

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

**QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA:  
ESTUDO DE CASO SOBRE AS PRÁTICAS VIGENTES  
EM UMA IES PAULISTA**

**Karla Carolina Saqueto\***

Tese apresentada como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
DOUTOR EM CIÊNCIAS, área de  
concentração: QUÍMICA

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vânia Gomes Zuin**

**\* bolsista CAPES**

**São Carlos - SP  
2015**

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

S242qv Saqueto, Karla Carolina.  
Química verde no ensino superior de química : estudo de caso sobre as práticas vigentes em uma IES paulista / Karla Carolina Saqueto. -- São Carlos : UFSCar, 2015.  
266 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2015.

1. Química - estudo e ensino. 2. Química verde. 3. Educação. 4. Contextualização. 5. Experimentação. I. Título.

CDD: 540.7 (20<sup>a</sup>)

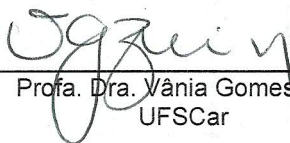


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Química


Folha de Aprovação

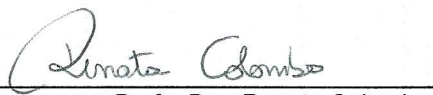
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Karla Carolina Saqueto, realizada em 06/03/2015:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Karina Omuro Lupetti  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Dulcimeire Aparecida Volante Zanon  
UFSCar

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Cristina Aparecida Diagone Fontana de Souza  
Nature Lab

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Renata Colombo  
USP

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por saber sempre o que é melhor para minha vida.

À Profa. Dra. Vânia Gomes Zuin pela orientação durante esses anos, aos seus sábios ensinamentos e conselhos em momentos difíceis.

À MSc. Dorai Periotto Zandonai pela ajuda em indeterminados dias de laboratório, pela grande amizade e por aceitar ser minha madrinha de casamento.

Ao meu marido José Mário Galdezzani Junior pelo amor, carinho, paciência e principalmente por me incentivar dizendo que eu era capaz.

Ao meu irmão Alan Eduardo Saqueto e aos meus pais José Antônio Saqueto e Lúcia Pascoalina da Silva Saqueto, pela felicidade e orgulho que demonstram por meio de pequenos gestos.

Aos(às) docentes e estudantes que fizeram parte desta pesquisa e muito contribuíram para o resultado final.

Às professoras que fizeram parte da banca pelas contribuições.

À Angélica Ellen Graminha pelo incentivo e ajuda nos estudos para que eu ingressasse no doutorado e principalmente pela amizade verdadeira.

À minha ex-orientadora Profa. Dra. Ana Marta Ribeiro Machado por ter me iniciado na carreira acadêmica.

À minha professora Dra. Rosebelly Nunes Marques e ao meu professor Dr. Mitsukimi Tsunoda, docentes que serão sempre referência para meu trabalho.

Às professoras Dra. Karina Omuro Lupetti e Dra. Maria Fátima das Graças Fernandes da Silva pelas contribuições e gentileza.

Às amigas e aos amigos do Grupo de pesquisa GPQV, Fábio Fontana de Souza, Ana Paula Lopes, Anieli Pianheri, Sandra Abreu, Silvia Bernardinelli, Marisa Vieira, Andreia Pereira Matos, Milena Avancini e Thiago Mendonça pelas agradáveis conversas e discussões de texto, até mesmo pela troca de e-mails.

Ao Departamento de Química e à secretaria de Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos.

À CAPES pelo apoio financeiro.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACS: Sociedade Americana de Química - *American Chemical Society*

CGEE: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CNUMAD: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTS: Ciência - Tecnologia - Sociedade

CTSA: Ciência - Tecnologia - Sociedade - Ambiente

EA: Educação Ambiental

EBQV: Escola Brasileira de Química Verde

EPA: *Environmental Protection Agency*

EQV: Educação em Química Verde

ERIC: *Education Resources Information Center*

EV: Estrela Verde

FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

GCI: *Green Chemistry Institute*

GPQV: Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação

GPQVA: Grupo de Pesquisa em Química Verde e Ambiental

GSCN: *Green and Sustainable Chemistry Network*

IES: Instituição de Ensino Superior

IFRJ: Instituto Federal do Rio de Janeiro

INCA: *Consorzio Interuniversitario Nazionale e Chimica per l'Ambiente*

IPE: Índice de Preenchimento da Estrela

IUPAC: *International Union for Pure and Applied Chemistry*

JCE: *Journal of Chemical Education*

OECD: *Cooperación Económica y Desarrollo*

ONU: Organização das Nações Unidas

OPPT: Instituto de Prevenção à Poluição e Tóxicos

PNEA: Política Nacional de Educação Ambiental

QV: Química Verde

RSC: *Royal Society of Chemistry*

SAC: *Chemical Abstract Services*

SBQ: Sociedade Brasileira de Química

Scielo: *Scientific Electronic Library Online*

UECE: Universidade Estadual do Ceará

UFSCar: Universidade Federal de São Carlos

DGR: Departamento de Gestão de Resíduos

UICN: União Internacional para a Conservação da Natureza

USEPA: *United States Environmental Protection Agency*

USP: Universidade de São Paulo

WWF: *World Wildlife Foundation* - Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Critérios para a classificação das substâncias para a construção da Estrela Verde (EV) ( $P_1$ = pontuação) .....	39
TABELA 2.2- Princípios da Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV .....	40
TABELA 3.1 - Nacionalidade da pesquisa pelo primeiro autor em função das categorias .....	73
TABELA 5.1- Exemplo de tabela com alguns Limites de tolerância válidos para absorção apenas por via respiratória presente no Anexo 11 da NB 15 .....	115
TABELA 5.2- Princípios da Educação em Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV .....	122
TABELA 5.3- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” .....	136
TABELA 5.4- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” .....	137
TABELA 5.5- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	150
TABELA 5.6- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	151
TABELA 5.7- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	157
TABELA 5.8- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV	

em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	158
TABELA 5.9 - Unidades temáticas relativas à categoria “Conceituação da QV e seus princípios” identificada no corpus da pesquisa .....	173
TABELA 5.10 - Unidades temáticas relativas à categoria “Avaliação do grau verde” identificada no corpus da pesquisa .....	176
TABELA 5.11 - Unidades temáticas relativas à categoria “Características mais relevantes de um experimento em laboratórios de ensino” identificada no corpus da pesquisa .....	179



## LISTA DE QUADROS

QUADRO 5.1 - Nome dos experimentos, suas respectivas características verdes e princípios da EQV, referente à disciplina Técnicas Básicas de Química .....	128
QUADRO 5.2 - Nome dos experimentos, suas respectivas características verdes e princípios, referente à disciplina de Química Analítica .....	141
QUADRO 5.3 - Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos livres da disciplina de química inorgânica .....	153
QUADRO 5.4- Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de química orgânica .....	160
QUADRO 5.5- Características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de físico-química .....	164
QUADRO 5.6- Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de físico química que sofreram alterações .....	168

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Comunidade sustentável .....	16
FIGURA 2.2- a) Estrela com grau verde máximo; b) Estrela de grau verde mínimo (RIBEIRO et al., 2010a) .....	41
FIGURA 2.3 - Esquema das interações entre as variáveis do Meio Ambiente Social e o Meio Ambiente Natural compondo o Meio Ambiente Humano (SOTO, 1987) .....	59
FIGURA 3.1 - Crescimento do número de publicações até fim de abril de 2014 .....	70
FIGURA 3.2 - Categorias com seus respectivos números de publicações .	71
FIGURA 3.3- Crescimento do número de publicações de cada categoria de 1995-abril 2014 .....	71
FIGURA 3.4 - Países com suas respectivas quantidades de publicações em Educação em QV .....	74
FIGURA 3.5- Quantidades de artigos publicados por idioma .....	75
FIGURA 3.6 - Quantidades de artigos com proposições experimentais de orgânica em comparação com as demais áreas .....	75
FIGURA 5.1 - Relações entre QV e o tripé da sustentabilidade .....	99
FIGURA 5.2 - Intersecção perigo, exposição, despreparo.....	111
FIGURA 5.3- Estrela verde de maior grau verde .....	124
FIGURA 5.4- Composição da embalagem <i>Tetra Pak</i> .....	131
FIGURA 5.5- Embalagem contendo alumínio utilizada na prática.....	131
FIGURA 5.6- Produtos frutos da reciclagem.....	131
FIGURA 5.7- Amostra de solo coletada na região de Batatais, SP .....	133
FIGURA 5.8- Agitação da amostra de solo .....	133
FIGURA 5.9- Adição da solução de NaOH 3 mol.L <sup>-1</sup> na amostra de embalagens plasticas .....	133
FIGURA 5.10 - Estudantes agitando a solução contendo embalagens	

plasticas com auxílio de bastão de vidro .....	134
FIGURA 5.11- Estrela verde referente ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” .....	137
FIGURA 5.12- Elementos não sustentáveis: anos restantes para o esgotamento das reservas - com base na taxa atual de extração (CLARK, 2013) .....	143
FIGURA 5.13 - Solos com diferentes concentrações de Hematita e Goethita	144
FIGURA 5.14- Slides contendo primeira parte do procedimento experimental .....	146
FIGURA 5.15 - Soluções construção da curva de calibração .....	146
FIGURA 5.16- Gráfico da absorvância x concentração de Fe (III) .....	147
FIGURA 5.17- Estrela verde referente ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	151
FIGURA 5.18- Estrela verde referente ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	158
FIGURA 5.19- a) Filtração dos catalisadores MnO <sub>2</sub> , PbO <sub>2</sub> e PbO; b) Papéis de filtro contendo os catalisadores .....	165
FIGURA 5.20 - Rótulo utilizado pelo DGR .....	166
FIGURA 5.21 - Diagrama de Hommel (MACHADO; SALVADOR, 2005)	167
FIGURA 5.22 - Ciclo dos princípios da EQV .....	184

