de pesquisa. Os dados do estudo de caso podem ser apresentados como: dramatizações, desenhos, fotografias, colagens, slides, discussões, mesas redondas etc. Os relatos escritos geralmente apresentam um estilo informal, narrativo, descrições, etc. O importante é que seja uma transmissão direta, clara e articulada das informações.

4.3 Coleta de dados

O procedimento para a coleta de dados se deu por meio de questionários, relatórios e entrevista do tipo grupo focal com os estudantes, que ocorreu com base um roteiro semiestruturado (BORGES; SANTOS, 2005). A entrevista foi gravada e posteriormente transcrita. Por meio do questionário procurou-se levantar informações que envolvessem a importância dos experimentos na disciplina envolvida de acordo com os discentes, os princípios da Química Verde, a importância da química para o conhecimento e gestão ambiental, a percepção dos estudantes quanto o grau de dificuldade para a inserção dos conteúdos propostos na execução do experimento.

4.4 Análise de conteúdo

Para o estudo do *corpus* da pesquisa (resposta aos questionários, relatórios e entrevista transcrita) foi utilizado o método de análise de conteúdo. Segundo Olabuenaga e Ispizúa (1989), a análise de conteúdo permite uma interpretação das informações de uma forma a explicitar e sistematizar aspectos e fenômenos diferenciados, novos conhecimentos sobre uma determinada questão. Em um primeiro momento, os resultados brutos são tratados de maneira a informar os dados significativos e válidos, com base na categorização, descrição e interpretação das informações (MORAES, 1999). Operações de porcentagens permitem estabelecer tabelas de resultados, os quais agrupam e salientam as informações fornecidas. Neste trabalho utilizou-se a análise de conteúdo proposta por Bardin (2002).

4.5 Proposições dos experimentos verdes

Com base nos conteúdos previstos para a realização da disciplina, as práticas de interesse nesta investigação foram adaptadas (1ª experiência) ou planejadas a partir de procedimentos ou pesquisas disponíveis na literatura (2ª e 3ª experiências). Uma vez planejados, os experimentos foram conduzidos de maneira que se iniciou a abordagem da temática com a problematização contextualizada por meio da apresentação de vídeos, fotos e explanação dialogada dos conceitos, assim como as técnicas básicas envolvidas em cada experimento (*Power Point, Projetor Multimídia*). Os roteiros semiabertos para a execução das práticas experimentais foram entregues aos estudantes dispostos em duplas e, após o término

da aula experimental foi disponibilizado um questionário para ser respondido e entregue à pesquisadora.

Conforme Normas para as defesas os estudantes que participaram da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 1) antes de iniciar a aula experimental proposta pela pesquisadora. Cabe destacar que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética para Seres Humanos da UFSCar (ANEXO 2).

4.5.1 Experiência 1: identificação de polímeros (plásticos)

O objetivo da experiência foi separar e identificar amostras de polímeros por meio de suas densidades pelo método de flutuação. Os objetivos de ensino desta experiência foram realizar a separação de amostras poliméricas (plásticos); identificar os tipos de polímeros, de amostras de diferentes plásticos, tais como: 1- PET (politereftalato de etileno), 2- PEAD (polietileno de alta densidade), 3- PVC (cloreto de polivinila), 5- PP (polipropileno), 6- PS (poliestireno), de acordo com a norma ABNT (NBR 13230; 1994) e completar o fluxograma (Apêndice 01) referente à experiência; caracterizar a amostra desconhecida através da sua densidade.

Nesta experiência foi proposto um método alternativo de ensino das propriedades físicas de polímeros visando a reciclagem. A diferença de densidades de vários polímeros permite a separação de diferentes materiais plásticos empregados no dia-a-dia (FRANCHETTI; MARCONATO, 2003).

A contextualização apresentada nesta aula foi a apresentação do vídeo intitulado “Sopa Plástica: Lixão do Oceano Pacífico” (FANTÁSTICO – REDE GLOBO - <http://www.youtube.com/watch?v=XwvYzmk-NjY>), problematizados em fatos, mostrando os impactos associados aos resíduos plásticos no meio ambiente. Vale ressaltar que o vídeo mostrado trata de uma circunstância ocorrida entre o litoral da Califórnia e o Havaí; esta área recebeu um triste apelido, o Lixão do Pacífico para onde são levados, pela corrente marítima, toneladas de sujeiras produzidas pelo ser humano. Plásticos, plâncton, lixo, alimentos misturados confundem as aves, criando anomalias como a tartaruga que cresceu com um anel de plástico em volta do casco.

Neste experimento é introduzindo o primeiro princípio da Química Verde – Prevenção – preferível ao tratamento de resíduos, portanto é recomendável que o professor iniciante planeje seus experimentos e discussões alertando para a necessidade de prevenir contaminação ao invés de tratá-la.

As técnicas básicas envolvidas neste experimento são muito simples, exigindo que os estudantes aprendam a preparar as soluções envolvidas no experimento, tais como solução saturada de cloreto de sódio (NaCl $d = 1,2 \text{ g/cm}^3$) e solução de etanol e água 52% ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $d = 0,911 \text{ g/cm}^3$ e H_2O $d = 1 \text{ g/cm}^3$).

São apresentadas as vidrarias usadas durante o experimento e as suas finalidades e finalmente o tratamento de resíduos, como forma recuperar ou segregar os resíduos formados.

4.5.1.1 Procedimento Experimental: Identificação de Polímeros (Plásticos)

Para a investigação dos plásticos a partir de suas densidades, os estudantes receberam diversas amostras poliméricas (pedaços de embalagens plásticas como garrafas de refrigerantes, frascos de produtos de limpeza, copos descartáveis, pedaço de cano de plástico descartado da construção civil etc.) (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Exemplos da diversidade de polímeros

Na próxima etapa, as amostras foram pesadas e anotadas as massas para o cálculo das densidades correspondentes. Em três béqueres de 100 mL foram adicionados respectivamente: 60 mL de água destilada, 60 mL de solução de cloreto de sódio saturado/água e 60 mL de solução de etanol/água 52 %.

Com auxílio de uma pinça as amostras de plástico foram colocadas no Béquer com água, uma de cada vez. Foram anotadas as observações com relação ao comportamento das amostras, considerando a densidade da água ($d = 1,0 \text{ g/mL}$), qual flutua (não afunda) e qual não flutua (afunda), foram anotadas as cores dos plásticos. Foram reservadas as amostras dos plásticos que flutuam.

As amostras que flutuaram em água destilada foram transferidas para um Béquer contendo uma solução alcoólica (52% de etanol/água), considerando a sua densidade ($d = 0,91 \text{ g/mL}$). Os estudantes anotaram as observações com relação ao comportamento das

amostras nessa solução. Iniciaram a ordenação dos plásticos de acordo com as respectivas densidades (TABELA 4.1).

As amostras que não flutuaram (afundaram) em água destilada foram adicionadas a uma solução saturada de NaCl ($d = 1,2 \text{ g/mL}$). Com base nas características como flexibilidade e rigidez das duas últimas amostras que afundaram nessa solução, os estudantes calcularam a densidade em água e classificaram-as de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.1.

Após separar e identificar as amostras, preencheram o fluxograma inserido no roteiro (APENDICE 01) e caracterizaram o material polimérico desconhecido.

Tabela 4.1- Densidade de alguns polímeros (site *MAST*).

Polímeros	Densidade (g/ mL)
Poli(tereftalato de etileno) - PET	1,29 – 1,40
Poli(etileno) de alta densidade - PEAD	0,952 – 0,965
Poli(cloreto de vinila) - PVC(rígido)	1,30 – 1,58
Poli(cloreto de vinila) - PVC(flexível)	1,16 – 1,35
Poli(etileno) de baixa densidade - PEBD	0,917 – 0,940
Polipropileno - PP	0,900 – 0,910
Poliestireno – PS (sólido)	1,04 – 1,05
Poliestireno – PS (espuma)	Menor que 1,00

Fonte: Adaptado de MARCONATO; FRANCHETTI, 2003.

Descartes dos Resíduos

Os componentes da solução de etanol e água a 52% podem ser separados por meio de uma destilação fracionada, para posterior reutilização destas substâncias. A solução de cloreto de sódio saturada pode ser separada por destilação simples, após a separação o cloreto de sódio; depois de seco, pode ser reutilizado.

4.5.2 Experiência 2: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de corpos d'água impactados por derramamento de petróleo

O objetivo da experiência foi sintetizar um composto magnético (magnetita - $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$) utilizando reação de precipitação em meio aquoso; conhecer algumas propriedades características do composto magnético. Já os objetivos de ensino foram:

aprender a manipular equipamentos típicos de laboratório; realizar uma reação de precipitação; separação (filtração / magnética); calcular o rendimento; simular a remediação de corpos d'água impactados por derramamento de petróleo por meio de um material magnético.

Segundo Guilherme e colaboradores, (2005), a simulação é uma representação, através de um modelo, de determinados objetos, sistemas ou fenômenos. A qual apresenta grande utilidade na aprendizagem, visto que explana um fenômeno que não pode ser reproduzido em sua totalidade pelos estudantes no laboratório.

Na natureza, o ferro ocorre sempre sob a forma de combinações químicas, principalmente como óxido e como carbonato, menos comumente como sulfeto. A magnetita é um dos óxidos mais importantes como minério (QUAGLIANO; VALLARINO, 1979). O ferro é um elemento conhecido desde os tempos pré-romanos, sendo extraído dos minérios oxidados; no entanto, parece que o alto forno só foi inventado por volta do ano de 1500 a. C.

A contextualização apresentada nesta aula foi uma apresentação em vídeo sobre o derramamento de petróleo no golfo do México, mostrando os danos causados ao meio ambiente e a todos os seres vivos (http://www.youtube.com/watch?v=mqx_dFMCoFI e <http://www.youtube.com/watch?v=POLzzWKIWSY>). A situação problematizadora foi a compreensão da remediação, com o objetivo de sensibilizar os estudantes envolvidos e introduzir os conceitos de Química Verde.

O vídeo aborda um derramamento de proporções catastróficas que aconteceu no Golfo do México em 2010, atingindo a ilha Louisiana, causando danos ao meio ambiente até mesmo irreversível, pois, ao entrar em contato com o mar, o petróleo contamina as águas provocando a morte dos seres vivos existentes, como peixes e corais (MUROWANIECKI et al., 2010).

O derramamento no Golfo do México teve um impacto que beirou a destruição da costa oeste. Inúmeras espécies e animais foram fortemente ameaçados, especialmente a tartaruga marinha, o peixe-boi-marinho, o atum vermelho e golfinhos em geral, que necessitam de ir à superfície para respirar (MUROWANIECKI et al., 2010).

O derramamento de petróleo é um problema ambiental e socioeconômico recorrente nas costas brasileiras este experimento trouxe este contexto para a aula prática. 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 (FARIAS; FÁVARO, 2011), 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 (GRANCE et al., 2012; VARELA et al., 2013; FERREIRA et al., 2012).

Para o preparo de um material que apresentasse propriedades semelhantes à resina magnetizada, foi estudada a síntese de um composto magnético (magnetita) utilizando reação de precipitação em meio aquoso.

Este experimento também aborda o segundo princípio de Química Verde, que é a eficiência atômica (TROST, 1991), em que as sínteses devem ocorrer de tal forma a produzir apenas o produto desejado, ou ainda incorporando no produto final todos os átomos dos reagentes, evitando, portanto subprodutos.

4.5.2.1 Procedimento Experimental: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de corpos d'água impactados por derramamento de petróleo

A finalidade deste tópico se refere ao detalhamento dos procedimentos e aplicabilidade do experimento para obter a Magnetita ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$), que foi sintetizada via reação de precipitação de soluções de sulfato de ferro II ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e sulfato férrico amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) e a relação estequiométrica obedecida na síntese foi de 1:2 (Fe^{2+} : Fe^{3+}) (APÊNDICE 2).

À solução contendo os metais foi adicionada uma solução de hidróxido de amônio (NH_4OH) 1 % (m/v), sob agitação, para precipitação simultânea dos hidróxidos de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$ em estado amorfo, que se transformam espontaneamente em Fe_3O_4 microcristalino, a magnetita.

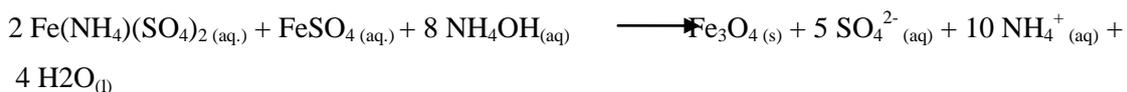
Ao que se refere à parte experimental, com intuito de se obter a magnetização das partículas, a solução de precipitação foi aquecida em banho-maria numa temperatura entre 80 a 90°C por 5 minutos. Após o tratamento por aquecimento, as partículas foram separadas da água mãe por decantação com o auxílio de um imã; o sobrenadante foi retirado e acondicionado para o descarte. Em seguida, as partículas foram lavadas com água destilada

para a remoção de possíveis reagentes não processados e posteriormente, lavada com etanol anidro PA. Em uma fase final, as partículas magnéticas foram secas em estufa a 110 °C (BESSLER; NEDER, 2004).

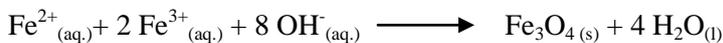
Verificou-se a propriedade ferromagnética das partículas de magnetita que pode ser explicada, devido a sua propriedade magnética, relacionada ao movimento dos elétrons nos átomos, já que carga em movimento gera campo magnético.

Vale ressaltar que o modo de organização dos elétrons em cada átomo constituinte do material está diretamente relacionado ao seu comportamento, quando submetido a um campo magnético externo (ferromagnético). Nesse caso, ele reage ao campo magnético externo com uma forte atração e os elétrons, permanecem alinhados e apontam todos para uma mesma direção (LEE, 1999).

Reação da Síntese da Magnetita:



A reação simplificada ocorrida foi:



Cuidados e Descartes dos Resíduos:

Hidróxido de amônio - para pequenas quantidades: adicionar, cuidadosamente, bastante água, sob agitação. Ajustar o pH para neutro. Separar quaisquer sólidos insolúveis e acondicionar para disposição como resíduos perigosos. Drenar a solução aquosa para o esgoto, com muita água. As reações de hidrólise e neutralização podem gerar calor e fumos, que podem ser controlados pela velocidade de adição. Recomenda-se o acompanhamento por um especialista do órgão ambiental. (Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?Consulta=HIDR%D3XI%20DE%20AM%D4NIO> Acesso em: 15 jun. 2011). A amostra do petróleo usado na simulação foi recuperada totalmente.

4.5.2.1.1 Condução da Exposição: simulação da remediação de corpos d'água e recuperação do petróleo

Para a simulação da remediação de corpos d'água, usando as partículas magnéticas, em um almofariz, incorporaram-se partículas de magnetita 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, este foi aproximado nas bordas do béquer e pode ser observada a movimentação da mancha, em seguida, aproximou-se o ímã da mancha para a remoção do petróleo, conforme a Figura 4.2 e 4.3 a seguir:



Figura 4.2 - Síntese da magnetita



Figura 4.3 - Simulação para remediação de corpos d'água impactado por derramamento de petróleo

Os conceitos teóricos envolvidos foram a reação de precipitação e a propriedade ferromagnética das partículas de magnetita (magnetismo).

As técnicas básicas empregadas como a filtração analítica, a dobradura de papel para filtragem foi exposta, assim como a finalidade das vidrarias envolvidas.

4.5.3 Experiência 3: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

O objetivo da terceira experiência foi sintetizar o salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas, usando carvão ativo como catalisador, o procedimento teve como base a prática divulgada por Cioffi (2002), em que sintetizou o

benzoato de hexila, nestas condições. O roteiro experimental produzido por esta pesquisa é um procedimento mais verde comparado à prática comumente utilizada em laboratório de ensino de Química Orgânica (MANO; SEABRA, 1987).

Novelino e colaboradores (2007) realizaram um estudo sobre a aplicação do éster, salicilato de metila, em larvas de *Boophilus microplus* para testar sua atividade como repelente. Os ensaios apresentaram resultados de 80% de repelência sendo este valor expressivo em relação a outras substâncias testadas com a mesma finalidade. Desta forma o éster salicilato de metila se apresenta como uma substância promissora na elaboração de produtos repelentes.

A situação problematizadora foi o estudo da aplicação do salicilato de metila como repelente de larvas de *Boophilus microplus*, que causa a doença conhecida como “Tristeza Parasitária Bovina” (TPB). Desta forma, a aula iniciou-se com a apresentação de uma reportagem intitulada “Tristeza Parasitária Bovina”, que aborda a doença que causa uma intensa anemia, podendo levar o animal à morte em poucos dias e causada pelo carrapato *Boophilus microplus*. O controle periódico da infestação do gado por carrapatos é fundamental, sendo a forma mais acessível e frequente o banho carrapaticida. Na experiência da síntese do salicilato de metila, o enfoque do conteúdo teórico foi a reação de esterificação, bem como o sexto e o nono princípios da Química Verde. O sexto princípio é caracterizado pela busca da eficiência energética, que ocorre pela reformulação das rotas, de tal forma que a maioria possa ocorrer na temperatura e pressão ambientes. O aquecimento por micro-ondas de reações químicas também tem sido intensamente estudado (ROSINI et al., 2004). Vale ressaltar como observação que essa técnica tem limitações, é uma tarefa complexa na qual deve-se tomar diversos fatores em conta. Portanto, a questão da eficiência energética do micro-ondas versus aquecimento convencional devem, em geral, ser avaliada com grande cuidado caso a caso (MACHADO, 2008; MOSELEY; KAPPE, 2011).

O uso do aparelho de micro-ondas nesta prática substitui a manta de aquecimento com a finalidade de reduzir o gasto energético. A prática tradicional utiliza 4 horas de refluxo quando em manta de aquecimento (marca Fisaton) de potência 60 W/h, consumindo em 4 horas, 240 W/h, esta foi substituída por 30 segundos em aparelho de micro-ondas (Panasonic) de potência 1420 W/h, logo o consumo de energia foi reduzido a apenas 11,8 W/h.

O nono princípio da Química Verde (Catálise) recomenda o uso de catalisadores em detrimento aos reagentes estequiométricos, pois os primeiros podem ser reutilizados. O objetivo de ensino deste experimento foi conhecer o estudo da substância sintetizada e sua aplicação como repelente de larvas de *Boophilus microplus* e as técnicas básicas envolvidas,

tais como: a extração com solvente; separação de líquidos imiscíveis fazendo uso de funil de separação, que permite isolar o produto desejado; uso de micro-ondas em reações químicas; usar evaporador rotativo e conhecer o seu funcionamento.

4.5.3.1 Procedimento experimental: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Preparação do catalisador

O íon H^+ , necessário para catalisar a reação, é fornecido pelo ácido p-toluenosulfônico ($C_7H_8O_3$) impregnado em carvão ativado. Para realizar esta catálise, secou-se o carvão ativo por uma noite à $120^\circ C$, o qual foi transferido para um dessecador. Agitou-se 5 g de carvão ativo em 20 mL de solução aquosa de ácido p-toluenosulfônico 25% (peso/volume). Removeu-se a água do catalisador por evaporação, secando em forno a $50^\circ C$ por vários dias (3 a 5 dias). Uma vez removida a água, o catalisador deve ser estocado em um dessecador para ser usado posteriormente.

Preparação do salicilato de metila

Pesou-se 122 mg de ácido salicílico e 500 mg do catalisador seco, que foram adicionado e misturados em frasco de reação. Em seguida uma alíquota de 350 μL de metanol foi adicionada à mistura homogênea. Agitou-se cuidadosamente por 1 minuto.

Para aliviar a pressão do frasco reator (Figura 4.4), um septo de borracha atravessado por um capilar de vidro foi utilizado. A mistura foi levada a um forno de micro-ondas (Figura 4.5) e irradiada na potência alta por aproximadamente 30 segundos. Cuidadosamente, removeu-se o frasco de reação do forno de micro-ondas. Esfriou-se a mistura em temperatura ambiente.

Em um suporte universal, fixou-se um funil de separação com uma garra. O produto foi extraído usando 3 porções de 2 mL de éter etílico. Foi adicionado diretamente o solvente no frasco de reação. Cada porção foi filtrada com o auxílio de algodão adicionado à ponta de uma pipeta de Pasteur (Figuras 4.6 e 4.7). Repetiu-se a filtração para as 2 porções seguintes, separando-se, assim o catalisador. Em um funil de separação de 60 mL, os filtrados combinados foram lavados 3 vezes com porções de 2 mL de solução aquosa de bicarbonato de sódio 5 % (m/v).

Descartou-se a fase aquosa de bicarbonato de sódio. A fase orgânica foi transferida para o funil de separação e lavada com água destilada. Descartou-se a fase aquosa.

O solvente foi removido por meio do uso de um rotaevaporador. O produto foi pesado e o rendimento da reação então calculado.



Figura 4.4- Reator



Figura 4.5 – Aquecimento no forno de micro-ondas

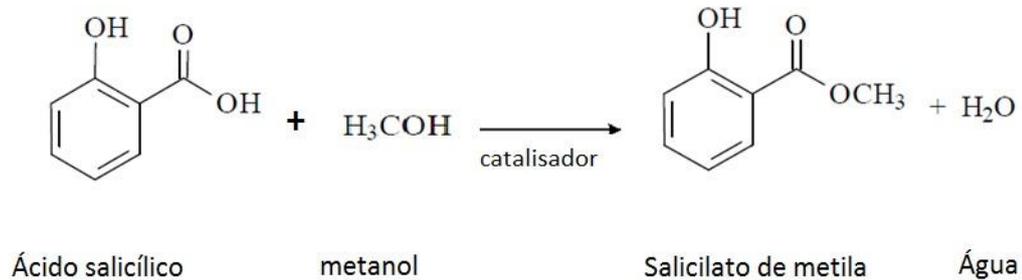


Figura 4.6 – Filtração com pipeta de Pasteur



Figura 4.7 – Transferência da filtração

Reação da Síntese do salicilato de metila por esterificação:



Descartes dos resíduos:

O produto formado foi acondicionado em frasco para possível análise de infravermelho que poderá ser usado para comparação com outros métodos de síntese do salicilato de metila por esterificação em aulas de Química Orgânica Experimental 1. Tanto o éter etílico e quanto o catalisador serão recuperados para uso posterior.

4.6 Construção da Estrela Verde

O presente estudo também objetivou avaliar o grau verde (índice verde - *Viridium index*) das experiências propostas para a disciplina de Técnicas Básicas em Química, utilizando a “Estrela Verde” (EV) como uma métrica holística (RIBEIRO et al., 2010). Para construir a EV de cada experiência desenvolvida, iniciou-se por inventariar todas as substâncias usadas como os reagentes, produtos e coprodutos obtidos, catalisadores, solventes e resíduos formados, etc.

Segundo Ribeiro e colaboradores (2010), para avaliar os riscos para a saúde e para o ambiente, inflamabilidade e reatividade, os símbolos risco/segurança, indicativos nos rótulos das embalagens de todas as substâncias envolvidas na reação devem ser verificados.

De acordo com as informações obtidas, são atribuídas pontuações numa escala de 1 a 3, em que 1 é igual a benignidade máxima, seguindo a Tabela 4.2, as pontuações contidas nesta são utilizadas para escolher o grau verde de acordo com os riscos das substâncias (riscos para a saúde humana e o ambiente, riscos de acidentes) e degradabilidade e renovabilidade

das substâncias envolvidas em que a pontuação de 1, 2 ou 3 (grau verde máximo), é atribuída aos Princípios da QV relacionados, dispostos na Tabela 4.3. Os princípios 4 e 11 foram excluídos visto que no ensino não se produz novos produtos químicos, estes princípios são mais voltados para aplicações industriais.

A métrica holística Estrela Verde nos permite visualizar de uma maneira simples o grau verde dos experimentos, observando a área preenchida. O grau verde é tanto maior quanto maior for a área (RIBEIRO et al., 2010).

Tabela 4.2 - Critérios para a classificação das substâncias para a construção da Estrela Verde (EV) (P_1 = pontuação).

a) Riscos para a saúde humana e o ambiente das substâncias envolvidas		
Riscos	Símbolo de risco	P_1 = pontuação
Saúde	C – corrosivo T – tóxico T' – muito tóxico	3
	X_n – prejudicial X_i – irritante	2
	Nenhuma indicação	1
Ambiente	N – perigoso para o ambiente	3
	N – nenhuma indicação	1
b) Riscos de acidentes das substâncias envolvidas		
Riscos	Símbolo de risco	P_1 = pontuação
Saúde	C – corrosivo T – tóxico T* – muito tóxico	3
	X_n – prejudicial X_i – irritante	2
	Nenhuma indicação	1
Inflamabilidade	F – muito inflamável F* – extremamente inflamável	3
	Nenhuma indicação	1
Reatividade	E – explosivo	3
	O – agente oxidante	3
	Nenhuma indicação	1
c) Degradabilidade e Renovabilidade das substâncias envolvidas		
Características	Critérios	P_1 = pontuação
	Não degradáveis ou que não possam ser tratadas para se obter a sua degradação em produtos de degradação	3

Degradabilidade	inócuos .	
	Possam ser tratadas para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	2
	Degradáveis com produtos de degradação inócuos.	1
Renovabilidade	Não renováveis	3
	Renováveis	1

Fonte: RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010

Tabela 4.3 - Princípios da Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV

Princípios da Química Verde	Critérios	Escala de grau verde
P1	Todos os resíduos são inócuos (p1=1, tabela 5.1)	3
	Resíduos que envolvam um risco moderado para a saúde e ambiente (p1=2, tabela 1a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p1=3)	2
	Formação de pelo menos um resíduo que envolva um risco elevado para a saúde e ambiente (p1=3, tabela 1a)	1
P2	Reações sem reagentes em excesso (<10%) e sem formação de coprodutos	3
	Reações sem reagentes em excesso (<10%) e com formação de coprodutos	2
	Reações com reagentes em excesso (>10%) e sem formação de coprodutos	2
	Reações com reagentes em excesso (>10%) e com formação de coprodutos	1
P3	Todas as substâncias envolvidas são inócuas (p1=1, tabela 1a)	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado para a saúde e ambiente (p1=2, tabela 1a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p1=3)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta um risco elevado para a saúde e ambiente (p1=3, tabela 1a)	1
P5	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuos (p1=1, tabela 1a)	3

	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem um risco moderado para a saúde e ambiente (p1=2, tabela 1a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p1=3)	2
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve um risco elevado para a saúde e ambiente (p1=3, tabela 1a)	1
Princípios da Química Verde	Critérios	Escala de grau verde
P6	Temperatura e pressão ambientais	3
	Pressão ambiental e temperatura entre 0°C e 100°C que implique arrefecimento ou aquecimento	2
	Pressão diferente da ambiental e/ou temperatura muito afastada da ambiental	1
P7	Todos os reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos são renováveis (p1=1, tabela 1c)	3
	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável, não se considera a água (p1=1, tabela 1c)	2
	Nenhum dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável, não se considera a água (p1=3, tabela 1c)	1
P8	Não se usam derivatizações	3
	Usa-se apenas uma derivatização ou operação semelhantes	2
	Usam-se várias derivatizações ou operações semelhantes	1
P9	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos (p1=1, tabela 1a)	3
	Utilizam-se catalisadores que envolvem um risco moderado para a saúde e ambiente (p1=2, tabela 1a)	2
	Utilizam catalisadores que envolvem um risco elevado para a saúde e ambiente (p1=3, tabela 1a)	1

P10	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p1=1, tabela 1c)	3
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos (p1=2, tabela 1c)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratada para dar origem a produtos inócuos (p1=3, tabela 1c)	1
Princípios da Química Verde	Critérios	Escala de grau verde
P12	As substâncias envolvidas apresentam um baixo risco de acidente químico (p1=1, tabela 1b)	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado de acidente químico (p1=2, tabela 1b, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p1=3)	2
	As substâncias envolvidas apresentam um risco elevado de acidente químico (p1=3, tabela 1b)	1

Fonte: Ribeiro; Costa; Machado, 2010.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliações do Grau Verde dos Experimentos (Estrela Verde)

Esta avaliação contribui no sentido de possibilitar a verificação do caráter verde de um determinado experimento proposto. Por meio da metodologia da Estrela Verde podem-se observar os princípios contemplados ou os que devem ser reconsiderados para aumentar o grau verde de uma dada experiência.

5.1.1 Avaliação do grau verde da experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)”

Na Tabela 5.1 estão relacionados os reagentes, suas quantidades, pontuação de riscos para a saúde e o ambiente e risco de acidente, determinados com base nos critérios para a classificação das substâncias para a construção da Estrela Verde (EV) (P_1 = pontuação) (segundo a Tabela 4.2).

Tabela 5.1 - Relação de reagentes envolvidos na experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)” e os critérios para a classificação (Tabela 4.2).

Reagentes	Quantidade	Pontuação de riscos para a saúde (P_1)	Pontuação de risco para o ambiente (P_1)	Pontuação de risco de acidente (P_1)
Água	60 mL	1	1	1
Cloreto de sódio (NaCl) (sol. Saturada)	60 mL	1	1	1
Solução alcoólica 52%	60 mL	1	1	2
Polímeros	Vários	1	1	1

Para construir a EV para o experimento “Identificação de Polímeros (Plásticos)”, atribuiu-se as pontuações fazendo uso dos parâmetros dispostos na Tabela 4.3 (Princípios da Química Verde e Escalas de grau verde), utilizando os dados da Tabela 5.1 (Relação de reagentes envolvidos na experiência “Identificação de Polímeros – Plásticos”), obtém a Tabela 5.2, como indicado no item 4.6 da metodologia (MACHADO, 2010).

Tabela 5.2 - Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento “Identificação de Polímeros (Plásticos)”.

Princípios da Química Verde	Pontuação	Motivo
P1	3	Todos os resíduos são inócuos
P2	3	Sem reação
P3	3	Todos os reagentes são inócuos
P5	3	Os solventes (água e etanol) são inócuos
P6	3	Temperatura e pressão ambientes
P7	2	Polímero não é renovável Etanol é renovável
P8	3	Não tem derivações
P9	3	Não tem catalisador
P10	3	Polímero não é degradável, mas faz parte de um kit que é reutilizável
P12	2	A solução alcoólica proporciona um risco moderado

A partir dos dados reunidos na Tabela 5.2, construiu-se a EV para a experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)”.