## RESUMO

### **QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA: ESTUDO DE CASO SOBRE AS PRÁTICAS VIGENTES EM UMA IES PAULISTA**

Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar o cenário da Educação em Química Verde (QV) praticada em uma IES paulista, por meio do estudo das propostas voltadas especialmente ao desenvolvimento, adaptação e aplicação de experimentos didáticos que objetivavam inserir conteúdos de QV. Para alcançar este escopo foi adotada a abordagem qualitativa como metodologia de investigação, por meio de análise documental, aplicação de questionários e entrevistas semi-estruturadas, com base nos pressupostos metodológicos da análise de conteúdo. O estudo compreendeu 5 disciplinas experimentais em subáreas diferentes da química, que foram acompanhadas para inserção da Educação em Química Verde (EQV) por meio da introdução de experimentos e/ou orientações em QV. Com base nos dados levantados, este trabalho propõe 6 princípios da EQV que, juntamente com a métrica holística Estrela Verde (EV), podem permitir uma mais adequada análise dos alcances de práticas experimentais consideradas verdes. Dentre os princípios da EQV, a “introdução de problematização/contextualização (abordagem CTS)” e o “incentivo à pesquisa” mostraram ser de fundamental importância. Como observado por meio da introdução dos experimentos verdes “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” e “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo”, algumas práticas puderam promover, além do aprendizado de conteúdos conceituais e procedimentais, conteúdos atitudinais, que têm um importante papel relacionado ao estímulo à reflexão crítica, visão integrada para o exercício da cidadania e responsabilidades para uma futura atuação profissional competente e comprometida com critérios humanísticos, éticos, e de rigor científico.

## ABSTRACT

**GREEN CHEMISTRY IN HIGHER EDUCATION OF CHEMISTRY: A CASE STUDY ON THE EFFECTIVE PRACTICES IN A SÃO PAULO IES.** The main objective in this paper is to analyze the scenario in Green Chemistry (GC) education practiced in a São Paulo-based IES (Higher Education Institute). This was achieved by studying the proposals which are especially directed to the development, adaptation and application of didactic experiments which have inserted GC contents. This scope was achieved by implementing a qualitative approach-based research methodology through document analysis, questionnaires and semi-structured interviews, based on the methodological assumptions of content analysis – alongside an extensive literature review that contributed to the GCE (Green Chemistry Education) publications. The study consisted of five experimental subjects in different areas of chemistry, which were observed and followed with regards to inserting GCE by introducing GC experiments and/or guidelines. Based on the data attained, this paper proposes six principles of GCE, which together with the Green Star (GS) holistic metric allow a better analysis and range of the experimental practices considered green. Among the GCE principles, the “introduction of questioning/contextualization (STS approach)” and “research incentive” proved to be vitally important. As observed through the introduction of the green experiments “Detection of Metals routinely identified” and “Extraction and quantification of Fe (III) ions in soil samples”, besides learning conceptual and procedural contents, some practices promoted attitudinal contents, which play an important role related to stimulating critical thinking, integrated approach to the exercise of citizenship and responsibilities for future competent professional practices and committed to humanistic, ethical criteria, and scientific rigor.

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
1. OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA .....	3
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Questão de pesquisa .....	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1 Breve histórico do surgimento e enraizamento da Química Verde no cenário mundial .....	6
2.1.1. Outra visão do início da QV.....	10
2.1.2. Desenvolvimento Sustentável .....	13
2.2. Iniciativas em QV no Brasil .....	16
2.2.1. QV na Academia .....	16
2.2.2. QV no Agronegócio .....	18
2.3. Conceitos de QV .....	20
2.4. Os princípios da Química Verde .....	23
2.4.1. Os Doze Princípios de Engenharia Verde .....	29
2.4.2. Os Segundos Doze Princípios da QV .....	31
2.5. Química Verde como Conteúdo de Ensino .....	34
2.5.1. Atribuição do grau verde a um experimento .....	34
2.5.2. Métricas para QV .....	35
2.5.2.1. Métricas de Massa da QV.....	37
2.5.2.2. Estrela Verde .....	38

2.5.2.3. Circulo Verde e Matriz Verde .....	42
2.6. Introdução de QV no Ensino de Química .....	42
2.6.1. Currículo para Formação no Ensino de Química .....	44
2.6.2. Expressões do Projeto Político Pedagógico .....	47
2.6.3. Conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais.....	47
2.6.4. Experimentação no Ensino: teoria, prática e suas relações.....	50
2.6.5. Educação Ambiental e a QV .....	54
2.6.6. Educação na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).....	57

### **CAPÍTULO 3**

3. TENDÊNCIAS NA PESQUISA DE EDUCAÇÃO EM QV .....	63
3.1. Introdução às publicações brasileiras em QV .....	63
3.2. Revisão da Literatura: tendências na pesquisa da Educação em QV.....	68

### **CAPÍTULO 4**

4. METODOLOGIA .....	83
4.1. Análise Sistemática da Bibliografia .....	83
4.2. Curso de Química na UFSCar (campus São Carlos).....	84
4.3. Proposição de Novos Princípios da Educação em Química Verde e Reestruturação dos Princípios para Educação em Química Verde....	86
4.4. Avaliação do grau verde dos experimentos propostos .....	86
4.5. Estudo de Caso: Coleta e análise de dados .....	86
4.5.1. Disciplinas escolhidas, seus objetivos e suas ementas .....	89
4.6. “Esverdeamento” das práticas .....	92
4.7. Forma de análise de resultados .....	93

## CAPÍTULO 5

5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	95
5.1.	Novos Princípios da Educação em Química Verde e reestruturação dos princípios para educação em química verde e como atingi-los .....	95
5.1.1.	Problematização/Contextualização (abordagem CTS) .....	99
5.1.2.	Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação). .....	104
5.1.3.	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos) .....	108
5.1.4.	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos ...	111
5.1.5.	Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação e ensino .....	118
5.1.6.	Reduzir o consumo de Energia Elétrica e Água.....	119
5.2.	Métrica para EQV .....	121
5.3.	Disciplinas experimentais e suas particularidades .....	124
5.3.1.	Química Geral .....	125
5.3.1.1.	Experimento “Identificação de metais presentes no seu cotidiano” .....	129
5.3.1.1.1.	Procedimento Experimental “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” .....	132
5.3.1.2.	Avaliação do grau verde do experimento “Identificação de metais presentes no seu cotidiano” .....	135
5.3.2.	Química Analítica .....	137
5.3.2.1.	Experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	142
5.3.2.1.1.	Procedimento experimental “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	145



5.3.2.2. Avaliação do grau verde do experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” .....	149
5.3.3. Química Inorgânica .....	151
5.3.3.1. Experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	155
5.3.3.1.1. Procedimento Experimental “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	155
5.3.3.2. Avaliação do grau verde do experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)” .....	156
5.3.4. Química Orgânica .....	158
5.3.5. Físico-Química .....	162
5.4. Aspectos convergentes entre as disciplinas .....	169
5.5. Interações entre princípios .....	171

## **CAPÍTULO 6**

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	185
--	-----

REFERÊNCIAS .....	189
-------------------	-----

APÊNDICES

ANEXOS

## APRESENTAÇÃO

Comecei minha trajetória acadêmica com a formação em Licenciatura Plena em Química e realizei, durante três últimos anos de graduação, iniciação científica em tratamento de resíduos. Não contente em apenas tratá-los decidi por fazer mestrado na área de Engenharia Urbana, o que me possibilitou mais amplitude na aplicação dos tratamentos de resíduos por meio da gestão destes.

Durante o mestrado comecei a pensar que o gerenciamento dos resíduos era pouco diante da realidade dos problemas ambientais existentes. Perante esta nova visão escolhi como caminho a Química Verde (QV), para que ao invés de apenas propor tratamentos e remediações aos resíduos possamos prevenir sua geração, sendo assim a melhor forma de iniciarmos esta missão é por meio da introdução da filosofia da QV na educação de química.