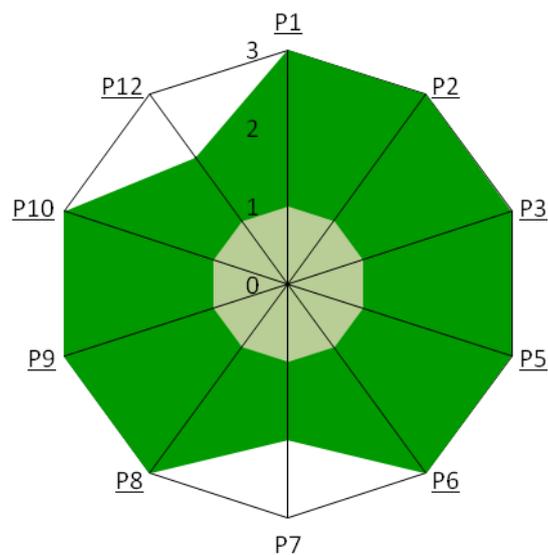


Figura 5.1- Estrela verde da experiência “Identificação de Polímeros (Plásticos)”

Como podemos observar por meio da Figura 5.1, o experimento “Identificação de Polímeros (Plásticos)” pode ser considerado com um alto grau verde, pois somente não atende por completo os princípios sete e doze. O princípio sete corresponde ao uso de matéria-prima renovável e no experimento foram utilizadas amostras de polímeros de fonte não renovável, entretanto, estas amostras compõem um kit reutilizável, sendo assim foi atribuída a pontuação 2 que indica pelo menos um dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável (etanol), não se considera a água. O princípio doze corresponde à Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes, como foi utilizada uma solução de etanol/água (52 %), que apresenta um risco moderado de acidente químico, logo foi atribuído a pontuação 2 a este princípio. Aos demais princípios foram atribuídos a pontuação 3, como mostra a Tabela 5.2.

A Estrela Verde apresenta uma grande área preenchida de 82,50% (IPE), indicando o alto grau verde do experimento.

5.1.2 Avaliação do grau verde experiência: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo

Na Tabela 5.3 estão relacionados os reagentes, suas quantidades, limite máximos permitidos, símbolos, pontuações de riscos para a saúde e ambiente e riscos de acidentes, segundo a Tabela 4.2 “Critérios para a classificação das substâncias para a construção da EV (P_1 = pontuação)”.

Tabela 5.3- Relação de reagentes envolvidos na experiência: Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d'água Impactados por Derramamento de Petróleo

Reagentes	Quantidade	Limite máximo permitido	Símbolo	Pontuação de riscos para a saúde (P ₁)	Pontuação de risco para o ambiente (P ₁)	Pontuação de risco de acidente (P ₁)
Água	5 mL			1	1	1
Etanol (C ₂ H ₆ O)	5 mL		Inflamável	1	1	3
Solução de Sulfato férrico amoniacal (Fe(NH ₄)(SO ₄) ₂ .12H ₂ O) (0,0864 mol/L)	4 mL	15 mg/L de Fe		1	1	1
Solução de Sulfato de ferroso ou de ferro II (FeSO ₄ .7H ₂ O) (0,1806 mol/L)	4 mL	15 mg/L de Fe		1	1	1
Solução aquosa de hidróxido de Amônio (NH ₄ OH)-1%	10 mL			1	1	1
Amido de milho	1 g			1	1	1
Petróleo	1 gota		Inflamável	1	1	3

A Estrela Verde deste experimento foi construída seguindo os mesmos critérios explicitados no item 5.1.1, obtendo-se a Tabela 5.4.

Tabela 5.4- Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento: “Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo”.

Princípios	Pontuação	Motivo
P1	3	Os resíduos são inócuos (magnetita é um mineral e a solução amoniacal muito diluída)
P2	2	Reação com reagente em excesso (excesso de solução amoniacal)
P3	3	Todos os reagentes são inócuos
P5	3	Os solventes são inócuos
P6	2	Utilização de banho-maria (80 - 90 °C) durante 5 minutos
P7	2	Pelo menos um reagente é renovável (etanol)
P8	3	Não tem derivações
P9	3	Não tem catalisador
P10	2	Reagentes envolvidos podem ser tratados
P12	1	O etanol é muito inflamável

A partir dos dados reunidos na Tabela 5.4, construiu-se a EV:

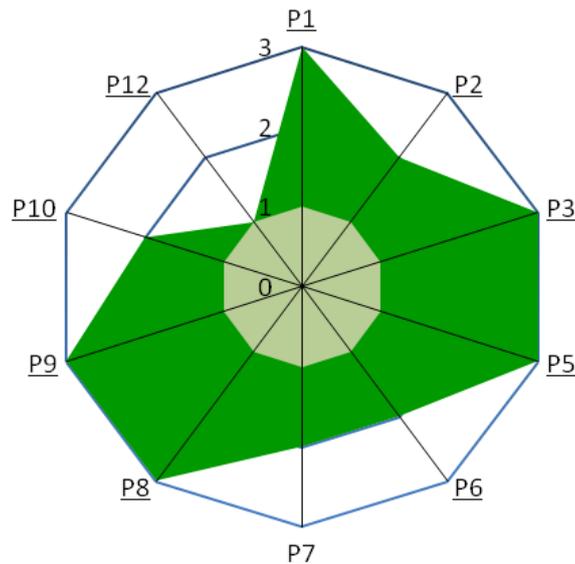


Figura 5.2 - Estrela verde da experiência “Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d’água Impactados por Derramamento de Petróleo”

Como podemos observar por meio da Figura 5.2, o experimento aborda princípios com pontuação máxima 3, sendo estes P1, P3, P5, P8 e P9. Para o princípio doze foi atribuída a pontuação 1, pois o etanol é inflamável. Os princípios P2, P6, P7, P10 receberam pontuação

2: P2 – economia atômica - devido ao pequeno excesso de hidróxido de amônio usado na reação, ou seja, este experimento foi planejado de modo a torná-lo o mais verde possível, por meio da redução das quantidades de reagentes da reação; P6 - princípio relacionado à eficácia energética, recebeu pontuação 2, porque a reação descrita precisa ser mantida a uma temperatura de 80 °C a 90 °C; P7 – relacionado a renovabilidade - o experimento tem pelo menos um reagente renovável, isto implica na pontuação 2; P10 - refere-se à planificação para a degradação – recebe esta pontuação, pois todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratadas para obter a sua degradação.

Esta experiência apresenta um grau verde menor que a primeira experiência proposta, o que foi facilmente visualizado pela construção EV de IPE 57,50%.

5.1.3 Avaliação do grau verde da experiência: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Na Tabela 5.5 estão relacionados os reagentes, suas quantidades, limite máximos permitidos, símbolos, pontuações de riscos para a saúde, ambiente e riscos de acidentes, segundo a Tabela 4.2 (“Critérios para a classificação das substâncias para a construção da EV”) (P₁= pontuação”).

Tabela 5.5- Relação dos reagentes envolvidos na experiência: Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Reagentes	Quantidade	Limite máximo	Símbolo	Pontuação de riscos para a saúde (P ₁)	Pontuação de risco para o ambiente (P ₁)	Pontuação de risco de acidente (P ₁)
Ácido salicílico (C ₇ H ₆ O ₃)	122 mg		Irritante para o nariz, e a garganta, olhos	2	1	2
Éter etílico (C ₄ H ₁₀ O)	6 mL		Inflamável e irritante	1	1	3
Bicarbonato de sódio(NaHCO ₃) 5%	6 mL			1	1	1
Catalisador [Solução Ácido p-tolueno sulfônico (C ₇ H ₈ SO ₃) 25%; Carvão ativo]	500 mg		Irritante para olhos, pele e vias respiratórias	1	1	1
Metanol (CH ₃ OH)	350 µL		Muito tóxico e inflamável	3	3	3

A Estrela Verde deste experimento foi construída seguindo os mesmos critérios explicitados no item 5.1.1, obtendo-se a Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Atribuição da pontuação para construção da EV referente ao experimento “Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Princípios	Pontuação	Motivo
P1	2	Resíduos que envolvam um risco moderado para a saúde e ambiente, devido à pequena quantidade usada.
P2	3	Reação sem reagentes em excesso e sem formação de coproduto
P3	2	Risco moderado para a saúde e ambiente, devido a baixa concentração usada
P5	2	Os solventes e as substâncias utilizadas envolvem um risco moderado para a saúde e ambiente, devido à baixa quantidade utilizada
P6	2	Utilização de micro-ondas (potência alta) durante 30 segundos
P7	2	Pelo menos um reagente é renovável, no caso o carvão ativo é renovável
P8	3	Não usa derivações
P9	2	Usa um catalisador que tem envolve um risco moderado para a saúde e ambiente e em quantidade muito baixa (carvão ativo + ácido p-tolueno sulfônico)
P10	2	Reagentes envolvidos podem ser tratados
P12	1	Éter etílico e metanol são inflamáveis

A partir dos dados reunidos na Tabela 5.6, construiu-se a EV, Figura 5.3:

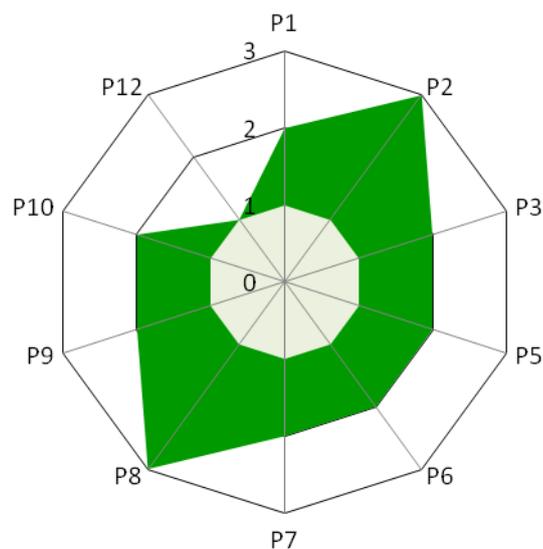


Figura 5.3: Estrela verde da experiência “Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

A análise da Estrela Verde desta prática mostra que não foram utilizados reagentes em excesso e não houve a formação de coproduto (P2 - economia atômica). A reação não usa derivações, P8, assim obtendo uma pontuação máxima 3 para estes princípios. A EV apresenta a área preenchida de 42,50% (Índice de Preenchimento da Estrela - IPE), indicando o grau verde do experimento.

Para esta sequência de experimentos podemos verificar os diferentes grau verde e exercitar a construção da Estrela Verde. Estes resultados exemplificam como, por meio de uma simples análise visual, podemos modificar um experimento e torná-lo mais verde antes mesmo de sua execução.

5.2 Análises do *corpus* (questionários, relatórios e entrevista focal)

Para o desenvolvimento do estudo optou-se por uma abordagem de investigação do tipo qualitativo, utilizando as respostas dos questionários, relatórios e a transcrição da entrevista como fonte principal de dados. A leitura do *corpus* da pesquisa nos permitiu identificar as unidades temáticas, foco da nossa discussão.

As perguntas do questionário se encontram integradas ao objetivo desta pesquisa, ou seja, planejar, aplicar e analisar uma série de módulos para a inserção de conteúdos já previstos na ementa da disciplina prática intitulada “Técnicas Básicas em Química”, na perspectiva da Química Verde e Educação CTS.

Por meio deste trabalho buscou-se compreender de que forma os licenciandos de Química compreendem a Química Verde, no âmbito da formação de saberes específicos do campo da formação docente em Química, que primam pela articulação entre os conhecimentos próprios da Química a outros como da área de Educação.

No final do primeiro semestre de 2011, os estudantes foram convidados a participar de uma entrevista coletiva (focal). Em função do período coincidente ao encerramento das aulas, que implicou na realização de provas, entrega de relatórios e demais tarefas, apenas quatro estudantes participaram desta etapa de coleta de dados. De acordo com Gomes et al. (2008, p.79), durante a realização da entrevista (grupo focal) é importante considerar todas as informações observáveis (disponibilidade dos entrevistados, formato de participação, linguagens usadas etc.). O foco é a exploração do conjunto de representações sociais sobre o tema que se deve investigar. O estudo do material não precisa abranger o total das falas, visto que as opiniões de um grupo com as mesmas características costumam ter muitos pontos em

comum, mas ao mesmo tempo apresentam particularidades próprias da biografia de cada participante.

Segundo Wolcott (1994), as opiniões devem ser descritas da forma mais fiel possível, de forma a transformar os dados e buscar inter-relacionar as partes decompostas na interpretação, procurando os sentidos das falas e das ações para se chegar a uma compreensão e explicação que vai além do aparente.

5.2.1 Análise de conteúdo e a definição das categorias

O primeiro experimento sugere um método alternativo de ensino para a identificação de amostras por meio da densidade (polímeros), demonstrando a possibilidade da reciclagem que se torna viável pela diferença de suas densidades e, portanto, nos permite separá-los.

O Brasil vive um crescimento rápido no qual os consumidores estão ávidos ao consumo de novidades, que significa conseqüentemente mais materiais plásticos, tais como: refrigerantes, produtos de limpeza, sacolinhas, resíduos de pedaços de PVC e vários outros, que se não tiverem o destino correto poderão agravar ainda mais a degradação do meio ambiente.

A reciclagem engloba diversas etapas como coleta, separação e processamento, por meio das quais, materiais aparentemente sem valor servem como matéria-prima para a manufatura de bens. Esta ocorre quando a recuperação dos resíduos for técnica e economicamente viável e quando as características do material forem respeitadas.

Os principais benefícios da reciclagem de plásticos são: a redução do volume descartado em vazadouros e aterros sanitários; a preservação dos recursos naturais; a diminuição da poluição; a economia de energia e a geração de empregos.

Os estudantes analisam essa temática controversa de acordo com suas experiências e de que forma a Química pode contribuir para o seu enfrentamento e proposição de alternativas à questão. Observamos que na categoria “Papel da Química frente às questões sociocientíficas atuais”, 41 % das respostas estão relacionadas com a reciclagem/ método de tratamento (Tabela 5.7), portanto grande parte dos estudantes possui uma concepção sobre a reciclagem como sendo o método mais adequado para resolver o problema dos resíduos de polímeros. Segundo uma resposta do aluno:

A Química contribui para a realização de novas formas de reciclagem e reutilização de polímeros. (Estudante A)

Em uma perspectiva crítica, podemos inferir que os estudantes, ao optar por reciclagem, não pensaram em evitar a geração de resíduos de fontes de matéria prima não renovável, ou seja, o sétimo princípio da Química Verde. Nenhum dos estudantes citou o uso das substâncias renováveis, como o polietileno obtido a partir do etanol da cana de açúcar, para substituir o polietileno produzido a partir de combustíveis fósseis.

Ainda na mesma categoria, entretanto, 35% dos estudantes atribuiu à Química uma função relacionada à produção de materiais menos nocivos. Logo, podemos inferir que os estudantes não relacionaram o princípio 3 ao princípio 7.

Tabela 5.7- Unidades Temáticas relativas à categoria “Papel da Química frente às questões sociocientíficas atuais” identificada no *corpus* da pesquisa.

Categoria	Unidades temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Papel da Química frente às questões sociocientíficas atual	Relacionados aos novos métodos para minimizar resíduos	1	6
	Relacionados educação	3	18
	Relacionados à reciclagem / método de tratamento	7	41
	Relacionados à produção de materiais menos nocivos	6	35
	Total	17	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

Com relação à inserção da metodologia didática, que incluiu a contextualização e/ou problematização, para a abordagem das atividades experimentais na educação superior em Química, fez com que o experimento fosse considerado incentivador e que propicia uma maior aproximação da Química ao cotidiano, tornando-a mais palpável de acordo com o relato dos estudantes.

Os alunos veem a contextualização e problematização como interessante, no entanto, este conteúdo atravessa esta barreira fazendo com que eles reflitam sobre o tema abordado (Tabela 5.8). Somente através da reflexão/meditação que é possível se obter uma formação significativa (ZUIN, 2011). Segundo Maar (1995, p.25):

A experiência formativa não se esgota na relação formal do conhecimento (...), mas implica uma transformação do sujeito no curso de seu contato transformador com o objeto na realidade. Para isto se exige tempo de meditação e continuidade, em oposição ao imediatismo e fragmentação da racionalidade formal coisificada, da identidade nos termos da indústria cultural. Assim, a experiência formativa pressupõe uma aptidão cuja ausência caracterizaria a atualidade ainda mais do que a própria falta de conteúdo formativo.

Tabela 5.8: Unidades Temáticas relativas à categoria “Contribuições da contextualização e problematização nos experimentos de química” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Contribuições da contextualização e problematização nos experimentos de química	Desperta interesse	2	33,3
	Relacionados a reflexão/conscientização da prática química	3	50,0
	Importante para a formação acadêmica	1	16,7
	Total	6	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

De acordo com Zanon e Palharini (1995), a não contextualização da Química pode ser responsável pela rejeição do estudo desta ciência pelos alunos, dificultando o processo de ensino-aprendizagem. Lima e colaboradores (2000) apontam que este círculo é terrivelmente pernicioso para a aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, e conseqüentemente, temos uma formação inadequada, que não prepara os professores para a contextualização dos conteúdos.

Como podemos observar pelas falas dos estudantes:

Eu acho que, assim, em termos educacionais, torna isso também um pouco mais motivador, porque muita gente, muitas vezes, eu vejo, pelo menos pela minha experiência em laboratório, que você entra e sai muitas vezes sem saber o que você fez, ou porque você fez: Deixa eu fazer isso rápido, é inútil e tal. Então, acho que torna isso motivador, você, acaba fazendo: Ah! Beleza, isso tem uma aplicação, acho que um dia posso usar. (Estudante E)

É, acabou dando uma visão mais ampla, a gente chega aqui, vai para uma aula de experimental, acaba: Ah, estou fazendo o que aqui no laboratório? E acaba sendo uma coisa muito fixa. (Estudante P)

Estas falas indicam que a ausência da contextualização, muitas vezes, é vista pelos estudantes como um dificultador do processo de ensino-aprendizagem, principalmente nos anos iniciais de formação docente.

Gouvêa e Machado (2005) comentam que nos documentos do PCN+ (BRASIL, 2002) o objetivo da contextualização do ensino não é promover uma ligação artificial entre o que é ensinado e a vida diária do aluno. Não é apenas exemplificar um conceito, mas propor “situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e procurar solucioná-las.” (p. 17)

A ideia de contextualização entrou em pauta com a reforma do ensino médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB nº 9.394/96), que defende a compreensão dos conhecimentos para uso cotidiano. Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), guias que orientam a escola e os professores na aplicação do novo modelo, estão estruturados sobre dois eixos principais: a interdisciplinaridade e a contextualização.

A LDB 9.394/96, no artigo 28º, indica como isso pode ser feito, pois os sistemas de ensino deverão promover “as adaptações necessárias à sua adequação às peculiaridades da vida rural e de cada região, especialmente”. Isso significa que o ensino deve levar em conta o cotidiano e a realidade de cada região, as experiências vividas pelos alunos, quais serão suas prováveis áreas de atuação profissional, como eles podem atuar como cidadãos; enfim, ensinar levando em conta o contexto dos estudantes. Neste sentido, o estudante indica:

Ah... Eu considero que a parte da contextualização do experimento serve para despertar, no aluno de química da graduação, qual é o papel da química, principalmente no contexto social. (Estudante P).

Percebe-se que o estudante compreende o papel da contextualização como sendo um ato de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. Ainda, o estudante vai ao encontro do que se pretende com a educação científica na abordagem CTS:

É... podemos fazer ou idealizar experimentos, ou pensar em algumas soluções que possam não só ajudar a parte ambiental, mas também uma sociedade inteira, como foi tratado neste experimento que acabamos de fazer. (Estudante P).

A realização de atividades experimentais com enfoque CTS 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 riqueza e bem-estar social (GONÇALVES; MARQUES, 2012).

De acordo com Martins (2000), a tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade deve ser apresentada de forma inter-relacionada quer seja na seleção e abordagens das temáticas, ou nas proposições de questões problema.

O currículo de ensino de Ciências com ênfase em CTS apresenta como objetivo central preparar os estudantes para o exercício da cidadania e caracteriza-se por uma abordagem dos conteúdos científicos e o seu contexto social (SANTOS; MORTIMER, 2002). Pelo relato do estudante percebe-se que este trabalho alcançou este objetivo.

Como a gente viu né, já começamos pela contextualização, prática social, então, tipo, qual o papel da contextualização? Foram duas partes, uma fala da aplicação prática dele e a outra da otimização. (Estudante E)

Que adianta você salvar o gado se você esta usando litros de ácido e tem um monte de reagente e produtos, descarte, então as duas partes se encaixaram muito bem. (Estudante E)

Acho que pelo menos neste experimento vocês contemplaram isso. (Estudante E)

É possível notar esse potencial de formação CTS também no segundo experimento, o qual foi proposto com o objetivo de evidenciar os aspectos sociocientíficos controversos (problemáticas consideradas relevantes por um número considerável de pessoas, segundo Driver et al. 2000) relacionados à necessidade de remediação de locais impactados, e compará-lo à prática científica desenvolvida sob a perspectiva da Química Verde (ANASTAS; WARNER, 2000). Nesta medida, ao propor a sensibilização verifica-se a necessidade de ressignificar a dimensão técnica, associada à noção de conduta do sujeito-meio-campo, com base nos estudos de Blerger (1984, p. 37-38):

A relação sujeito-meio não é então, uma simples relação linear de causa e efeito entre dois objetos distintos e separados e sim que ambos são integrantes de uma só estrutura total, na qual o agente é sempre a totalidade do campo e os efeitos produzem-se também sobre ou dentro dele mesmo, como unidade. A conduta é, assim, uma modificação do campo e não uma mera exteriorização de qualidade interna do sujeito, nem tampouco um sistema reflexo ou resposta linear aos estímulos externos.

A proposta didática investigativa intencionou, por meio do procedimento experimental integrado à discussão teórica, sensibilizar os estudantes 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 segunda experiência, fundamentado em uma práxis educacional com enfoque CTS, foi planejado 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 de 8% (m/v) para uma solução 1% (m/v)), diminuição das quantidades de reagentes da síntese da magnetita e a simulação de recuperação de corpos d'água.

Por meio da análise de conteúdo enunciada pelos estudantes foi possível identificar a categoria “relevância da experiência na disciplina” como a de maior incidência no *corpus* da

pesquisa. Os enunciados desta categoria foram agrupados em unidades temáticas: interesse, relevância e aprendizagem de Química, associados às questões socioambientais; a conscientização, no sentido de expressão de condutas, isto é, da remediação à sensibilização para a Química Verde (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 - Unidades Temáticas relativas à categoria “Relevância do Experimento na Disciplina” identificada no *corpus* da 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

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

Conforme os dados descritos na Tabela 5.9, a abordagem de questões sociocientíficas permitiu aos estudantes 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, 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 (ZUIN, 2011; ANASTAS; BEACH, 2009).

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 as problemáticas socioambientais. Os aspectos destacados reportam-nos à necessidade de se inserir e problematizar, especialmente na formação inicial de

professores, a Química Verde com ênfase às suas características, formas de expressão e alcances no Brasil.

Não apenas nas disciplinas de prática de ensino, para formação de professores, é que as discussões devem ir além das reflexões acerca das formas de ensinar ciências usualmente praticadas. É necessário durante todo o percurso formativo oportunizar aos estudantes situações para considerarem os impactos derivados da ação humana na contemporaneidade, contabilizando tanto a quantidade quanto a qualidade dos recursos físicos da terra (MELO; VILLANI, 2005).

O conceito de experiência formativa foi colocado por Zuin (2011, p. 26), especialmente quando focalizadas as práticas culturais para além do laboratório no campo científico da Química:

Quando nos referimos ao conceito de experiência formativa, enquanto práxis educacional fica a questão de qual é o nível e possibilidades de participação e intervenção dos iniciantes, estudantes, na elaboração dos enunciados. (...) modo como a dimensão ambiental é compreendida, essencialmente no campo científico da Química, como experiência formativa¹.

A execução do experimento enquanto experiência formativa foi investigada na fala dos estudantes, compreendida também como condição e processo educativo rumo à autonomia, conforme os dados apresentados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Unidades Temáticas relativas à categoria “Aspectos favoráveis na execução da experiência” identificada no *corpus* da pesquisa.

Categorias	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Aspectos favoráveis na execução da experiência.	Relacionados à facilidade de procedimento.	22	62,9
Sugestões de mudança na execução da experiência	Relacionados a sugestões de mudança	13	37,1
	Total	35	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

Pelo que pudemos constatar, os estudantes demonstraram que a aprendizagem das técnicas envolvidas nos experimentos aplicados foi relevante e era uma novidade para a maior parte, dado que muitos licenciandos tiveram contato com os métodos e equipamentos próprios

¹ Zuin, V. G. A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química. Ed. Átomo, Campinas, 2011. (p. 24-25).

da Química pela primeira vez apenas naquela ocasião. Os estudantes relataram a importância da inserção de várias e diferentes técnicas envolvidas (conteúdo procedimental), como por exemplo:

Na verdade, envolve muitas técnicas diferentes, então, isso eu acho interessante, quanto mais técnicas abordar no começo do curso, melhor. (Estudante E)

Na minha opinião, o principal foco das técnicas básicas é você saber manusear, eh... é fazer tipos de experimentos e técnicas e aprender para que serve e como foco no caso da realidade, você acaba unindo as três coisas, no caso, em uma só e acaba ampliando o ponto de vista do aluno. (Estudante P)

Para Lima e Marcondes (2005) “as atividades experimentais devem ser planejadas para facilitar o desenvolvimento conceitual e gerar interesse pela Ciência”.

A Química pode ampliar os horizontes dos estudantes ao ser uma facilitadora na interpretação do mundo e seus fenômenos, estando diretamente ligada ao desenvolvimento tecnológico e a muitos aspectos da vida em sociedade (BRASIL, 2002). Para isso, a experimentação pode proporcionar reflexão para a reelaboração do conhecimento, possibilitando o contato do aluno com os fenômenos químicos e, a partir de então, seu sistema lógico e na sua linguagem (SÃO PAULO, 1992).

Os estudantes indicaram também a importância da introdução de técnicas ainda desconhecidas por eles:

Eu achei interessante, tipo, o do algodãozinho, isso, porque eu nunca tinha feito. (Estudante E)

Outra coisa que eu também achei legal é o uso do micro-ondas, você fala micro-ondas, parece: Nossa! Vou usar micro-ondas. Você chega, e é um micro-ondas tradicional: Nossa gente, aquele que tem em casa também faz química. Engraçado. Para gente colocar para os alunos, futuramente. (Estudante E)

Além das modificações técnicas foram feitas adequações nos experimentos para torná-los mais verdes e estas mudanças foram observadas pelos estudantes:

Sabe o que eu achei legal também (...). Você comentou né, com a gente que é uma prática mais verde e tal, por causa do catalisador, né, quanto pela fonte de energia que foi micro-ondas, (do que) 4 horas de refluxo. Acho que já é bom nas técnicas básicas para deixar o aluno meio direcionado (...) procurar fazer experimentos limpos, assim. (Estudante L)

A opinião de que modificações, adequações e otimizações são atitudes bem vindas na química para torná-la mais amigável, com estes relatos percebe-se a introdução de conceitos de Química Verde:

É aperfeiçoar algumas técnicas que o homem criou para determinada, sei lá... finalidade, a fim de que, hoje eu vejo assim, né, de sei lá, ou reduzir o tempo, ou reduzir também, tipo, sei lá, os danos que pode causar para natureza e para o ser humano, acredito que seja esse o papel da química, enfim, para isso. (Estudante L)

Acho que é por causa, como a química envolve toda essa questão de reação, coisas do gênero... Transformação, então, nada melhor do que ela mesmo se preocupar com essa parte de descarte de resíduos de dar um fim adequado para cada um deles, a questão da otimização das técnicas, redução da quantidade de reagente, energia, e tudo que envolve de gasto na hora da realização do experimento. (Estudante J)

Os estudantes compararam o experimento já realizado em prática anterior, com o experimento verde introduzido. Relataram que o novo experimento proposto é mais interessante que o convencional:

Prática por exemplo da densidade, plástico, que eu fiz, eu acho ela muito mais interessante, divertida do que a primeira prática de densidade. (Estudante E)

O estudante E relatou a possibilidade de introdução da experiência “Síntese do salicilato de metila”, aplicado pela pesquisadora, em aulas práticas de Química Orgânica.

Além do que, não só nas técnicas básicas, mas essa mesma pode ser usada na disciplina de orgânica. Aí dá para discutir mais profundamente, quando a questão dos produtos orgânicos. Os dois tipos de síntese, aí dá para comparar as questões de síntese orgânica, e dá para poder aproveitar em muitos momentos. (Estudante E)

Algumas categorias “Avaliação da introdução na disciplina” e “Abordagem do conteúdo” na experiência listaram como unidade temática os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Em sua maioria, os estudantes compreendem conteúdos como sendo conceitos e procedimentos basicamente, muito pouco sobre a questão atitudinal, como podemos observar em suas falas:

Separação, filtração por funil de separação, rota. (Estudante J)

Catalisador. Eu pensei por outro lado, também mais na questão da otimização do experimento. (Estudante E)

Tem também, né, o uso do aparelho. (Estudante J)

Eu acho que... A questão do pensar a estratégia técnica, quando a gente chega no laboratório, muitas vezes chega e já encontra tudo pronto, né?...Tem que encontrar novas estratégias técnicas para ele manipular os vidros, fazer ele pensar também sobre a técnica em si. (Estudante E)

O grau de dificuldade do primeiro para esse, certeza. (Estudante E)

Porque enquanto era para pesar... Aí, o segundo, já envolveu a questão do paramagnetismo, do ímã para poder separar, tirar o óleo, o petróleo da água. (Estudante J)

Usamos varias técnicas nessa, né? (Estudante L)

Cada vez mais entrando nesse universo do campo da química, há um aspecto que é poder olhar de uma maneira desmistificada, valorizar de outra forma esses conhecimentos científicos que têm outros conteúdos, como o atitudinal (valor, posicionamento). Você tem que se posicionar a todo o momento. Então, quando a gente fala de conteúdo, não é só de conceito de química, de procedimento, é também de tomada de decisão, inclusive de valorar algo, tem juízo de valor: prefiro certo equipamento, ou outro porque ele consome mais ou menos energia. A idéia do conteúdo seria abarcar inclusive essas dimensões, vocês percebem essas dimensões nesses experimentos? (professora)

O grau de dificuldade do primeiro para esse, certeza. (Estudante E)

Uma diferença de dificuldade foi algo crescente. (Estudante J)

De acordo com Coll e Martin (2004), ainda hoje há uma supervalorização dos conteúdos conceituais em detrimento dos procedimentais e atitudinais. De fato, os estudantes relataram que raramente são solicitados a trabalhar a cooperação, solidariedade, trabalho em grupo, gosto pela leitura, respeito, ética. Aspectos impregnados nas relações afetivas e de convivência de forma alguma podem ser desconsiderados pelas instituições de ensino como conteúdos importantes de serem trabalhados.