# INTRODUÇÃO

---

*“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino.”  
Paulo Freire*

Indubitavelmente, os problemas ambientais tornam-se cada vez mais evidentes, pois grande parte das atividades industriais tem gerado resíduos, que, de uma maneira ou outra, têm seu destino final na atmosfera, nos solos e nos corpos d'água (MOZETO e JARDIM, 2002). A expansão econômica, o crescimento demográfico, a ocupação irregular do solo, o uso excessivo de agrotóxicos, o tratamento sanitário irregular de lixo/efluentes e a falta de conscientização do problema aparecem entre os principais fatores da crescente degradação dos recursos naturais (ANDRADE et al., 2009).

Visto que as consequências causadas pela sociedade moderna são irreversíveis, quando se trata de recursos naturais não renováveis, apenas a busca por tratamentos de resíduos torna-se ultrapassada, pois, atualmente, faz-se necessária a não geração destes, e a aplicação da filosofia da Química Verde (QV) pode contribuir muito neste cenário.

Considerando a carência de pesquisas brasileiras em que a QV é designada à educação, este estudo pretende produzir material para subsidiar a inserção dos princípios da Educação em Química Verde (EQV) nas disciplinas experimentais. De acordo com JACOBI (2007), o caminho para uma sociedade sustentável se fortalece na medida em que se desenvolvam práticas educativas que, pautadas pelo paradigma da complexidade, aportem para a escola e os ambientes pedagógicos uma atitude reflexiva em torno da problemática ambiental.

O trabalho está organizado na forma de capítulos. No primeiro capítulo são apresentados os objetivos e a questão de pesquisa que nortearam

este trabalho. O segundo capítulo apresenta-se o embasamento teórico para sistematizar referências dos temas de interesse importantes para a realização desta pesquisa. O terceiro é dedicado à apresentação da tendência da educação em QV, por meio de pesquisa bibliográfica realizada com auxílio de diversas bases de dados.

O quarto é dedicado aos aspectos metodológicos para a realização desta pesquisa, explicitando os instrumentos de coleta e metodologia de análise qualitativa.

No quinto capítulo são apresentados os princípios da Educação em Química Verde: Problematização/Contextualização (abordagem CTS); Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação); Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos); Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos; Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino; Reduzir o consumo de Energia Elétrica e Água.

São abordados os resultados e discussão a respeito das disciplinas experimentais selecionadas: Técnicas Básicas em Química, Química Analítica Experimental, Química Orgânica Experimental II, Química dos Elementos de Transição Experimental e Físico-Química Experimental.

Como também os experimentos propostos, juntamente com proposição da avaliação do grau verde destes, por meio de uma métrica previamente conhecida juntamente à análise de conteúdo.

Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões e considerações finais, em que são apresentadas as principais contribuições desta tese, seguida das referências bibliográficas utilizadas, apêndices e anexos que foram importantes para construção da pesquisa.

# CAPÍTULO 1

---

*“Educai as crianças, para que não seja necessário punir os adultos.”  
Pitágoras*

## OBJETIVOS E QUESTÃO DE PESQUISA

### 1.1 - OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como principal objetivo investigar o cenário da Educação em Química Verde, por meio de princípios específicos na adaptação, desenvolvimento e análise de propostas didáticas voltadas às práticas laboratoriais com a finalidade de inserir conteúdos de QV em cursos ofertados por um Departamento de Química de uma IES pública paulista.

Para atingir esta finalidade foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Sistematizar referências dos temas de interesse, como o movimento da QV, materiais didáticos experimentais e de formação de profissionais da área de química;
- Analisar documentos oficiais do curso de bacharelado e licenciatura de química da UFSCar, como as Diretrizes Curriculares Nacionais e Projetos pedagógicos, como também as Leis de Diretrizes e Bases, Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental e o Perfil do Profissional da UFSCar;
- Levantar os conteúdos tratados em disciplinas experimentais voltadas à formação de Químicos(as)/Licenciados(as)<sup>1</sup> em Química na UFSCar;

---

<sup>1</sup> Para evitar sexismo, a questão de gênero será denotada sempre que seu uso não dificultar significativamente a leitura da frase. Os parênteses, “...(...)”, indicam validade substitutiva, e a barra, “.../...”, validade aditiva, e a disposição dos gêneros serão aleatórios.

- Propor princípios coadunados à filosofia da QV adequados à educação experimental de química, bem como estabelecer métricas para a avaliação do grau verde destes experimentos;
- Adaptar e/ou propor experimentos para as disciplinas selecionadas;
- Inserir as práticas em disciplinas experimentais (Técnicas Básica em Química Geral, Química Analítica Clássica Experimental, Química dos Elementos de Transição Experimental, Química Orgânica Experimental 2 e Laboratório de Físico Química), avaliando os aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais das mesmas, por meio de observação das situações de ensino, questionários e entrevistas semi-estruturadas com estudantes e docentes do DQ-UFSCar.

## 1.2 - QUESTÃO DE PESQUISA

Quais contribuições para fomentar a Educação em Química Verde, especialmente em disciplinas experimentais, podem ser verificadas em um Departamento de Química de uma IES pública paulista?

## CAPÍTULO 2

---

*“Todas as coisas são interligadas como o sangue que une uma família. O que acontecer com a Terra, acontecerá com seus filhos. O homem não pode tecer a trama da vida; ele é meramente um dos fios. Seja o que for que ele faça à trama, estará fazendo consigo mesmo.”*

*Chefe Seattle – pele vermelha, 1840*

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Estamos vivendo uma onda verde: carros verdes, garrafas verdes, economia verde, selo verde. Tudo leva a crer que estamos progredindo neste quesito. Ou não?

Seja pela necessidade de sermos mais verdes ou apenas como *slogan*, a realidade que é caminhamos para uma sociedade mais sustentável. No campo da Química somos representados pela Química Verde (QV) que de acordo com ANATAS e WARNER (1998) 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.

Mas entendemos que para esta finalidade necessitamos, além dos princípios da Química Verde, de responsabilidade social, sustentabilidade de relações, ética profissional, sabendo da importância da educação para essa conquista. Só através da educação a ciência pode obter resultados favoráveis quanto às atitudes na preservação do meio ambiente, a fim de extinguir o pensamento de que a natureza é capaz de reverter infinitamente os danos sofridos.



## 2.1 - BREVE HISTÓRICO DO SURGIMENTO E ENRAIZAMENTO DA QUÍMICA VERDE NO CENÁRIO MUNDIAL

Uma forma de abordar a história da preocupação ambiental é relatar o aumento significativo do consumo de bens e matérias-primas, bem como um crescimento na produção e utilização de produtos químicos sintéticos e o crescimento acelerado e desordenado das cidades, gerado após a Segunda Guerra Mundial, que rapidamente determinaram um quadro de degradação ambiental nunca visto anteriormente (FARIAS e FÁVARO, 2011).

A preocupação com a questão ambiental começou a ser levantada a partir de 1949, ano em que ocorreu a Conferência Científica da Organização das Nações Unidas sobre a Conservação e Utilização de Recursos (UNSCCUR) em *Lake Success*, nos EUA, e somente em 1962 a questão ambiental emerge por meio da publicação do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), de Rachel Carson, o qual relata os efeitos adversos da má utilização de agrotóxicos (FARIAS e FÁVARO, 2011, GARCÍA-SERNA et al., 2007).

Em 1968, com a Conferência da Biosfera a questão ambiental emergia. Ainda em 1968, o Relatório Meadows, manifesto conhecido como Relatório do Clube de Roma, fez com que a sociedade repensasse o valor do desenvolvimento econômico, de modo que esta passou a pressionar governos a respeito da problemática ambiental influenciando de maneira categórica o debate na Conferência de Estocolmo, em 1972, que se caracterizou como a primeira atitude mundial em tentar organizar as relações entre o homem e o meio ambiente com objetivo de preservar recursos naturais (FARIAS e FÁVARO, 2011).

Esta conferência chamou atenção do mundo para os danos que a deterioração do ecossistema poderia causar à humanidade como um todo (SILVA et al., 2005), além de que lançou o conceito de eco desenvolvimento

que, na década de 1980, foi suplantado pelo conceito de desenvolvimento sustentável, passando a ser adotado como expressão oficial nos documentos da Organização das Nações Unidas (ONU), União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza (WWF).

Ao se aproximar o final dessa década, as Leis de Comando e Controle se tornam menos interessantes, pois sua única preocupação era controlar a quantidade de resíduos que saiam das chaminés ou canos das indústrias, visando o tratamento dos mesmos somente no fim da linha de produção (*end of pipe*) (FARIAS e FÁVARO, 2011).

Logo, em 1990, a Lei de Prevenção da Poluição incentivou uma nova forma de eliminação dos riscos em sua origem. Uma abordagem emergente para este grande desafio visa incorporar o conjunto diversificado de perspectivas e interesses ambientais na prática cotidiana (HEISKANEN, 2001) das pessoas mais responsáveis para o uso e criação de novos materiais químicos (WARNER et al., 2004).

Em 1991, a Agência de Proteção Ambiental EPA (*Environmental Protection Agency*), promoveu o programa “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”, por meio de auxílios financeiros à projetos de pesquisa que preconizasse a prevenção de poluição em suas sínteses.