Por meio de questionamentos, podemos observar que os estudantes, além de compreenderem a importância de conteúdos conceituais e procedimentais que estão mais relacionados com a prática perceberam também a importância dos conteúdos atitudinais presentes na mesma, como, por exemplo, a valorização da preservação do meio ambiente (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 - Unidades temáticas relativas à categoria “Avaliação da introdução da experiência na disciplina” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Avaliação da introdução da experiência na disciplina	Relacionados aos conteúdos procedimentais e conceituais	7	41
	Relacionados à execução	1	6
	Motivos ligados a problematização	2	12
	Relacionados com a educação ambiental e cidadania – (conteúdo atitudinal)	7	41
	Total	17	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

Este aspecto também é ressaltado por Chassot (2003), pois aprender ciências deve contribuir para a aquisição de valores que “permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto as limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento” (p. 99). A fala de um dos estudantes explicita tal preocupação:

A prática é relevante, pois colocam em questão os hábitos humanos e os resíduos produzidos pela humanidade, que nos últimos anos estão destruindo o meio ambiente e colocando a vida em risco. (Estudante B)

Por conteúdo conceitual, Coll e colaboradores (1998) entende que,

(...) são aqueles que se relacionam ao saber sobre alguma coisa, isto é, os fatos e princípios expressos por palavras significativas que produzem imagens mentais e promovem atividade cognitiva para ampliação de significados e fatos memoráveis (p.14).

É possível observar nas unidades temáticas relacionadas ao conteúdo conceitual, que os estudantes observaram o conteúdo “densidade” como sendo o principal, coerente com o objetivo da primeira prática abordada.

Densidades de sólidos, descobrir qual material estava sendo utilizado à partir desse cálculo, deslocamento de volume (Estudante C).

Também no primeiro experimento, o conteúdo procedimental foi pouco evidenciado pelos estudantes, por se tratar de manipulações técnicas bem simples. Para Zabala (1999):

(...) um conteúdo procedimental, inclui as regras, as técnicas, os métodos, as habilidades, as estratégias, os procedimentos, entre outras coisas. É um

conjunto de ações ordenadas e com finalidade, quer dizer, dirigidas à realização de um objetivo (p. 10).

A importância do aprendizado dos conteúdos atitudinais foi destacada com uma frequência significativa quando os estudantes relataram ter consciência sobre a preservação do meio ambiente; interesse e participação sobre pesquisar novos produtos menos impactantes e conscientização sobre uma melhor gestão:

Foram discutidos problemas ambientais causados por descarte de polímeros em locais não apropriados, cujos quais chegam aos oceanos formando verdadeiras ilhas de lixo (Estudante D)

(...) além de despertar nos alunos o interesse de pesquisar novos materiais que não degradam tanto o meio ambiente (Estudante G)

A importância da separação, identificação para tratamento de resíduos (no caso reciclagem do plástico) (Estudante F)

Os estudantes mostraram relacionar os conteúdos atitudinais referente à informação recebida, visando à intervenção na realidade (ZABALA, 1999).

Por meio da Tabela 5.12, podemos notar uma frequência expressiva em que é abordado os conteúdos conceituais, atitudinais e procedimental nas práticas 1, 2 e 3 apresentadas.

Tabela 5.12 - Unidades Temáticas relativas à categoria “Abordagem do conteúdo na experiência” identificada no corpus da pesquisa

Categorias	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Prática 1, 2 e 3 Abordagem do conteúdo na experiência	Relacionados com conteúdos conceituais	32	41
	Relacionados com conteúdos atitudinais	27	34,6
	Relacionados com conteúdos procedimentais	16	20,5
	Relacionados com meio ambiente	2	2,6
	Relacionados com a problematização	1	1,3
	Total	78	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

O estudante E ressalva a necessidade de encontrar outras estratégias para incentivar a busca de novos procedimentos, bem como reforça a falta de estímulo na construção do conhecimento experimental associado ao teórico:

Realmente, eu falei que não tem esse espaço para esse tipo de discussão, em disciplinas, nunca, o professor chega, ele já testou, funciona assim, em vez dele contar o porquê que você colocou o capilar, não, olha gente: Usa assim, assim, assado. Às vezes, falta espaço nestas disciplinas para esse tipo de discussão (Estudante E)

Com relação ao papel da química nas questões ambientais, um estudante acredita que existe um consenso da necessidade de adaptar técnicas para a preservação do meio ambiente:

Humm, eu acredito que o papel da química é inquestionável. (Estudante L)

Ainda, a Química é considerada como uma grande vilã na degradação do meio ambiente (SOUZA; MARQUES; MATTOS, 2012). Os estudantes de modo geral relataram que apesar da sociedade compreender a Química como responsável por danos ambientais, a veem como a solução para o enfrentamento dos problemas (Tabela 5.13):

Acaba... Mudando também a sociedade, no lugar da química, porque a gente vê que pelo menos eu percebo isso até no meu círculo de amizade, que tem muita gente que acha que você sendo químico vai fazer bombas nucleares, vai explodir. (Estudante P)

O estudante P coloca que a Química tem lado bom e ruim, pois “é ao mesmo tempo o produto e o produtor, ou seja, os problemas são gerados e solucionados pela Química” (SOUZA; MARQUES; MATTOS, 2012, p.1892).

...não, que tem o lado ruim e o lado bom, que você pode mostrar a parte de preocupação ambiental, você pode usar a química para melhorar o ambiente, ou também otimizar processos... (Estudante P)

Tabela 5.13: Unidades temáticas relativas à categoria “Contribuição da Química para o conhecimento e preservação do meio ambiente” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Prática 2 e 3 Contribuição da Química para o conhecimento e preservação do meio ambiente	Relacionados com a solução de problemas ambientais	11	39,3
	Relacionada à atribuição de responsabilidade à Química	4	14,3
	Relação entre química e meio ambiente	13	46,4
	Total	28	100

Obs: As porcentagens foram calculadas à partir dos números de unidades temáticas

Os enunciados sistematizados em unidades temáticas, quantificados sob a ótica de frequência em números absolutos e percentuais, expõem as concepções dos estudantes relativas à contribuição da Química para o conhecimento e preservação do meio ambiente (Tabela 5.13).

Os estudantes relacionam fortemente a prática da Química às questões ambientais e indicam que a experiência possibilitou ressignificar os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais à práxis educacional que se exige na atualidade, no caso a Educação em Química.

Sobre essa assertiva, a sensibilização à Química Verde, exige um planejamento, como opção técnica e política (MÉSZAROS, 1981, p. 273), ao efetivar a práxis formativa docente que tem a função social claramente, incorporada nos objetivos educacionais.

No que se refere à definição de Química Verde, os estudantes a relacionam à abordagem CTS e ao desenvolvimento sócio sustentável:

Conjunto de ideais, não só ideais, prática, regulamentação,... Mas que visam sempre melhorar a vida das pessoas, otimização de processos. (Estudante E)

Eu consigo enxergar a Química Verde no lado do desenvolvimento sustentável, né? Principalmente no nosso país, que tem um, como todos sabem, tem uma grande fauna, uma grande flora, e a química verde no nosso país teria uma ótima aplicação, principalmente para preservar isso e fazer com que o ser humano desenvolvesse sem denegrir o ambiente, sem destruir a fauna a flora, poluição de rios. Eu consigo enxergar a química verde quase que como um dos pilares do desenvolvimento sustentável, assim, partiria dela algum tipo processo ou algum tipo de técnicas para desenvolver métodos que antes existiam e que podem agora vir para a sociedade de uma maneira que não possa poluir tanto que nem antigamente. (Estudante P)

O estudante define a Química Verde explicando que a sociedade tem resistência à mudanças, mas que este movimento pode promover uma alteração positiva para a sociedade:

É algo do bem, digamos assim. Algo que tem... Tudo é... Todo começo é difícil, se você começar a pensar, porque se você está acostumado, porque as vezes o povo tem uma certa resistência a mudança, e a química verde vem e trás essa mudança. Então, você pensa assim: Há, eu não, durante 15 anos o experimento foi feito dessa forma; aí, chega uma pessoa e quer mudar isso, quer mudar a prática, quer mudar tudo. Será que vai ter a mesma condição, o mesmo aproveitamento que tinha antes? Então, no começo tem certa resistência, mas acho que ao longo do tempo vai se percebendo que os resultados são os mesmos ou até melhores, porque além de ter o mesmo aproveitamento, eu consigo uma abordagem muito maior e muito mais, de muito maior qualidade, então, é algo que aí o povo aos poucos vai se habituando e vai começando a pensar com uma cabeça mais verde. (Estudante J)

Para este estudante, a QV está relacionada a um aproveitamento semelhante e maior qualidade, podemos inferir que este aluno compreende as práticas introduzidas como de igual aborda mesmos conceitos e técnicas, entretanto vai além, introduzindo os conteúdos atitudinais que conferem uma mais qualidade fazendo com os estudantes valorizem práticas mais sustentáveis. Estes novos conteúdos compreendidos pelos estudantes podem ser observados por diversas falas.

Cavalcanti (1980, p.8) pontua que “mudar em educação” significa “ativar diferentes segmentos da sociedade, interferindo, direta ou indiretamente, nos valores da mesma, já arraigados em seus membros (educadores e educandos).” Quando questionados sobre os mecanismos e motivos para a resistência à mudança, os licenciandos apontam:

Faz quinze anos que a gente faz assim, por que eu vou mudar agora? Porque se já esta dando certo agora, por que vou mudar isso? (Estudante E)

O ser humano tem esse receio de coisas novas. Eu vejo isso. (Estudante P)

Vou fazer uma pergunta para vocês. A gente tem essa técnica, como vocês acham que um professor tradicional que se formou há muito tempo, e dá laboratório de química orgânica há 20 anos, como que você acha que ele reagiria, por exemplo, a essa sugestão de prática? (Pesquisadora)

Não dá para falar que todo mundo é bonzinho e que todo mundo tem cabeça aberta e está aberta a mudanças. Vamos economizar reagente! É o fator humano aí que entra. (Estudante E)

O lado humano de um cientista. A parte do orgulho. O ideal é não ter resistência nenhuma, né? (Estudante J)

Os estudantes apontam que os educadores/cientistas apresentam resistência à mudanças dificultando a introdução de novas práticas mais verdes, ou seja, é importante que os professores estejam abertos a novas propostas didáticas, que viabilizem a entrada de práticas como as apresentadas neste trabalho.

Outro aspecto investigado foi o grau de dificuldade envolvido na proposta de experimentos, com a finalidade de se verificar se a introdução de técnicas mais verdes, influenciaria o desenvolvimento de habilidades no laboratório durante as aulas práticas para estudantes iniciantes.

Eu achei super simples. Muito interessante. O que me chamou atenção também porque é simples e rápido. (Estudante E)

Acho que é uma coisa que falta, geralmente, que eu vejo em muitos laboratórios, às vezes, lógico, nós químicos aprendemos o uso pelo cotidiano nosso, mas muitas vezes tem muita gente que não faz ideia no primeiro ano. (Estudante E)

Eu demorei para assimilar a diferença entre um instrumento e vidrarias, enfim, a questão da precisão, porque... Às vezes eu acho que falta um pouco da conscientização das técnicas para o aluno. (Estudante E)

Em relato feito pelo estudante L:

Agora é a mesma coisa a formação acadêmica; eu aprendo que eu posso fazer 4 horas de refluxo, quando eu virar um profissional eu vou fazer 4 horas de refluxo. (Estudante L)

Fica evidenciada a importância do aprendizado significativo, no qual ele leva consigo uma bagagem que será um guia em sua vida profissional. Cabe também ressaltar que, segundo os entrevistados, havia diferença com relação ao envolvimento, interesse e participação na realização da prática e a redação dos relatórios em função destas serem ou não consideradas para a avaliação discente:

Eu acho que eu aprendo muito mais quando eu não tenho obrigação de estar fazendo aquilo. (Estudante E)

Houve relatos de que a cobrança (notas) influencia a dedicação às atividades, mas todos afirmaram não gostar da obrigatoriedade de participação e acreditam que aprenderiam mais quando não houvesse exigências simplesmente protocolares, ou seja, aquelas que têm apenas como fim a atribuição de um conceito, a despeito do aprendizado para a emancipação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Química Verde ainda constitui-se como um objeto emergente de pesquisa, principalmente no que tange à formação de profissionais do campo da Química, com ênfase à licenciatura no Brasil. Faz-se pertinente repensar as experiências que transcendam os laboratórios, ao selecionar conteúdos “verdes”, propor metodologias de ensino e de avaliação de seus alcances.

Neste estudo de caso procurou-se analisar as potencialidades e limitações de experimentos verdes introduzidos na formação inicial de professores de Química em uma instituição ensino superior paulista, ocorrida em uma disciplina prática ofertada no primeiro semestre de 2011, a saber; identificação de polímeros; simulação da remediação de corpos d’água e recuperação de petróleo e; síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas. De acordo com os dados obtidos, as propostas possibilitaram 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 construção da EV pôde contribuir para a verificação do grau verde das experiências aplicadas, mostrando ser uma métrica útil para a avaliação do grau verde, uma vez que compreende a maioria dos princípios da Química Verde de uma forma holística.

Com base no enfoque educacional CTS adotado, a ênfase do processo de aprendizagem recaiu sobre estudantes quando enfrentaram situações sociocientíficas controversas, pois assumiram em grande parte como sua a responsabilidade de propor alternativas para o analisar as questões apresentadas, que exigiram a reflexão e a formulação de argumentos consistentes e juízos de valor referentes às dimensões tecnocientíficas, políticas, econômicas, culturais e ambientais, que são intimamente inter-relacionadas.

Desta forma, as experiências propostas, pautadas em situações de relevância à realidade brasileira, puderam 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 docente. 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 alfabetização 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.

Estas contribuições refletem na possibilidade da inserção destas propostas experimentais na disciplina Técnicas Básicas em Química uma alternativa viável ao Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2010. v. 8. (Coleção Questões da Nossa Época).
- ANASTAS, P. T.; BEACH, E. S. **Green Chemistry Education**: changing the course of chemistry. eds. Washington: ACS, 2009. 232p. p. 1-18.
- ANASTAS, P., WARNER, J. **Green Chemistry**: theory and practice. New York: Oxford University Press, 1998. 135p.
- ANDRE, M. E. D. A. Estudo de caso: seu potencial na educação. **Cad. Pesq.** v. 49, p. 51-54, 1984.
- 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. **Quim. Nova**, v. 32, n. 9, p. 2476-2481, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.
- BARRETOS, E. S. S. (Coord.) **Professores do Brasil**: impasses e desafios. Brasília: UNESCO, 2009. 294p.
- BESSLER, K. E.; NEDER, A. V. F. **Química em tubos de ensaio**: uma abordagem para principiantes. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2004. p.193.
- 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. **Quím. Nova**, v. 35, n. 6, p. 1260-1263, 2012.
- BLEGER, J. **Psicologia da conduta**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1984. p.37-38.
- BODGAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc. 1982.
- BORGES, C. D.; SANTOS, M. A. Aplicações da técnica do grupo focal: fundamentos metodológicos, potencialidades e limites. **Rev. SPAGESP**, v. 6, n. 1, p. 74-80, 2005. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-29702005000100010&lng=pt&nrm=iso>. acesso em: 17 fev. 2010.
- BRASIL. Avaliação toxicológica do salicilato de metila (2005). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/informa/parecer_salicilato_metila.htm>. Acesso em: 11 out. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno, Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 de abril de 2002. Seção 1, p.31. Republicada por ter saído com incorreção do original no D.O.U. de 4 de março de 2002. Seção 1, p. 8. 2002b.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CP 9/2001 de 17 de janeiro de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, de 18 de janeiro de 2002, Seção 1, p.31.2002a.