Em 1993, o programa foi expandido para incluir outros temas, tais como solventes ecológicos e produtos químicos mais seguros, logo depois os químicos Paul Anastas e John Warner, propõem o conceito de Química Verde para referirem-se a aquelas tecnologias químicas que apontam a prevenção da contaminação (PANIZZOLO et al., 2012). Ainda neste ano, o periódico especializado, *Journal of Cleaner Production*, foi lançado.

Paralelamente, em 1993, cinco universidades italianas se reuniram e estabeleceram o Consórcio Universitário de Química para o Ambiente *Consorzio Interuniversitario Nazionale Chimica per l'Ambiente* (INCA), com

objetivo principal de reunir várias competências e criar uma rede de químicos(as) que trabalham no campo da proteção do meio ambiente. Devido à qualidade da rede, o número de membros de universidades cresceu rapidamente. Hoje em dia o Consórcio tem 18 membros e cerca de 40 unidades de investigação. O Consórcio visa um maior envolvimento e compromisso de profissionais da química na pesquisa científica para proteção do meio ambiente por meio da adoção dos princípios de QV. Anualmente, o INCA promove sua Escola Internacional de Verão em Química Verde, que tem contado com a participação de jovens químicos(as) de 20 países diferentes (INCA, s.d).

Em 16 de março de 1995, o presidente Clinton, dos Estados Unidos, anunciou a criação do Desafio Presidencial em Química Verde, que destacou os benefícios ambientais e econômicos do desenvolvimento e utilização da química verde. Estes prêmios anuais prestigiam e reconhecem tecnologias químicas que incorporem os princípios da química verde no desenho, fabricação e uso de produtos químicos. O escritório *Chemical Safety and Pollution Prevention* da EPA em parceria com a *American Chemical Society Green Chemistry Institute* e outros membros da comunidade química incluindo indústrias, associações comerciais, instituições acadêmicas e outras agências governamentais patrocinam o prêmio. Ao longo de 18 anos do programa de prêmios, EPA premiou 93 trabalhos. Ao reconhecer soluções científicas inovadoras para os problemas ambientais do mundo real, o Desafio Presidencial reduziu significativamente os riscos associados com o desenho, fabricação e uso de produtos químicos. Até 2013, as 93 tecnologias vencedoras levou à eliminação de 372 milhões de kg de produtos químicos perigosos e solventes; 3,5 bilhões de equivalentes de dióxido de carbono liberados para a atmosfera e a economia anual de 21 bilhões de litros de água, equivalentes ao utilizado por 820 mil pessoas/ano (REZENDE e ZUIN, 2014). Além disso, o programa foi replicado em numerosas nações, incluindo o Reino Unido, Itália, Japão, Canadá e Austrália (MANLEY et al., 2008).

ANASTAS e WARNER, em 1998, publicaram o livro “*Green Chemistry: Theory and Practice*” no qual anunciaram os Doze Princípios de Química Verde que reuniam muitos dos conceitos e movimentos anteriores. Desde então, esta publicação é a basal em qualquer trabalho em QV.

No Japão, a primeira iniciativa em Química Verde ocorreu em 1998, composta por representantes de organizações químicas japonesas, organizaram uma oficina em Tóquio em novembro de 1999 e estabeleceram uma organização conhecida como GSCN (*Green and Sustainable Chemistry Network*). Uma de suas atividades é a “*GSC Awards*” (Prêmios GSC), que deve ser concedida aos indivíduos, grupos ou empresas que contribuam para promover GSC através de suas pesquisas, desenvolvimento e sua industrialização nos seguintes campos: desenvolvimento da tecnologia industrial, diminuição na geração de dióxido de carbono, resíduos, subprodutos prejudiciais etc., estabelecendo nova filosofia/metodologia em áreas de pesquisa (GSCN, s.d).

Ainda em 1999, a Sociedade Real de Química (*Royal Society of Chemistry* - RSC) publica o primeiro volume do periódico *Green Chemistry*.

Na Europa, a Organização Europeia para a *Cooperación Económica y Desarrollo* (OECD) adotou em 1999 o termo “Química Sustentável” para fazer referência ao mesmo conceito de Química Verde (PEIRÓ MUÑOZ, 2003; PANIZZOLO et al. 2012).

Alguns dos primeiros eventos envolvendo A QV foram o *Workshop* sobre Educação em *Green Chemistry* da IUPAC, e também a Conferência CHEMRAWN XIV (*The Chemical Research Applied To World Needs*), realizada na Universidade do Colorado (EUA) ambos em 2001 (LENARDÃO et al., 2003).

Entretanto, a prática de uma química mais verde precede seu próprio nome. O desejo de obtenção de meios de prevenção da formação de resíduos, da minimização do uso de energia e da otimização de processos foi

despertado desde que as previsões para o futuro ambiental do planeta mostraram-se desastrosas, e como consequência a legislação ambiental passou a ser bem mais rigorosa.

É interessante observar que atitudes em QV ainda não tinham nem mesmo tal objetivo. Seguindo essa linha de raciocínio, MACHADO (2006) destaca em um de seus artigos Alfred Nobel como o primeiro Químico Verde no Sec.XIX. Nobel pesquisou condições de utilização das substâncias perigosas (dinamite, nitroglicerina, balestite), com o objetivo de minimizar seus riscos. Para tanto, ele utilizou precocemente algumas atitudes preconizadas atualmente pela Química Verde (QV), tais como: evitar o uso de reagentes auxiliares, economia atômica, além da prevenção de acidentes.

### 3.1.1 - Outra Visão do Início da QV

Outra maneira relatada por MACHADO (2011), para introduzir a emergência da Química Verde, refere-se à introdução de atividades no âmbito da Indústria Química que conduziram a novas atitudes e conceitos. Na década de 80 do século passado, na conjuntura em que as questões relacionadas ao ambientalismo emergiram, a Indústria Química evoluiu no combate ao problema da produção de resíduos e poluição (MARTELL et al., 2003). Enquanto que novos conceitos foram sendo estabelecidos (economia atômica; e utilização atômica e fator E (SHELDON, 1994)), culminando, no início dos anos 90, no âmbito da Química laboratorial de síntese, na formatação dos dois primeiros princípios da QV (ANASTAS e WARNER, 1998).

Com origem na Química Industrial/Indústria Química

- Prevenção da poluição

A prevenção, prescrita pelo *Pollution Prevention Act* (EUA, 1990), significou uma profunda mudança de paradigma na gestão ambiental, pois, ao invés de estratégias de controle de poluição, como a retenção dos poluentes após a sua produção, seria mais adequado alterar a linha de produção com a finalidade de reduzir a quantidade de poluentes e resíduos gerados; no entanto, na prática, dadas as dificuldades de atuar deste modo, a realidade mais comum encontrada era a reciclagem (MULHOLLAND e DYER, 1999; MACHADO, 2011).

- Minimização de resíduos

As atividades de minimização estão inseridas na prática da Prevenção, que se refere à diminuição da quantidade de resíduos sólidos e líquidos produzidos por um processo; por vezes, a estratégia de redução descrita pelo termo inclui também a reciclagem no interior do processo, e mesmo a recuperação e tratamento seguro de resíduos sólidos ou líquidos. Além disso, na estratégia podem também ser incluídas operações de manejo de resíduos – referentes, por exemplo, ao uso de embalagens seguras e rotulagem clara dos resíduos, etc., para evitar acidentes (MACHADO, 2011).

- Processos com mais segurança inerente

Propostos por Kletz, em 1977, correspondem a uma nova postura no desenvolvimento de processos industriais em que a maior segurança inerente previne os riscos da produção. ANASTAS e WARNER em 1998, incluíram esses processos nos princípios da QV (ANASTAS e WARNER, 1998).

- Cuidado Responsável

Tem como objetivo melhorar, de forma inovadora, a atuação da indústria respeitando à saúde humana e o ambiente, para isso propõe que a indústria coopere proativamente na resolução antecipada dos problemas, levando em consideração os custos, sem perder de vista o objetivo de aumentar os respectivos lucros (MACHADO, 2011)

- Design para o ambiente - *Design for Environment* - DfE

Concepção de produtos e processos para que tenham impactos mínimos ao ambiente (FIKSEL, 1996; GRAEDEL e ALLENBY, 2010). O DfE tem como objetivo a minimização dos impactos causados desde o início do trabalho de concepção do produto e do processo para a fabricação, em todas as etapas de forma proativa. É importante que um produto, no fim de seu vida útil possa ser desmontado, remanufaturado ou reciclados; ou produzido com materiais recicláveis ou obtidos de matérias-primas renováveis. A QV pratica o DfE no domínio da química e os dois conceitos têm objetivos globais idênticos de acordo com MACHADO, 2011.

- Ecologia industrial

FROSCH e GALLOPOULOS (1989) promoveram a emergência da Ecologia Industrial como fruto dos problemas sentidos na reciclagem dos resíduos industriais. Objetiva que processos industriais atuem de forma semelhante aos ecossistemas naturais. Utilizando com maior eficiência os materiais, com fluxos no interior do sistema, em percursos fechados. Os sistemas propostos pela Ecologia Industrial implicam muito mais autossuficiência do uso de materiais, com menores interações com o ambiente. (MACHADO, 2011).