BRASIL. Presidência da República. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 de dezembro de 1996. Seção 1, p. 27833-27841. 1996.
CAPES/UNIMEP, 2000.

CAAMAÑO, A. La Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo curriculum de ciencias. **Alambique**: didáctica de las Ciencias Experimentales. Barcelona, año II, n.3, p.4-6, Enero, 1995.

CAVALCANTI, E. C. A Resistência do Professor às Mudanças de Metodologia de Ensino. 1980. 177p. Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em psicologia. Centro de Pós-Graduação em Psicologia Instituto de Seleção e Orientação Profissional, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1980.

CETESB. Disponível in:
<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?Consulta=HIDR%D3XI DO%20DE%20AM%D4NIO> Acesso em: 15 jun. 2011.

CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, v. 23, n.22, p. 89-100, 2003.

CIOFFI, E. Esterification by microwave irradiation using activated carbon. In: KIRCHHOFF, M.; RYAN, M. A. **Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments**. Washington: American Chemical Society, 2002. p. 21.

CIRÍACO, M. G. S., A formação de professores de química: reflexões teóricas, evento, 2009. Disponível em:
http://www.ufpi.edu.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2009/GT.13/05_Maria%20das%20Gra%C3%a7as%20Silva%20Cir%C3%ADaco.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2012.

COLL, C.; MARTIN, E. e colaboradores. Aprender conteúdos e desenvolver capacidades. Porto Alegre: Artmed, 2004

COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; VALLS, E. Os Conteúdos na Reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

COLTRO, L. GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v. 18, n. 2, p. 119-125, 2008.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G.; **Química Verde**: fundamentos e aplicações. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar. 2009. 172 p.

CUNHA, S.; LUSTOSA, 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. **Quím. Nova**, v. 35, n. 3, p. 638-641, 2012.

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. **Quím. Nova**, v. 35, n. 3, p. 642-647, 2012.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, p. 287-312, 2000.

ECHEVERRÍA, A. R.; BENITE, A. M.; SOARES, M. H. F. B. A pesquisa na formação inicial de professores de Química: a experiência do Instituto de Química da Universidade federal de Goiás, evento, 2007. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/30ra/workshop%20UFG.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2013.

EMBRAPA AGROPECUARIA SUL, fala da reportagem/edição, JULIO PRESTES, (TPB Tristeza Parasitária Bovina. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=1QIB-SMp-lc>>. Acesso em: 11 out. 2011.

FARIAS, L. A; FAVARO, D. I. T. Vinte anos de Química Verde: conquistas e desafios. **Quím. Nova**, v. 34, n.6, p. 1089-1093, 2011.

FARIAS, C. R.; FREITAS, D. A ambientalização curricular na formação inicial de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias* v.8, p. 552-570, 2009.

FERREIRA, L. P.; MOREIRA, A. N.; DELAZARE, T.; OLIVEIRA, G. E.; SOUZA J. R., F. G. Petroleum absorbers based on CNSL, Furfural and lignin – the effect of the chemical similarity on the interactions among petroleum and bioresins. **Macromol. Symp.** v. 319, n.1, p. 210-221, 2012.

GOMES, R., DESLANDES, S. F., MINAYO, M. C. S. (Organizadora). **Pesquisa Social**: teoria, método e criatividade. 27 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 79, 2008.

FILGUEIRAS, C. A. L. PEREIRA, J. M. Químico: empírico do Brasil Colonial. **Quím. Nova**, v. 16, n. 2, p. 155-160, 1993.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. A importância da propriedade física dos polímeros na reciclagem. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 42-45, 2003.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência e 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. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, 2004

GATTI, B. A. **Formação de professores e carreira: problemas e movimentos de renovação**. 2ª Ed. Campinas: Autores Associados, 2000. 119p.

GUILHERMO, O. E. P.; TAROUCO, L. M. R.; ENDRES, L. A. M. O poder das simulações no ensino de hidráulica. **Novas Tecnologias na Educação**, v.3, n.1, 2005.

GONCALVES, F. P., MARQUES, C. A. A problematização das atividades experimentais na educação superior em química: uma pesquisa com produções textuais docentes – parte II. **Quím. Nova**, v. 35, n. 4, 837-843, 2012.

GONÇALVES, P. M.; PASSOS, L. M. F.; RIBEIRO, M. F. B. Detection of IgM antibodies against *Babesia bovis* in cattle. **Vet. Parasitol**, v. 82, p. 11-17, 1999.

GOODE e HATT, K. **Métodos em Pesquisa social**. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1968.

GOUVEA, L. R.; MACHADO, A. H.; Trilhando Caminhos para Compreender a Contextualização no ensino de Química. 2005. Monografia (conclusão de curso) - Graduação em Química Licenciatura, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GRANCE, E. G. O.; SOUZA, F. G.; VARELA, A.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, G. E.; RODRIGUES, C. H. M. J. New petroleum absorbers based on lignin-CNSL-formol magnetic nanocomposites. **Appl. Polym. Sci.**, v.126, n.S1, p. E305-E312, 2012.

HOLLAND, H.; YAMAURA, M.; SOUZA, J. S. Comportamento magnético de nanopartículas de magnetita sintetizadas por micro-ondas. Em: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, 21 a 25 de novembro de 2010, Campos do Jordão, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.ipen.br/biblioteca/2010/eventos/cbecimat/15836.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

HORN, S. C.; ARTECHE C. C. P. Situação parasitária da pecuária no Brasil. **Hora Vet.**, v. 23, p. 12-32, 1985.

IMBEL, Disponível em:<http://www.imbel.gov.br/dmdocuments/Eter_Etilico_Rev._02_ago_09.pdf>. Acesso em: 18 out, 2011.

KIRCHHOFF, M.; RYAN, M.A. Greener Approaches to undergraduate chemistry experiments, American Chemical Society, 2002.

LEAL, A. L.; MARQUES, C. A. O Conhecimento Químico e a Questão Ambiental na Formação de Docente. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 30-33, 2008.

LEE, J. D. **Química Inorgânica Não Tão Concisa**; Edgard Blücher: São Paulo, 1999.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. Green chemistry – Os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Quím. Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. Contextualização no Ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 26-29, 2000.

LÓPEZ, J. L. L., CERESO, J. A. L. **Educación CTS en acción**: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCÍA, M. I. G., CERESO, J. A. L., 1996.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MAAR, W. L. **À guisa de introdução**: Adorno e a experiência formativa. In. ADORNO, T. W. Educação e Emancipação. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995. p. 25.

MACHADO, A. A. S. C. Das dificuldades da Química Verde aos segundos doze princípios, **Química – Bol. S. P. Q.** v.110, p. 33-40, 2008.

MACHADO, A. A. S. C. Da gênese ao ensino da Química Verde. **Quím. Nova**, v. 34, n. 3, 535-543, 2011.

MALDANER, A. O. A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química. **Quím. Nova**, v. 22, n. 2, p. 289-292, 1999.

MANO, E. B.; SEABRA, A. P. **Práticas de química orgânica**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, p.101, 1987.

MARIA, T. M. R.; NUNES, R. M. D.; PEREIRA, M. M.; M. EUSÉBIO, E. S. Argilas como catalisadores verdes na esterificação do colesterol. Caracterização espectroscópica e identificação de polimorfos por métodos de análise térmica. Uma proposta laboratorial interdisciplinar para o 1º ciclo universitário. **Quím. Nova**, v. 32, n. 8, p. 2225-2229, 2009.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S. E LINDEMANN, R. H, Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. **Quím. Nova**, v. 30, n. 8, p. 2043-2052, 2007.

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. **Quím. Nova**, v. 35, n. 8, p. 1696-1699, 2012.

MARTINS, I. P. **O movimento CTS na Península Ibérica**. Aveiro: Universidade de Aveiro Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, 2000.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**: edição compacta. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

MELO, M. R.; VILLANI, A. Dificuldades dos licenciandos em adotar uma abordagem verde em seus projetos de ensino de química, associação brasileira de pesquisa em educação em ciências, atas do V ENPEC - nº 5. 2005.

MENDES S., J. A. de C. **Ensino de Ciências naturais na escola normal**: aspectos históricos. Teresina: EDUFPI, 2002.

MERAT, L. M. O. C.; SAN GIL, R. A. S. Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental. **Quim. Nova**, v. 26, n. 5, p. 779-781, 2003.

MÉSZÁROS, Istvan. **Marx: A Teoria da Alienação**. Tradução Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Zahar Editores, p. 273, 1981.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, v. 22, n.37, p. 7-32, 1999.

MOSELEY, J. D.; KAPPE, C. O. A critical assessment of the greenness and energy efficiency of microwave-assisted organic synthesis. **Green Chemistry**, v.13, p.794-806, 2011.

MUROWANIECKI, G.; BLANCO, O.; MALTY, M.; RIOS, L. Derramamento de petróleo no golfo do México, trabalho de Biologia - Escola La Salle DF., 2010 disponível nos sites <http://www.youtube.com/watch?v=mqx_dFMCoFI>, acesso em: 5 jun. 2011. <<http://www.youtube.com/watch?v=POLzzWkiWSY>>, acesso em: 5 jun. 2011. <<http://www.youtube.com/watch?v=MBV6-UPpLIQ>>, acesso em: 5 jun. 2011.

NOVELINO, A. M. S; DAEMON, E.; SOARES G. L. G. Avaliação da atividade repelente do timol, mentol, salicilato de metila e ácido salicílico sobre larvas de *Boophilus microplus*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, n.3, p.700-704, 2007.

OLABUENAGA, J. I. R., ISPIZUA, M. A. **La descodificacion de La vida cotidiana**: métodos de investigacion cualitativa. Bilbao, Universidad de deusto, 1989.

OLIVEIRA, R. C., Química e cidadania: uma abordagem a partir do desenvolvimento de atividades experimentais investigativas, dissertação de mestrado na UFSCar, São Carlos, 2009.

OMORI, A. T.; PORTAS, V. B.; OLIVEIRA, C. Redução enzimática do 4-(dimetilamino) benzaldeído com pedaços de cenoura (*daucus carota*): um experimento simples na compreensão da biocatálise, **Quím. Nova**, v. 35, n. 2, p. 435-437, 2012.

ORTIZ, N. Estudo da utilização da magnetita como material adsorvedor dos metais de Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} e Cd^{2+} em solução. Teses de doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – aplicações, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 2000. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde.../nilceortiz.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2012.

PANIZZOLO, L.; PISTÓN, M.; TERÁN, M.; TORRE, M. H.. Aportes de la Química al Mejoramiento de la Calidad de Vida, Primera edición: julio 2012. Acesso em: 10 jan 2013, <http://www.unesco.org.uy/educacion>

PEREIRA, J. E. D. **Formação de professores: pesquisa, representações e poder.** Belo Horizonte: Autentica, 2000.

PEREIRA, R. C. C.; MACHADO, A. H.; SILVA, G. G. Reconhecendo o PET. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 3-5, 2002.

PINTO, A. C.; ZUCCO, C.; ANDRADE, J. B.; VIEIRA, P. C. Recursos humanos para novos cenários. **Quím. Nova**, v. 32, n. 3, p. 567-570, 2009.

PLASTIVIDA, Reciclagem Mecânica. disponível em <http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Mecanica.aspx>, Acesso em: 16 abril 2011.

PRADO, A. G. S. Química Verde: os Desafios da Química no Novo Milênio, **Quím. Nova**, v.26 n.5, p. 738-744, 2003.

QUAGLIANO, J. V., VALLARINO, L. M. **Química.** Editora Guanabara Dois S.A.: Rio de Janeiro, 3º edição, 1979.

REBELLATO, C., MACHADO, E. M. – UTP, Formação docente para a educação superior: aspectos da formação na contemporaneidade, 2006.

<<http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2006/anaisEvento/docs/CI-199-TC.pdf>> acesso em: 03 jan. 2013.

RIBEIRO, M. G. T. C; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para a avaliação holística da verduza de reações laboratoriais “Estrela Verde”. **Quím. Nova**, v. 33, n.3, p. 759-764, 2010.

REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-30, 2005.

RODRIGUES, D. B.; MENDES SOBRINHO, J. A. C. A formação de professores no Brasil. In: Formação de Professores e Práticas Docentes: olhares contemporâneos. MENDES SOBRINHO, J. A. C., CARVALHO, M. A. (org.). Belo Horizonte: autentica, 2006. p. 87-108.

ROS CLAVELL, I.; **La simulación y/o el juego de rol como estrategia para comunicar ciencia: Proyecto APQUA;** en Pinto Cañón; Didáctica de la Química y vida cotidiana; Universidad Politécnica de Madrid: España;. pág. 233-238, 2003.

ROSINI, F., NASCENTES, C. C. e NÓBREGA, J. A. – Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. **Quím. Nova**, v. 27, n. 6, p. 1012-1015, 2004.

SIGMA-ALDRICH. Desenvolvendo Ciências, p. 224, 1431, 2010. <<http://www.sigmaaldrich.com/brazil.html>> Acesso em: 20 jun. 2011.

ROSSI, A.V. TERCI, D.B.L.; TERRA, J.; PINHEIRO, T.A.L. **Separando e identificando alguns plásticos.** Campinas: Unicamp. 2005. p. 1-4.

SANMARTÍ, N.; **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria.** España: Editorial Síntesis Educación, 2002.

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. **Quim. Nova**, v. 32, n. 6, p. 1667-1669, 2009.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de 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.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P., Função social: o que significa ensino de Química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, v.4, p. 28-34, 1996.

SÃO PAULO. Proposta curricular para o ensino de Química: 2º grau, 1992.

SCHNETZLER, R. P. O professor de Ciências: problemas e tendências de sua formação. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. de. (orgs.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Piracicaba, CAPES/PROIN/UNIMEP, 2000. 182p.

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. **Quim. Nova**, v. 35, n. 10, p. 2067-2071, 2012.

SOLBES, J. Y A. VILCHES. El profesorado y las actividades CTS. **Alambique**. Didáctica de las Ciencias Experimentales, n. 3, 30–38, 1995.

SOPA PLÁSTICA: LIXÃO DO OCEANO PACÍFICO (FANTÁSTICO – REDE GLOBO), <http://www.youtube.com/watch?v=XwvYzmk-NjY>, acessada em abril de 2011.

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. **Quim. Nova**, v. 35, n. 9, p. 1891-1894, 2012

SPINACE, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. “A tecnologia da reciclagem de polímeros.” **Quim. Nova**, v. 28, n.1, p. 65-72, 2005.

STAKE, R. E. Pesquisa qualitativa/naturalista – Problemas Epistemológicos. **Educação e Seleção**, v.7, p. 19 – 27, 1983.

TARDIF, M. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

TRISTEZA PARASITÁRIA BOVINA (TPB)
(<http://www.youtube.com/watch?v=1QIB-SMp-lc>, acessada em novembro de 2011)

TROST, Barry M. The atom economy – A search for synthetic efficient. **Science**, v. 254, n. 5037, p. 1471-1477, 1991.

USP - RECICLA. **Da pá virada**: revirando o tema lixo. São Paulo: Agencia USP de Inovação. 2007.

VARELA, A.; OLIVEIRA, G.; SOUZA, F. G.; RODRIGUES, C. H. M.; COSTA, M. A. S. New petroleum absorbers based on cadano-furfuraldehyde magnetic nanocomposite. **Polym. Eng. Sci.**, v.53, n.1, p. 44-51, 2013.

VILHENA, A. **Guia de coleta seletiva de lixo**, 1. ed. CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem ed.: São Paulo 1999, p26.

WOLCOTT, H. **Transforming qualitative data: description, analysis, and interpretation**. London: Sage Publication, 1994.

ZABALA, A. **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em aula**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

ZANON, I. B. e PALHARINI, E. M. A Química no ensino fundamental de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 2, p. 15-18, 1995.

ZUIN, V. G. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química**. Campinas-SP: Ed. Átomo, 2011. (p. 24-25-35-37).

ZUIN, V. G.; PACCA, J. L. A. A ambientalização curricular e a formação inicial de professores de química: um estudo de caso brasileiro. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 2330-2330, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE 01

Roteiro Experimental

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Mestranda: Dorai Periotto Zandonai

Experiência

Identificação de polímeros (plásticos)

Objetivo da experiência: Separar e identificar amostras de polímeros por meio de suas densidades, e por método de flutuação.

Objetivos de ensino: Realizar a separação de amostras poliméricas (plásticos); identificar os tipos de polímeros, de acordo com a norma ABNT (NBR 13230; 1994) e completar o fluxograma referente à experiência; caracterizar a amostra desconhecida.

Materiais e reagentes:

Balança de pesagem	Solução alcoólica (52% etanol/água)
Béquer de 150 mL	Solução saturada de NaCl
Proveta de 50 mL	Papel absorvente
Frasco lavador (Pisseta)	Amostras de diferentes plásticos:
Pinça de metal	1- PET, 2 - PEAD, 3 - PVC, 5 - PP, 6- PS

Procedimento experimental:

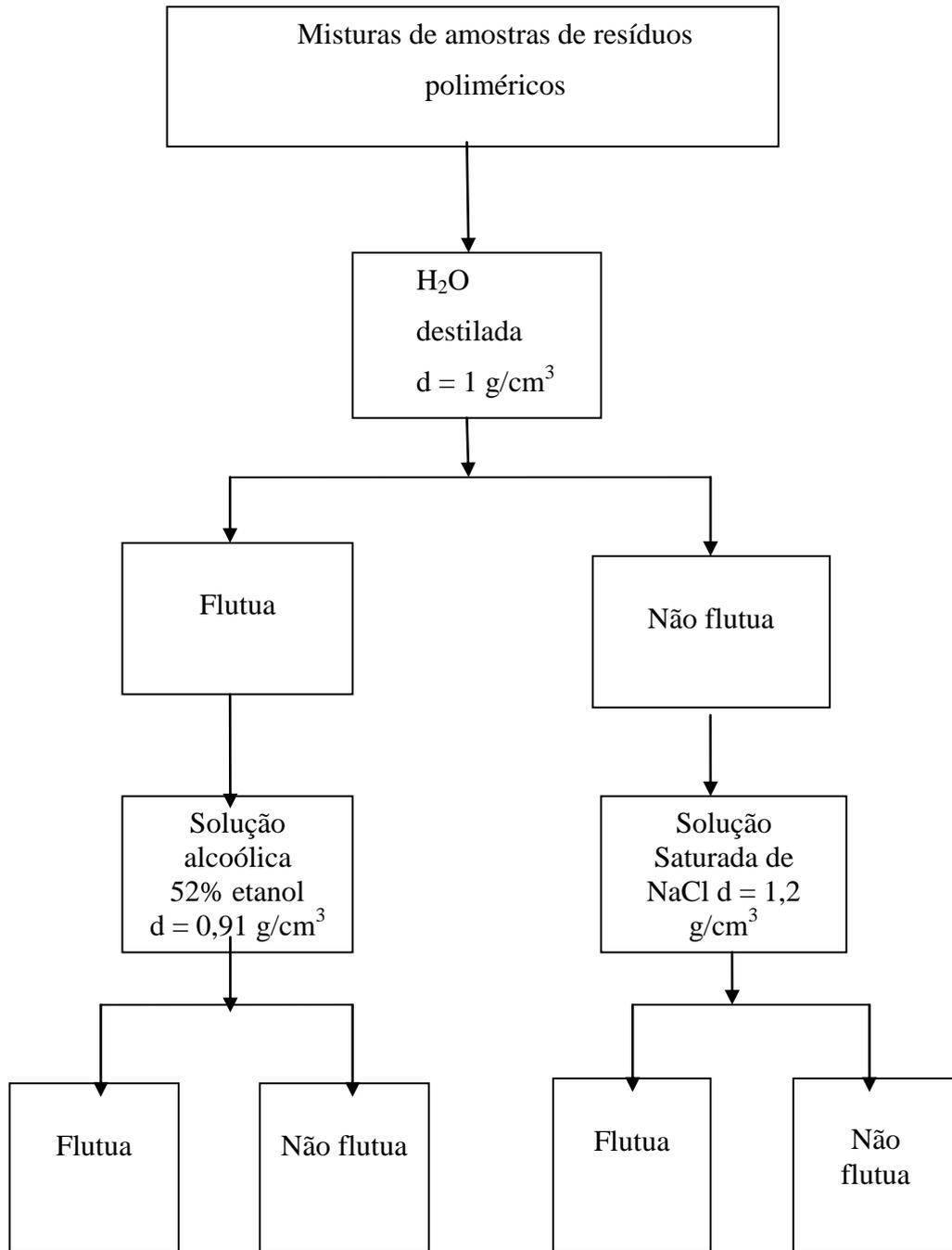
- 1) Observe e manipule as diversas amostras poliméricas recebidas (pedaços de embalagens plásticas como garrafas de refrigerantes, frascos de produtos de limpeza, copos descartáveis, etc.);
- 2) Com o auxílio de uma pinça, pese as amostras, anote seu peso.
- 3) Adicione em 3 béqueres de 100 mL:

- 60 mL de água destilada
- 60 mL cloreto de sódio saturado/água
- 60 mL 52% de etanol/água

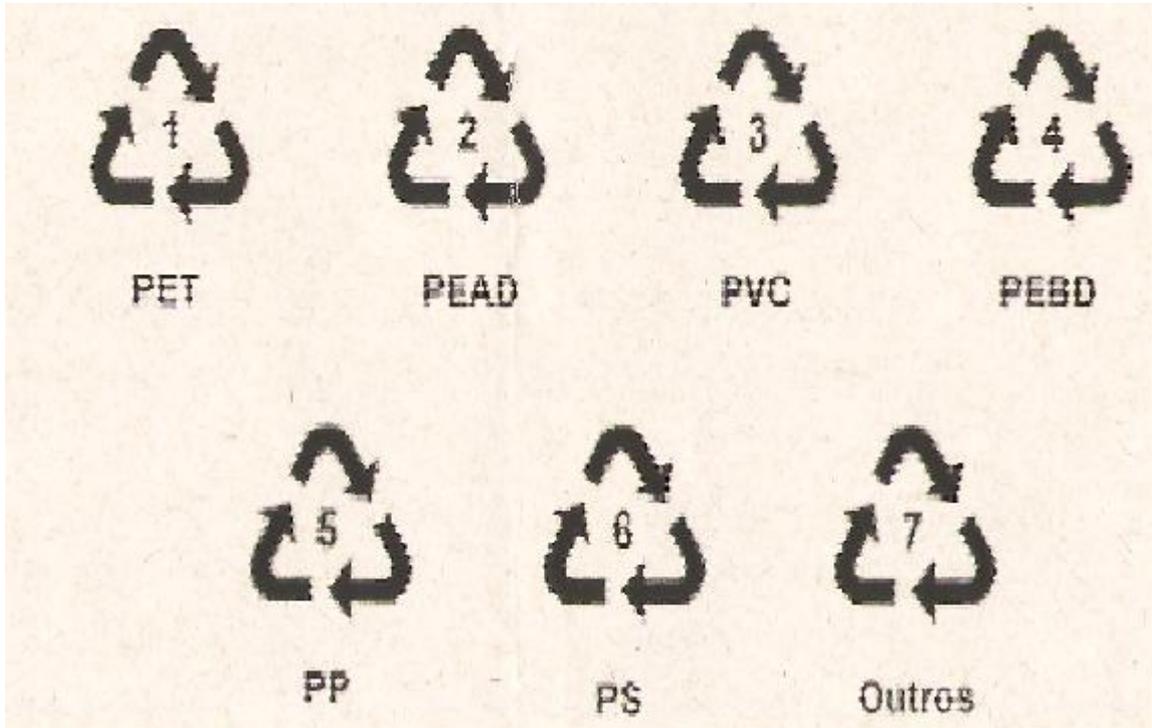
Com auxílio de uma pinça adicione no Béquer com água, as amostras de plásticos, teste uma de cada vez. Anote as suas observações com relação ao comportamento das amostras, considerando a densidade da água ($d = 1,0 \text{ g/mL}$), qual flutua e qual não flutua (afunda), anote as cores dos plásticos. Reserve os plásticos que flutuam.

- 4) As amostras que flutuaram em água destilada, transferi-las para um Béquer contendo uma solução alcoólica (52% de etanol/água), considerando a sua densidade ($d = 0,91 \text{ g/mL}$). Anote as suas observações com relação ao comportamento das amostras nessa solução. Inicie a ordenação dos plásticos de acordo com as respectivas densidades (Tabela 1);
- 5) Adicione as amostras que não flutuaram (afundaram) em água destilada, em uma solução saturada de NaCl ($d = 1,2 \text{ g/mL}$). Procure identificar o material que flutuou com base nas informações disponíveis na Tabela 1.
- 6) Com base nas características como flexibilidade e rigidez das duas últimas amostras que afundaram nessa solução de NaCl solução saturada, faça a diferenciação de acordo com os dados apresentados na Tabela 1.
- 7) Com auxílio de uma pinça, introduza a nova amostra fornecida (neste momento, solicite-a à pesquisadora) e a amostra mais rígida que não afundou a uma proveta de 100 mL, contendo 95 mL de água destilada e observe o volume deslocado. Anote os valores dos volume deslocados dos materiais e calcule, considerando as massas dos mesmos, as correspondentes densidades.
- 8) Determine a identidade do material rígido e a densidade da nova amostra desconhecida fornecida pelo pesquisador. Com base nos dados encontrado na Tabela 1, caracterizar os materiais poliméricos desconhecidos.
- 9) Após separar e identificar as amostras, preencha o fluxograma com a identificação de cada amostra.

Fluxograma :



Simbologia utilizada para a identificação de embalagens poliméricas



- 1 - PET= Poli (tereftalato de etileno),
- 2 - PEAD= polietileno de alta densidade,
- 3 - PVC= poli (cloreto de vinila),
- 4 - PEBD= polietileno de baixa densidade,
- 5 - PP= polipropileno,
- 6 - PS= poliestireno.
- 7 - Outros

Fonte: Simbologia utilizada para a identificação de embalagens poliméricas, segundo norma NBR 13.230 (ABNT). Adaptado de SPINACE, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Quim. Nova**, São Paulo, v.28, n.1, p.65-72, 2005.

Tabela 1: Densidade de alguns polímeros (sítio *MAST*).

Polímeros	Densidade / (g/cm ³)
Poli(tereftalato de etileno) PET	1.29-1.40
Poli(etileno) de alta densidade - PEAD	0.952-0.965
Poli(cloreto de vinila) PVC (rígido)	1.30-1.58
Poli(cloreto de vinila) PVC (flexível)	1.16-1.35
Poli(etileno) de baixa densidade - PEBD	0.917-0.940
Polipropileno (PP)	0,900-0.910
Poliestireno (PS) (sólido)	1.04-1.05
Poliestireno (PS) (espuma)	Menor que 1.00

Fonte: Adaptado de MARCONATO, J.C.; FRANCHETTI, 2003

Referências Bibliográficas:

- (1) SPINACE, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Quim. Nova**, São Paulo, v.28, n.1, p.65-72, 2005
- (2) ROSSI, A.V. TERCI, D.B.L.; TERRA, J.; PINHEIRO, T.A.L. **Separando e identificando alguns plásticos**. Campinas: Unicamp. 2005. p. 1-4.
- (3) PEREIRA, R. C. C.; MACHADO, A. H.; SILVA, G. G. Reconhecendo o PET. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 3-5, 2002.
- (4) USP - RECICLA. Da pá virada: revirando o tema lixo. São Paulo: Agencia USP de Inovação. 2007.
- (5) PLASTIVIDA, Reciclagem Mecânica. disponível em <[http:// www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Mecanica. aspx](http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Mecanica.aspx) > Acesso em 16 de abril 2011
- (6) COLTRO, L. GASPARINO, B.F.; QUEIROZ, G.C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.18, n.2, p. 119-125, 2008.
- (7) Adaptado de MARCONATO, J.C.; FRANCHETTI, s.m. A importância das propriedades físicas dos polímeros na reciclagem. **QNEsc**, São Paulo, n. 18, p.42-45, 2003.

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.
Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin
Mestranda: Dorai P. Zandonai

Questionário

Identificação de Polímeros (Plásticos)

Nome: _____

Idade: _____

1. Quando abordamos uma temática controversa como o modo de produção e amplo uso de polímeros em nossa sociedade, de que forma a Química pode contribuir para seu enfrentamento e proposição de alternativas à questão? Por que?
2. A prática é relevante para ser colocado nessa disciplina?
3. As principais diretrizes para a prática química voltada a sustentabilidade constituem os chamados doze princípios da Química Verde, a saber: 1) prevenção; 2) economia de átomos; 3) reações com compostos de menor toxicidade; 4) desenvolvimento de compostos seguros; 5) diminuição do uso de solventes e auxiliares; 6) eficiência energética; 7) uso de substâncias renováveis; 8) evitar a formação de derivados; 9) catálise; 10) desenvolvimento de compostos degradáveis; 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12) química segura para a prevenção de acidentes. Em sua opinião, o experimento contemplou esses princípios? De que forma?
4. A proposta foi facilmente executada? Você mudaria algo?
5. Que conteúdos foram discutidos na mesma?

APÊNDICE 02

Roteiro Experimental

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Mestranda: Dorai Periotto Zandonai

Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d'água Impactados por Derramamento de Petróleo

Objetivo: Sintetizar um composto magnético (magnetita- $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}_2\text{O}_4$) utilizando reação de precipitação em meio aquoso. Conhecer algumas propriedades características do composto magnético.

Objetivo de Ensino: Manipular equipamentos típicos de laboratório, realizar uma reação de precipitação, separação (filtração / magnética). Calcular o rendimento. Simular a remediação de corpos d'água impactados por derramamento de petróleo por meio de um material magnético.