Com origem na Química Laboratorial/Química Acadêmica

- Economia atômica

Razão entre a massa de átomos dos reagentes estequiométricos incorporados no produto desejado e a massa total de átomos nos reagentes, expressa em percentagem (MACHADO, 2011).

- Utilização atômica

Razão entre a massa de produto desejado e a soma das massas de todas as substâncias produzidas na reação (produto e coprodutos), expressa em percentagem (MACHADO, 2011).

- Fator E

Razão de massa entre a totalidade da massa dos resíduos produzidos e a massa do produto desejado, expressa em valor (MACHADO, 2011).

Quanto menor o Fator E, mais verde é o processo. Para exemplificar, o Fator E em refinarias de petróleo é menor que 0,1, enquanto que em indústrias farmacêuticas fica entre 25 a 100, ou seja, as indústrias farmacêuticas geram uma enorme quantidade de resíduos (LENARDÃO, 2003).

### 3.1.2- Desenvolvimento Sustentável

Para o Brasil, as Conferências das Nações Unidas foram marcos importantes no desenvolvimento da questão ambiental, sobretudo a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) conhecida também como ECO-92, Rio-92, Cúpula ou Cimeira da Terra.

Nesta reunião foi elaborado um documento chamado Agenda 21, na qual os países presentes se comprometiam em prezar pelo chamado desenvolvimento sustentável (BEZERRA e BURSZTYN, 2000). Este documento abarcou os programas educacionais, com o objetivo de desenvolver compreensão e consciência pública sobre sustentabilidade, bem como



proporcionar formação em questões de sustentabilidade a líderes e, em geral, a trabalhadores (UNESCO, 2005).

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS), conhecida também como Rio+20, foi realizada em 2012, com intuito de discutir a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, como instrumento a economia verde. Foram propostas mudanças, especialmente quanto ao consumo de recursos naturais, mas também nos aspectos relacionados a questões sociais como a falta de moradia.

O termo e o conceito sustentabilidade (*Nachhaltigkeit* em Alemão) datam do século XVIII. Historicamente, primeiramente o termo foi utilizado em relação ao esgotamento de um recurso renovável. A escassez de madeira era a preocupação da Europa feudal e levou à introdução dos princípios de sustentabilidade neste contexto, de tal modo que a exploração madeireira e o reflorestamento tinham que estar em equilíbrio (HÖFER, 2009).

Em 1987, foi publicado o relatório *Our Common Future* (ou Relatório Brundtland) durante a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Tal relatório consistiu de uma previsão baseada em uma técnica de simulação matemática conhecida como dinâmica de sistemas (*systems dynamics*), utilizando como fatores de entrada: crescimento populacional, produção de alimentos, demanda por fertilizantes, consumo de energia, disponibilidade de matérias-primas não renováveis. O relatório previu que, dentro de um intervalo de tempo de menos de 100 anos, não ocorrendo nenhuma grande mudança nas relações físicas, econômicas ou sociais, a sociedade iria ficar sem os recursos não renováveis utilizados pelo setor industrial (BRUNDTLAND, 1987; HÖFER, 2009).

Era sabido que as atividades humanas estavam por trás da deterioração do meio ambiente, especialmente nos países desenvolvidos.

Entretanto, era inconcebível para as Nações Unidas criar dificuldades para o desenvolvimento das nações, de modo que as pessoas pudessem ter acesso a melhores condições de vida. A comissão Brundtland, para superar este dilema, criou o conceito de Desenvolvimento Sustentável que significava proporcionar um equilíbrio de longo prazo entre o ambiente, a economia e o bem-estar social da humanidade, ou seja, a natureza e ação dos seres humanos entre si e para com a natureza precisariam estar em equilíbrio (BRUNDTLAND, 1987; HÖFER, 2009).

Em outras palavras, Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que atende as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

Desta forma, o relatório tornou-se o catalisador para o pensamento global sobre a relação entre o homem e a natureza, e também sobre as perspectivas futuras da humanidade nos contextos potencialmente conflitantes de ética, políticas estatais, interesses sociais, ecológicos e econômicos (HÖFER, 2009).

Ao considerarmos os três elementos da sustentabilidade (meio ambiente, economia, e sociedade), devemos entender que a economia existe dentro da sociedade e a sociedade existe dentro do ambiente (Figura 2.1). O objetivo em longo prazo deve ser o de assegurar que as metas de meio ambiente, economia, sociedade precisem trabalhar em conjunto de uma forma sinérgica. Para MANLEY et al. (2008), por meio da aplicação dos doze princípios da QV é possível atingir este sinergismo (MANLEY et al., 2008).

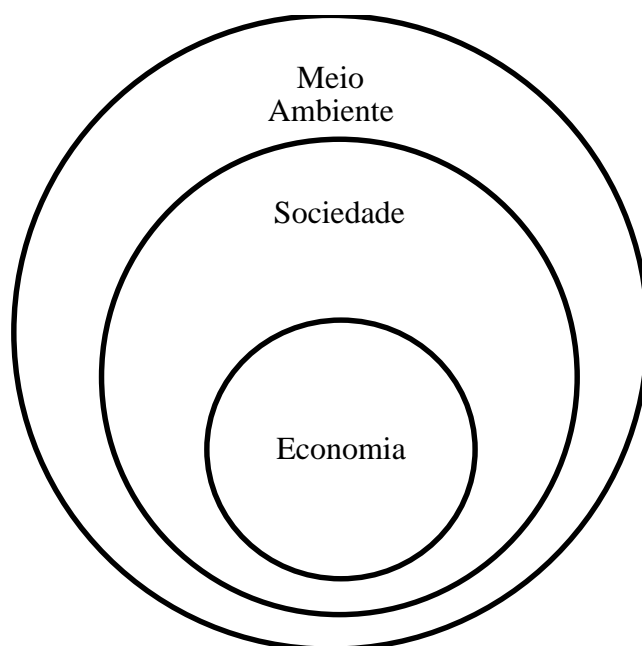


FIGURA 2.1 - Comunidade sustentável (MANLEY et al., 2008)

## 2.2 - INICIATIVAS EM QV NO BRASIL

### 2.2.1 - QV na Academia Brasileira

Em 2004, FATIBELLO FILHO palestrou em alguns encontros, no Encontro Nacional de Ensino de Química e no Encontro Nacional de Química Analítica, a respeito da Química Limpa. No ano seguinte, na I Semana da Química, com tema “A Química na Sociedade Brasileira”, realizada no Departamento de Química, UFSCar, em março de 2005, foi ministrado o curso Metodologias Analíticas Limpas por Orlando Fatibello Filho e Luiz Humberto Marcolino Junior, os quais introduziram o histórico de Química Limpa (Verde ou Autossustentável) e procedimentos analíticos limpos (FATIBELLO FILHO e MARCOLINO JUNIOR, 2005).

Em 2006, a XXVI Escola de Verão em Química, UFSCar teve como tema a Química Verde e disponibilizou cursos nos quais a química orgânica predominou: *Metabolic Engineering, Biosynthesis and Biotransformation*, (Prof. R. Verpoorte, *Leiden University, Netherlands* - 130

inscritos); *Ionic Liquids as Green Solvents: Progress and Prospects* (Prof. Robin Rogers, *University of Alabama, USA* - 66 inscritos); *Microwave Assisted-Organic Synthesis* (Dr. Rajender S. Varma, *US Environmental Protection Agency, USA* - 43 inscritos) (UFSCar, 2006).

No Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), em 2007, ocorreu a I Escola de Verão em Química Verde organizado pelo Grupo de Pesquisa em Química Verde e Ambiental GPQVA (desde 2003) e tem como objetivo proporcionar para estudantes de graduação uma visão geral da QV e sua importância na solução de problemas ambientais.

Neste mesmo ano aconteceu o 1º *Workshop* Brasileiro sobre Química Verde (Fortaleza - Ceará), contou com a participação de 31 instituições e nove estados brasileiros, o qual teve como primeiro objetivo instalar oficialmente a Rede Brasileira de Química Verde (RBQV) (UECE, 2007).

Em 2011, a Escola Brasileira de Química Verde (EBQV) (criada com o objetivo de criar e difundir a química sustentável junto à graduação, pós-graduação e cursos técnicos para indústria) realizou seu primeiro encontro, em Araras (Rio de Janeiro).

As iniciativas também estão presentes no mundo virtual, local onde estudantes se comunicam e também estudam. Em 2011, um grupo de cinco estudantes do Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), criou um blog chamado “Química Sustentável” que foi desenvolvido com o objetivo de mostrar como a química está contribuindo de forma positiva para o desenvolvimento sustentável. Este blog recebeu premiações de 1º lugar no Concurso “O Legado Rio + 20: Que Futuro Queremos?”, realizado pela Sociedade Brasileira de Química e 1º lugar no *Green Nation Fest*, como melhor blog, votado pelo Júri Oficial que contou com diversos especialistas da área (QSUSTENTAVEL, s.d).

Como já citado anteriormente, em 2012, foi lançado pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ) o concurso “O legado da RIO +20: que futuro queremos?” que teve como escopo o incentivo ao desenvolvimento de projetos

sobre a importância da Química para a sustentabilidade. Foi dividido em três modalidades: a) Modalidade desenvolvida com estudantes matriculados do 3º ao 9º ano do ensino fundamental: “O futuro é agora”, de caráter interdisciplinar sobre ciência, cotidiano e sustentabilidade; b) Modalidade desenvolvida com estudantes matriculados no ensino médio: “Sustentabilidade e interdisciplinaridade: a Química em todas as coisas”; c) Modalidade desenvolvida com estudantes matriculados na graduação e pós-graduação de instituições públicas e privadas: “Experimentos sustentáveis na Química, com foco nos princípios da química verde” (SBQ, 2012).

Em agosto de 2012, o Brasil recebe a *4<sup>th</sup> International IUPAC Conference on Green Chemistry* (4<sup>th</sup> ICGC) em Foz do Iguaçu, e em novembro de 2012 *Brazilian ChemComm Symposium Chemistry and Sustainable Energy*, no Rio de Janeiro, dois importantes eventos para a Química Verde no Brasil (IUPAC, 2012).

Assim, os eventos acadêmicos em QV se tornaram mais frequentes e difundidos por todo Brasil (CORREA et al., 2013).

### 2.2.2 - QV no Agronegócio

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desenvolveu, em conjunto com comunidade científica e tecnológica nacional, inclusive empresas, um estudo dos principais temas correlacionados com a QV, tendo como foco a experiência nacional em agronegócio. Este estudo apresenta as potencialidades da nossa biodiversidade como fator facilitador da introdução da QV no agronegócio e ressalta a importância da pós-graduação nacional, citando como exemplo as áreas da biologia, química e engenharia química, como sendo “patamar deste salto científico e tecnológico”. (CGEE, 2010, p.9).

Em 2008, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) lançou o livro “Conhecimento e uso sustentável da

biodiversidade brasileira: o programa BIOTA-FAPESP” no qual apresenta o Brasil como sendo o país com a maior diversidade biológica, abrigando entre 15% e 20% do número total de espécies do planeta. Neste livro é exaltado um alerta para a exploração excessiva dos recursos naturais e da contaminação do solo, das águas e da atmosfera (FAPESP, 2008). Esses fatores são amplamente combatidos pela QV, mesmo que no livro não tenha sido citada.

Por meio das biorrefinárias, as matérias-primas renováveis e seus resíduos são transformados em bicomcombustíveis, produtos químicos de alto valor agregado, além de energia e alimentos. Neste contexto, as biomassas são a esperança do fim do consumo de derivados de petróleo, uma vez que elas representam a grande fonte de materiais renováveis a serem utilizadas (CGEE, 2010).

A cana-de-açúcar é a maior representante da biomassa, como matéria prima para produção do etanol, que é utilizado para fabricação de diversos produtos químicos. O álcool etílico é matéria-prima para fabricação de eteno, matéria-prima para produção de resinas; e produtos importados derivados do etanol, como os acetatos e o éter etílico (CGEE, 2010).

Destaca-se ainda, a sacarose, como reagente na síntese de derivados sacarídeos de maior valor agregado, como por exemplo: surfactantes não-iônicos, polímeros, adoçantes, emulsificantes, entre outros (CGEE, 2010). Como também, os óleos vegetais e/ou gorduras animais, por meio da indústria oleoquímica, se transformam em produtos de alto valor agregado e biocombustíveis alternativos ao diesel (CGEE, 2010).

O imenso patrimônio genético brasileiro possui alto valor econômico-estratégico em várias atividades, contudo seu maior valor está na pesquisa e produção de novos medicamentos obtidos direta ou indiretamente a partir de produtos naturais (CALIXTO, 2003).

Além da biodiversidade de fauna e flora, o Brasil ainda pode explorar a intensa radiação solar, seus ventos pela geração de energia eólica e o

reaproveitamento de CO<sub>2</sub>. Algumas dessas fontes de energia ainda são muito pouco exploradas. Aproximadamente 4% da capacidade de geração do Brasil é produzida por empreendimentos eólicos, enquanto que cerca de 0,01% corresponde a energia solar (Central Geradora Solar Fotovoltaica). O majoritário fornecimento de energia é realizado pelas usinas hidrelétricas e as usinas termoelétricas correspondem por 28% da geração (ANELL, 2015).

### 2.3 - CONCEITOS DE QV

GARCÍA-SERNA e colaboradores (2007) citam a questão do *slogan*, na qual a propaganda está cheia de intencionalidades, que no mundo atual, a meta da sustentabilidade não será atraente se não for extremamente vantajosa.

Academicamente, ZUIN (2011) destaca em seu livro o fato de que a QV pode se transformar num slogan na chamada sociedade do espetáculo.

Hoje, ao se publicizar, ou vender, o *slogan* da Química Verde como um absoluto da dimensão ambiental, como sinônimo de química ambientalmente correta, que não é compreendida de forma profunda, contribuimos, ao fim, por engendrar a discriminação, a exclusão, a marginalização, pois neste ‘correto’ que exige uma integração e comprometimento dos membros do campo, há uma tendência totalitária, muito semelhante à concepção e uso do discurso “politicamente correto”. (ZUIN, 2011, p.115)

Entretanto, são realidade as iniciativas de QV que pretendem prevenir a poluição. Já são desenvolvidos produtos e processos que adotam princípios de QV como na produção de fármacos, alimentos e energia, embalagens, produtos de limpeza, eletroeletrônicos, automóveis, e numa vasta gama de produtos de consumo (MANLEY et al., 2008).

Para TUNDO e colaboradores (2000), a introdução da QV no setor industrial acarreta além dos benefícios ambientais, um impacto econômico positivo, pois promove a diminuição de gastos com armazenamento e tratamento

de resíduos, descontaminação e possíveis pagamentos de indenizações para órgãos fiscalizadores. TUNDO et al. (2000), e PRADO (2003) consideram que além dos fatores econômicos e científicos, os sociais são imprescindíveis para a implantação da QV em escala comercial, industrial e também na prática científica.

Conceito significa definição, concepção, caracterização. É a formulação de uma ideia por meio de palavras. As palavras em várias línguas têm o mesmo significado porque expressam o mesmo conceito, da mesma forma Química Verde, Química Limpa, Química Sustentável ou para sustentabilidade. Entretanto, Química Ambiental não é sinônima de Química Verde, mas ainda é confundida por alguns autores:

Química verde, química ambiental ou química para o desenvolvimento sustentável é um campo emergente que tem como objetivo final conduzir as ações científicas e/ou processos industriais ecologicamente corretos. A plena aceitação e adoção deste novo campo de atividades da química nos anos recentes se devem ao esforço bem sucedido de se acoplar os interesses da inovação química simultaneamente com os objetivos da sustentabilidade ambiental e com os objetivos de caráter industrial e econômico. Com a introdução de novos conceitos e valores para as diversas atividades fundamentais da química, bem como, para os diversos setores da atividade industrial e econômica correlatos (CGEE, 2010, p.8).

A maioria dos pesquisadores utiliza a definição introduzida por Anastas e Warner (na íntegra, propondo modificações e/ou complementando), os quais foram os primeiros a definir QV, por isso são amplamente citados, seja pela própria definição, seja pelos princípios da QV.

A QV em geral busca processos para obter os mesmos produtos que a química tradicional de maneira menos contaminante e também para produzir substâncias que não sejam contaminantes e substituam outros produtos prejudiciais, mas necessários para a sociedade (ANASTAS e WARNER, 1998, PANIZZOLO et al., 2012).

De acordo com Souza e colaboradores (2012) a QV é definida como o desenho, o desenvolvimento e a implementação de produtos químicos e



processos capazes de reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Existem doze princípios que devem ser perseguidos quando se pretende implementar a QV em qualquer nível de atuação da Química.

Um dos objetivos principais da QV é trazer os benefícios da produção química moderna para os países em desenvolvimento, sem impor a carga ambiental que tem assolado o mundo industrializado (ASFAW et al., 2005).

Para WARNER e colaboradores, a QV representa uma intenção de eliminar perigo intrínseco em si, ao invés de apenas reduzir a exposição, para a diminuição do risco. Química Verde é difundir em toda a indústria química, e inclui o uso e desenvolvimento de novas substâncias e processos que os setores de impacto, como a agricultura, saúde, automóvel, aeroespacial, energia, eletrônicos e materiais avançados (WARNER et al., 2004).

Para HJERESSEN e colaboradores (2000), a QV engloba todos os aspectos e tipos de processos químicos que reduzam os impactos negativos para a saúde humana e o meio ambiente.

Para MANLEY et al. (2008), a QV pode e tem minimizado resíduos e os processos têm sido mais eficientes, e que a QV vai muito além da redução de resíduos e prevenção da poluição. Química Verde engloba o ciclo de vida, da origem das matérias-primas, através de toda a produção, design de produto, até o final do ciclo de vida do produto químico.