Materiais e reagentes:

- Banho-maria
- Termômetro graduado
- Proveta de 10 mL
- Tubo de ensaio
- Pipeta de Pasteur
- Pipeta graduada de 5 mL
- Erlenmeyer de 125 mL
- Funil analítico
- Papel de filtro
- Pinça de madeira
- Sulfato de ferroso ou de ferro II ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Sulfato férrico amoniacal ($\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
- Solução aquosa de hidróxido de Amônio (NH_4OH)
- Amido de milho
- Óleo de cozinha usado
- Água
- Etanol
- Óleo
- Cadinho de porcelana
- Espátula

- Vidro relógio
- Peneira
- Béquer de 100 mL

Cuidados e Descartes:

Hidróxido de amônio - para pequenas quantidades: adicionar, cuidadosamente, bastante água, sob agitação. Ajustar o pH para neutro. Separar quaisquer sólidos ou líquidos insolúveis e acondiciona-los para disposição como resíduos perigosos. Drenar a solução aquosa para o esgoto, com muita água. As reações de hidrólise e neutralização podem gerar calor e fumos, que podem ser controlados pela velocidade de adição. Recomenda-se o acompanhamento por um especialista do órgão ambiental (CETESB, 2011).

Procedimento Experimental:

Primeira Parte: Preparo da magnetita

- Coloque 4 mL da solução de sulfato férrico amoniacal 0,1806 mol/L e 4 mL da solução sulfato ferroso 0,0864 mol/L em um tubo de ensaio misturando bem;
- Adicione ao tubo rapidamente 10 mL de solução aquosa de hidróxido de amônia 1%;
- Aqueça o tubo de ensaio em banho-maria (80-90 °C) durante 5 min;
- Aproxime um ímã pela lateral do tubo e observe o comportamento das partículas;
- Decante o precipitado com ajuda de um ímã e reserve o sobrenadante para o descarte.
- Adicione cerca de 5 mL de H₂O, agite a mistura e filtre-a no funil analítico;
- Ao terminar a filtração, lave o precipitado com cerca de 5 mL de etanol;
- Coloque no vidro relógio e seque em estufa a 110 °C por aproximadamente 5 min.
- Verifique a propriedade ferromagnética do produto seco, movimentando um ímã por baixo do papel.
- Anote suas observações.

Segunda Parte: Simulação da remediação de corpos d' água e recuperação do óleo

- Num cadinho de porcelana, misture a magnetita a uma quantidade igual de amido de milho.
- Em um bequer de 100 mL, adicione 100 mL de água, adicione uma ponta de espátula de óleo comestível.

- Pulverize com o auxílio de uma peneira a mistura de magnetita e amido na mancha de óleo.
- Utilizando um ímã, aproxime nas bordas do bequer e ver a movimentação da mancha em seguida aproxime o ímã da mancha para a remoção do óleo.

Referências Bibliográficas:

1. Disponível em:
<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=HIDR%D3XIDO%20DE%20AM%D4NIO> Acesso em 15 jun 2011.
2. BESSLER, K. E.; NEDER, A. V. F. **Química em tubos de ensaio**: Uma abordagem para principiantes. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
3. <<http://www.youtube.com/watch?v=POLzzWkiwsY> >
4. <http://www.youtube.com/watch?v=mqx_dFMCoFI >
5. <<http://www.youtube.com/watch?v=MBV6-UPpLIQ> >

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Mestranda: Dorai Periotto Zandonai

Questionário**Preparação de um Composto Magnético e Simulação/Remediação de Corpos d'água Impactados por Derramamento de Petróleo**

Nome :

Idade:

1. O experimento é relevante para essa disciplina?
2. As principais diretrizes para a prática química voltada à sustentabilidade socioambiental constituem os chamados doze princípios da Química Verde, a saber: 1) prevenção; 2) economia de átomos; 3) reações com compostos de menor toxicidade; 4) desenvolvimento de compostos seguros; 5) diminuição do uso de solventes e auxiliares; 6) eficiência energética; 7) uso de substâncias renováveis; 8) evitar a formação de derivados; 9) catálise; 10) desenvolvimento de compostos degradáveis; 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12) química segura para a prevenção de acidentes. Em sua opinião, o experimento contemplou esses princípios? De que forma?
3. A proposta foi facilmente executada? Você mudaria algo?
4. Que conteúdos foram discutidos na mesma?
5. Qual a importância da química para o conhecimento e preservação do meio ambiente?

APÊNDICE 03

Roteiro Experimental

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Mestranda: Dorai Periotto Zandonai

Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Objetivo: Sintetizar salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas, usando carvão ativo como catalisador.

Objetivo de Ensino: Realizar uma reação de esterificação em micro-ondas, separar líquidos imiscíveis usando um funil de separação, usar um evaporador rotativo e conhecer o estudo da substância sintetizada e sua aplicação como repelente de larvas de *Boophilus microplus*.

Materiais e Reagentes:

- Ácido salicílico
- Metanol
- Carvão ativo
- Ácido p-tolueno sulfônico
- Éter etílico
- Bicarbonato de sódio
- Forno de micro-ondas
- Frasco de reação com septo
- Funil de separação 60 mL
- Pipeta de Pasteur
- Algodão
- Béquer de 50 mL
- Balão de fundo redondo de 25 mL
- rotaevaporador

Cuidados e Descartes:

Tanto o éter etílico e quanto o catalisador serão recuperados. O éter etílico é um líquido inflamável e muito volátil. Seus efeitos são decorrentes de sua ação no sistema nervoso central. Em contato com os olhos causa forte irritação, provocando inflamação crônica nas membranas das mucosas. Em função da frequência e duração da exposição do éter

etílico em contato com a pele, causa dermatite seca e escamosa. A inalação do éteretílico continuamente resultará numa crescente secreção dos brônquios (IMBEL, 2009). A solução contendo bicarbonato de sódio será neutralizada e descartada em esgoto comum.

Procedimento Experimental:

Preparação do catalisador

O íon H^+ necessário para catalisar a reação é fornecido por ácido p-toluenosulfônico impregnado em carvão ativado. Para fazer esta catálise, seque o carvão ativo por uma noite à $120^{\circ}C$ e esfrie-o num dessecador. Agite 5 g de carvão ativo em 20 mL de solução aquosa de ácido p-toluenosulfônico 25% (peso/volume). Remova a água do catalisador por evaporação, seque em forno a $50^{\circ}C$ durante vários dias. Uma vez a água removida, o catalisador deve ser estocado em um dessecador para ser usado posteriormente.

Síntese do salicilato de metila

- Pese 122 mg de ácido salicílico e 500 mg do catalisador seco.
- No frasco de reação, adicione o ácido salicílico e o catalisador seco, misture bem.
- Adicione 350 μ L (microlitros) de metanol utilizando uma pipeta de 1 mL. Agite cuidadosamente por 1 minuto.
- Para aliviar a pressão do frasco reator, faça uso de um septo de borracha atravessado por um capilar de vidro.
- Irradie a mistura no micro-ondas na potência alta por aproximadamente 30 segundos. Cuidadosamente, remova o frasco de reação do forno de micro-ondas. Esfrie a mistura em temperatura ambiente.
- Fixe um funil de separação com auxílio de uma garra em um suporte universal. faça a extração do produto usando 3 porções de 2 mL de éteretílico. Adicione diretamente o solvente no frasco de reação; feche e agite. Filtre cada porção através de algodão envolvido na ponta de uma pipeta de Pasteur. Repita a filtração nas 3 porções, separando, assim o catalisador.
- Em um funil de separação de 60 mL, lave os filtrados combinados por 3 vezes com porções de 2 mL de solução aquosa de bicarbonato de sódio 5 %.
- Descarte a fase aquosa de bicarbonato de sódio. Retorne a fase orgânica para o funil de separação e lave-a com água destilada. Descarte a fase aquosa.

- Evapore o solvente usando um rotaevaporador. Pese o produto e calcule o rendimento.

Referências Bibliográficas:

- BRASIL. Avaliação toxicológica do salicilato de metila (2005). Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/informa/parecer_salicilato_metila.htm>. Acesso em 11 out. 2011.
- CIOFFI, E. Department of Chemistry University of South Alabama Mobile, AL, 36688.
- EMBRAPA AGROPECUARIA SUL, fala da reportagem/edição, JULIO PRESTES, (TPB Tristeza Parasitária Bovina. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=1QIB-SMp-lc>>. Acesso em 11 out. 2011.
- HORN, S.C.; ARTECHE C.C.P. Situação parasitária da pecuária no Brasil. **Hora Vet.**, v.23, p.12-32, 1985.
- IMBEL, Disponível em:<http://www.imbel.gov.br/dmdocuments/Eter_Etilico_Rev._02_ago_09.pdf>. Acesso dia 18 out.2011.
- KIRCHHOFF, M.; RYAN, M.A. Greener Approaches to undergraduate chemistry experiments, *American Chemical Society*, 2002.
- NOVELINO, A. M. S; DAEMON, E.; SOARES G.L.G. Avaliação da atividade repelente do timol, mentol, salicilato de metila e ácido salicílico sobre larvas de *Boophilus microplus*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.59, n.3, p.700-704, 20

TÉCNICAS BÁSICAS EM QUÍMICA

Terça-feira, das 19h às 23h.

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Mestranda: Dorai Periotto Zandonai

Questionário

Síntese do salicilato de metila por esterificação realizada com irradiação por micro-ondas

Nome:

Idade:

1. Qual a importância da introdução de contextualização e problematização nos experimentos de química?
2. A prática é relevante para a disciplina Técnicas básicas de Química?
3. A proposta foi facilmente executada? Você mudaria algo?
4. Que conteúdos foram discutidos na mesma?
5. Qual a importância da química para o conhecimento e preservação do meio ambiente?
6. As principais diretrizes para a prática química voltada a sustentabilidade constituem os chamados doze princípios da Química Verde, a saber: 1) prevenção; 2) economia de átomos; 3) reações com compostos de menor toxicidade; 4) desenvolvimento de compostos seguros; 5) diminuição do uso solventes e auxiliares; 6) eficiência energética; 7) uso de substâncias renováveis; 8) evitar a formação de derivados; 9) catálise; 10) desenvolvimento de compostos degradáveis ; 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12) química segura para a prevenção de acidentes. Em sua opinião, este experimento contemplou alguns desses princípios? Quais? De que forma?

APÊNDICE 04
Entrevista

2º/2011

Terça-feira, 8 de novembro (14 - 18h)

Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin

Doraí P. Zandonai

Nome:

Idade:

1. Para vocês, qual é o papel da contextualização e/ou problematização para a condução dos conteúdos abordados no experimento?
2. A prática é relevante para ser colocada na disciplina Técnicas básicas de Química? Por que?
3. A proposta foi facilmente executada? O que vocês mudariam e por quê?
4. Que conteúdos foram discutidos na mesma?
5. Como a química pode atuar para ampliar o conhecimento acerca das questões ambientais?
6. Os conteúdos abordados no experimento enfocam as dimensões científica, tecnológica e social? De que maneira?
7. Como vocês definem a Química Verde?
8. As principais diretrizes para a prática química voltada a sustentabilidade constituem os chamados doze princípios da Química Verde, a saber: 1) prevenção; 2) economia de átomos; 3) reações com compostos de menor toxicidade; 4) desenvolvimento de compostos seguros; 5) diminuição do uso solventes e auxiliares; 6) eficiência energética; 7) uso de substâncias renováveis; 8) evitar a formação de derivados; 9) catálise; 10) desenvolvimento de compostos degradáveis ; 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição; 12) química segura para a prevenção de acidentes. Os experimentos da disciplina contemplaram alguns desses princípios? Quais? De que forma?
9. O fato do desenvolvimento da prática e a redação dos relatórios serem ou não considerados para a avaliação discente influencia, em alguma medida, o envolvimento, interesse e participação nas propostas experimentais?

ANEXOS

ANEXO 01

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Prezado(a) estudante,

1. Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa: "A inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: Um estudo de caso".

2. Você foi selecionado pelo fato de que, no ano de 2011, você está cursando a disciplina Técnicas Básicas, foco deste trabalho de pesquisa, e sua participação não é obrigatória.

3. Os objetivos deste estudo são: produzir uma série de módulos para a inserção de conteúdos já previstos na ementa de uma disciplina de caráter experimental do curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCAR, por meio da perspectiva da Química Verde; permitir, por meio do material desenvolvido, que os estudantes pensem sobre os desafios propostos em termos de possibilidades de solução das questões apresentadas; possibilitar o trabalho em grupo entre os estudantes e a consciência de coletividade; transformar o ensino de Ciências num processo motivante para docentes e discentes; possibilitar ao educando situações alternativas que promovam o aprendizado de conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais.

4. A sua participação nesta pesquisa consistirá em responder um questionário estruturado e/ou ser entrevistado. Sinta-se livre para expressar sua opinião porque não há respostas certas ou erradas.

5. Os riscos relacionados à sua participação na pesquisa podem envolver cansaço e possivelmente insatisfação, mas diante de quaisquer sinais da ocorrência de alguma dessas situações você poderá suspender a sua participação na pesquisa.

6. Os benefícios relacionados com a sua participação visam o repensar das práticas da Química com respeito aos seus efeitos ao ambiente e à saúde humana, por meio de uma revisão de experiências de laboratório em uma disciplina.

7. Você pode retirar seu consentimento a qualquer momento, encerrando a sua participação nesta pesquisa.

8. Sua recusa em participar não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora (Dorai Periotto Zandonai) ou com a instituição (UFSCar).

9. As informações obtidas por meio desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.

10. No futuro, caso os dados sejam divulgados em eventos e periódicos científicos, isso será feito de modo a preservar a identidade dos participantes na pesquisa.

11. No final do trabalho a pesquisadora se compromete a divulgar os resultados para os participantes da pesquisa.

12. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Dorai Periotto Zandonai – Mestranda

doraiperiotto@yahoo.com.br e dorai@dq.ufscar.br

Departamento de Química – fone: (16)3351-8072

Universidade Federal de São Carlos

Programa de Pós-Graduação em Química - Curso de Mestrado Profissional em Química

Área de Concentração Ensino.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. A pesquisadora me informou que o projeto de pesquisa já foi enviado para o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, e que está aguardando o seu parecer. O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

São Carlos, ____ de _____ de _____

Assinatura do estudante

ANEXO 02

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS**

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

cephuman os@power.ufscar.br http://www.proRa_ufscar.br**Parecer N° 384/2011****Título do projeto:** A inserção da Química Verde no curso de licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso**Área de conhecimento:** 1.00 - Ciências Exatas e da Terra / 1.06 - Química**Pesquisador Responsável:** DORAI PERIOTTO ZANDONAI**Orientador:** Vânia Gomes Zuin**CAAE:** 0086.0.135.000-11 **Processo número:** 231.12.00126412011-32 **Grupo:** III**Conclusão**

As pendências apontadas no Parecer n°. 2}912011 foram satisfatoriamente resolvidas.

Projeto aprovado.

Atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96- Item IV.I.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d),
- O sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE- apondo sua assinatura na última página do referido Termo.
- O pesquisador responsável deverá da mesma forma rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE- apondo sua assinatura na última página do referido Termo.
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata. 4 O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou furos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e

enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer "probatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res.251/97, item III.2.e).

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP. inicialmente dentro de 1 (um) ano à partir desta dada e ao término do estudo.

São Carlos, 24 de outubro de 2011.

Prof. Dr. Daniel Vendruscolo

Coordenador do CEP/UFSCar

Parec-Aprov.2011-384-Impresso em 24/10/2011 21:01:22