A Química Verde com certeza configura-se como uma mudança de mentalidade da prática química. Vai além da zona de conforto de somente utilizar os já testados e validados reagentes, solventes e tecnologias e deve ser promovida e apoiada não só pela comunidade científica, mas também pelos governos, indústrias e todos os outros setores da sociedade. (FARIAS e FÁVARO, 2011, p.1092).

Para ANASTAS e EGHBALI, em 2010, o aspecto mais importante da QV é o conceito de *design*, o qual inclui a novidade, planejamento e concepção sistemática. Os doze princípios da QV são regras de design para

auxiliar profissionais da química a alcançar o objetivo da sustentabilidade. A QV caracteriza-se por um planejamento cuidadoso de síntese química e *design* molecular para reduzir as consequências adversas.

## 2.4 - OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Os doze princípios da QV foram introduzidos em 1998 por Paul Anastas e John Warner. Os princípios são referência no *design* de novos produtos químicos e processos, aplicáveis a todos os aspectos do processo de ciclo de vida a partir das matérias-primas utilizadas para a eficácia e segurança de transformações, a toxicidade e a biodegradabilidade dos produtos e reagentes utilizados (ANASTAS e EGHBALI, 2010).

Os doze princípios da QV têm sido um modelo para muitos avanços no campo, no entanto, os Doze Princípios não foram feitos para serem doze metas independentes, mas um sistema integrado e coeso. Somente através da aplicação de todos os princípios é possível alcançar um processo verdadeiramente sustentável (ANASTAS e EGHBALI, 2010).

Iniciativas em QV buscam alcançar a sustentabilidade ao nível molecular. Devido a este objetivo, não é surpreendente que tenha sido aplicada a todos os setores da indústria, da aeroespacial, automóveis, cosméticos, eletrônicos, energia, produtos domésticos, farmacêuticos e para a agricultura. A QV tem grande impacto devido ao fato de que vai para além do laboratório de pesquisa, para que os(as) químicos(as) possam projetar a próxima geração de produtos e processos, de modo que eles sejam seguros para a saúde humana e para o ambiente (ANASTAS e EGHBALI, 2010).

Os princípios têm sido adotados por profissionais das sociedades de química e são levados como uma bandeira em sites de todo o mundo. Alguns sociólogos da ciência e da comunicação consideram a adoção destas mensagens

ambientais como uma questão de identidade corporativa (COUPLAND, 2003), ainda indicando um ambiente favorável para o ofício (WARNER et al., 2004).

Os Princípios para a implementação da Química Verde são (ANASTAS e WARNER, 1998; ANATAS e KIRCHHOFF, 2002; TROST, 1995; PRADO, 2003; LENARDÃO et al., 2003; CORRÊA e ZUIN, 2009):

1. Prevenção. Evitar a produção do resíduo é melhor e menos dispendioso que a remediação ou tratamento após sua geração. Esta é sem dúvida a maneira mais eficiente de minimizar o impacto ambiental de uma atividade industrial.

Química Verde é a prevenção da poluição, a nível molecular. Ao nível da investigação laboratorial, os custos da disposição de materiais perigosos excedem geralmente o preço dos materiais de entrada. Na escala de produção, os custos para permanecer dentro dos limites legais de emissões e os custos associados para monitorar e documentar esses níveis tornar-se muito alta (WARNER et al., 2004).

Não é uma tarefa muito fácil para uma indústria alimentícia, por exemplo, mostrar a um consumidor da sua goma de mascar que o produto que ele adquiriu não contém resíduos do solvente orgânico utilizado na fabricação do corante presente na guloseima. Entretanto, é muito fácil mostrar que não há qualquer traço de um produto tóxico quando o processo de fabricação não envolve a utilização deste produto. (LENARDÃO et al., 2003, p.125)

2. Economia Atômica. Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.

Este princípio constitui um dos pilares dos fundamentos da QV e foi introduzido por Barry Trost em 1991, mas foi em 1998 que recebeu o *Presidential Green Chemistry Challenge Award* pelo desenvolvimento do conceito de economia atômica, cuja reação ideal seria aquela na qual toda a massa dos reagentes estivesse contida no produto. Pode ser calculado dividindo-se o peso molecular do produto desejado pelo obtido da soma de todas as

substâncias produzidas na(s) equação(ões) estequiométrica(s) envolvida(s) no processo (LENARDÃO et al., 2003).

Logo, teríamos um melhor aproveitamento das matérias-primas e, conseqüentemente, seriam gerados menos resíduos. A adição de Diels-Alder é considerada o melhor exemplo de uma reação com o máximo de economia atômica, pois nela os reagentes são totalmente incorporados ao produto (SILVA et al., 2005). Em contraste, reações de substituição e eliminação são reações desfavoráveis, sendo a última menos eficaz. Isso porque essas reações implicam na produção de subprodutos, ou seja, a geração de resíduos é inevitável.

3. Síntese de Produtos Menos Perigosos. Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.

Quando se olha unicamente para o produto de uma transformação química, o que é muitas vezes visto é somente a “ponta do *iceberg*”. Em uma sequência de reações, em várias etapas, ou às vezes até mesmo em um único passo, ficam camuflados muitas vezes reagentes bastante perigosos e tóxicos (WARNER et al., 2004).

Diferentemente do princípio 3, que está relacionada com métodos de síntese, o princípio 4 concentra-se nos produtos (WARNER et al., 2004). Por isso os princípios 3 e 4 podem ser considerados complementares.

4. Desenho de Produtos Seguros. Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.

Compreender as propriedades de uma molécula que tem um impacto sobre o meio ambiente e as transformações que ocorrem na biosfera é essencial para a sustentabilidade. Através de um domínio desse entendimento, a química poderá genuinamente projetar moléculas que são mais seguras para os seres humanos e o meio ambiente (ANASTAS e EGHBALI, 2009).

O *World Wildlife Foundation* (WWF) tem atualmente uma campanha para a fase a utilização de agentes anti-incrustantes em navios. Tradicionalmente, em grandes navios são utilizados produtos químicos chamados compostos organoestânicos para evitar o acúmulo de crustáceos e plantas marinhas. Esses compostos estão entre os produtos químicos considerados mais tóxicos já lançados no ambiente marinho. Mesmo quando presentes em concentrações muito baixas, eles demonstraram produzir impactos negativos sobre a vida marinha. Premiada pelo Desafio em Química Verde em 1996, uma alternativa não tóxica, substituindo os compostos organoestânicos por um produto chamado *Sea-Nine*. Este produto degrada-se rapidamente no ambiente e não é bioacumulativo, além de que também não oferece toxicidade para o meio marinho (WARNER et al., 2004).

Um grande dificultador da aplicação deste princípio é a não existência de estudos de toxicidade ainda de muitos compostos químicos. Em 2004, apenas 55% dos produtos químicos estavam contidos na lista de Inventário de Emissões Tóxicas (EPA) com dados de testes completos (WARNER et al., 2004).

5. Solventes e Auxiliares mais Seguros. O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.

Um dos principais problemas da indústria química está relacionado com a utilização de solventes orgânicos, pois dependendo do solvente empregado, sua manufatura, transporte, estoque, manuseio e descarte representam aspectos que demandam cuidados e capital (TROST, 1995; SILVA et al., 2005).

6. Busca pela Eficiência de Energia. A utilização de energia pelos processos químicos provoca impactos ambientais e econômicos e deve ser

minimizada. Preferencialmente, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

Variadas são as alternativas, energias renováveis foram identificadas na produção de biocombustíveis, de energia solar (térmica e fotovoltaica), energia eólica, geotérmica e células combustível de hidrogênio (ANASTAS e EGHBALI, 2009).

7. Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima. A utilização de reagentes renováveis é preferível aos não renováveis sempre que técnica e economicamente viável.

A dependência da indústria química em matérias-primas à base de petróleo deve ser abortada. O prazo para o esgotamento pode ser discutível; no entanto, independente do prazo, alternativas sustentáveis devem ser identificadas (WARNER et al., 2004).

8. Evitar a Formação de Derivados. A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.

No meio do século XX, sínteses de várias etapas foram projetadas, nas quais muitos são empregados grupos protetores que bloqueiam temporariamente a reatividade de um grupo funcional específico, até que um segundo reagente muito específico foi introduzido para removê-lo. Embora essas sínteses clássicas sempre permanecerão na história da síntese orgânica, deve-se reconhecer que a partir da perspectiva de um impacto ambiental, o uso de grupos de bloqueio é menos aceitável que sínteses que são concebidas sem exigir a presença deles (WARNER et al., 2004).

9. Catálise. Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.

No caminho para a sustentabilidade estão sendo desenvolvidos catalisadores altamente seletivos e efetivos na busca por sínteses ideais. A utilização de catalisadores heterogêneos é na maioria das vezes a melhor alternativa, a síntese pode ser mais limpa, mais seletiva e, com possibilidade de recuperação do catalisador por várias vezes. Como vantagem, com a catálise também pode ser evitada a geração de grandes quantidades de resíduos (LENARDÃO et al., 2003).

10. Desenho para a Degradação. Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.

O ambiente natural é repleto de ciclos ecológicos, nos quais os resíduos de um processo tornam-se a matéria-prima de outro. A busca da sociedade por bens e materiais duráveis, no passado criou-se materiais que são de difícil degradação. Devemos entender melhor esses ciclos e incorporá-los no projeto dos futuros materiais de modo a torná-los resistentes e estáveis enquanto eles são necessários (WARNER et al., 2004).

11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição. São metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.

Em tempo real devem ser desenvolvidas técnicas de análise para utilização na produção em larga escala. Também há necessidade de melhorar as técnicas de análise para consumir menos materiais. A química analítica tem desempenhado um papel essencial na síntese orgânica, ajudando a identificar e caracterizar compostos isolados, além de auxiliar a diminuir o uso de solventes e, portanto, reduzir drasticamente o desperdício (WARNER et al., 2004).

12. Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes. As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, precisam ser priorizadas para a minimização

do potencial de acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Perigo é definido como a capacidade de causar consequências adversas para os seres humanos ou o meio ambiente. A prevenção de acidentes começa por identificar e avaliar os perigos. Todos os tipos de perigos, a toxicidade, riscos físicos (por exemplo, a inflamabilidade, explosão) ou riscos globais, tais como destruição do ozônio estratosférico, devem ser abordados no projeto de processos e produtos químicos, a fim de evitar acidentes (ANASTAS e EGHBALI, 2010).

#### 2.4.1 - Os Doze Princípios de Engenharia Verde

Em 2003, Anastas e Zimmerman publicaram os doze princípios de engenharia verde, as quais são um grupo de premissas a serem adotados durante o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos e processos (ANASTAS e ZIMMERMAN, 2003):

1. Garantir que todas as entradas e saídas de matérias e insumos energéticos representem o menor risco para o homem e o ambiente;
2. Priorizar a redução ou a eliminação da geração de resíduo. Antes a prevenção do que a remediação (tratamentos *end-of-pipe*);
3. Operações de separação e purificação devem ser projetadas para minimizar consumo de energia e de matéria. Essas são as etapas em que mais se consome energia, logo, os processos devem ser projetados de maneira a promover a “auto-separação” para reduzir a necessidade do uso dessas operações;
4. Intensificação dos processos. Materiais, energia, tempo e espaço são variáveis importantes que os engenheiros verdes devem ter em conta na concepção de suas inovações alternativas em processos industriais (produzir



mais rapidamente ocupando menos espaço). Como exemplo, micro reatores que operam continuamente em volume muito baixo, e com alta produtividade e informações digitalizadas do processo, são considerados mais eficientes. A redução da escala de produção pode ser aplicada também a outros fatores, tais como plantas eco-industriais nas cidades, com fácil acesso para os trabalhadores (menos dependência do automóvel, consumindo menos tempo);

5. Produtos, processos e sistemas devem ser prioritariamente movidos pela “retirada dos produtos” e não “empurrados pela entrada”. Do princípio de *Le Chatelier*, o equilíbrio pode ser deslocado no sentido da formação de produtos ou aumentando a quantidade de reagentes ou diminuindo a quantidade de produtos. Mais reagentes implica em maior gasto de purificação.

6. A entropia e a complexidade inerentes ao sistema devem ser vistos com um investimento ao fazer escolhas de design em reciclagem, reutilização ou descarte. A destruição da complexidade de sistemas com entropia elevada implica no aumento da entropia do ambiente. Logo, devem-se reutilizar esses sistemas e não reciclá-los. Exemplo: a remediação de sistemas poluídos requer uma maior desordem (aumento de entropia) no ambiente;

7. Visar a durabilidade e não a imortalidade do produto. O produto deve resistir o tempo necessário para cumprir a sua função e após a sua utilização este deve se desintegrar sob condições naturais; Imortalidade ou persistência às condições ambientais após a sua eliminação não são propriedades desejáveis, pode ocorrer bioacumulação que pode ser perigoso para os organismos vivos.

8. Minimizar os excessos no momento do dimensionamento. Projetar processos para quantidades desnecessárias ou para cenário extremo de utilização é um erro; Atender à necessidade.

9. Minimizar a diversidade de materiais em produtos multicomponentes. Deve ser minimizado para promover a desmontagem e

retenção de valor. Dessa forma torna-se mais fácil a gestão de fim de vida do produto;

10. Investir na integração dos fluxos de massa e energia. Assim, reduz-se o esgotamento de matérias-primas e de fontes de energia não renováveis; Desenho de processos e sistemas deve incluir a integração de interconexão com os fluxos de energia e materiais disponíveis.

11. Prever “vida após a morte” do produto. Devem-se conceber processos e produtos numa ótica de mudança constante, prevendo um fim de vida rápido para os produtos, no caso de evoluções tecnológicas. A concepção modular, por exemplo, permite o desmonte descomplicado e a valorização dos componentes;

12. Insumos renováveis. A matéria-prima e energia utilizadas devem ser prioritariamente renováveis.

Os princípios de Engenharia Verde implicam, de fato, em investimentos iniciais adicionais, porém representam igualmente redução de custos de operação uma vez que se incentiva a integração energética, a reutilização de reagentes, o melhor aproveitamento de matéria-prima, o melhor dimensionamento dos equipamentos, a economia de energia, etc.

#### 2.4.2 - Os Segundos Doze Princípios da QV

Em 2001, WINTERTON formulou os segundos doze princípios da QV, enumerados a partir de 13. Estes novos princípios têm o objetivo de facilitar a mudança de atitude dos(as) químicos(as) acadêmicos(as). De acordo com MACHADO (2008b) estes novos princípios podem contribuir para a concretização da QV e, especialmente, podem facilitar as tarefas posteriores de desenvolvimento do processo de fabricação verde.

Os segundos doze princípios apelam aos(as) químicos(as) acadêmicos(as), que realizam investigação em síntese de compostos químicos, a

inclusão na sua atividade uma atitude proativa, de atenção às características verdes (ou sua falta) das reações químicas que venham desenvolver ou utilizar – o que exige que foquem mais atenção no grau verde.

A disponibilidade de dados deste tipo é importante porque o grau verde de uma reação química só tem interesse real no contexto da sua utilização na prática industrial, que é sempre precedida pelo estudo do respectivo escalamento. Embora a obtenção do grau verde à escala industrial envolva frequentemente compromissos entre fatores contraditórios, impostos por considerações técnicas, econômicas ou comerciais (e não apenas químicas), a adoção dos novos princípios pelos investigadores laboratoriais pode facilitar a avaliação e comparação do grau verde potencial das diversas alternativas de processos químicos, logo desde as primeiras atividades do desenvolvimento do processo – incluindo a fase preliminar de seleção do próprio produto (MACHADO, 2008b).

13. Identificar e quantificar os coprodutos (subprodutos eventuais e resíduos). Identificar os coprodutos e determinar as suas quantidades relativamente à do produto principal;

14. Obter conversões, seletividades, produtividades, etc. Para além do rendimento químico das reações de síntese, determinar métricas relevantes para a QV: seletividades, produtividades (eficiência atômica e similares), etc;

15. Estabelecer balanços materiais completos para o processo. Especificar, quantificar e contabilizar todos os materiais usados na obtenção do produto final, incluindo os auxiliares, nomeadamente os solventes;

16. Determinar as perdas de catalisadores e solventes nos efluentes. Determinar as quantidades ou caudais dos fluxos de efluentes líquidos, sólidos, e gasosos e as concentrações de reagentes auxiliares neles;

17. Investigar a termoquímica básica do processo. Avaliar e relatar as variações de entalpia das reações exotérmicas para alertar sobre eventuais problemas de libertação de calor com a mudança de escala;

18. Considerar limitações de transferência de calor e de massa. Identificar fatores que afetem a transferência de calor e de massa no escalamento (velocidade de agitação ou de dispersão de gases, área de contato gás-líquido, etc.);

19. Visualizar as reações sob a perspectiva dos(as) engenheiros(as) químicos(as). Identificar e compreender pontos de constrição para o escalamento da química no desenvolvimento do processo industrial por estudo das várias alternativas de tecnologia disponíveis para implementá-lo;

20. Considerar a globalidade do processo industrial ao selecionar a química de base. Avaliar o impacto das alternativas possíveis de todas as variáveis de processo (matérias-primas, natureza do reator, operações de separação, etc.) nas opções possíveis para a química de base. Realizar experiências com os reagentes comerciais que vão ser utilizados na fabricação;

21. Ajudar a desenvolver e aplicar medidas de sustentabilidade do processo. Avaliar quantitativamente, na extensão possível, o grau de sustentabilidade do processo industrial (atividade ainda incipiente, mas com futuro);

22. Quantificar e minimizar o uso de “utilidades”. Dar atenção ao uso e minimização das “utilidades” e proporcionar informação que permita avaliar as respectivas necessidades logo no início do desenvolvimento do processo e ao longo do escalamento da síntese;

23. Identificar situações de incompatibilidade entre a segurança do processo e a minimização de resíduos. Dar atenção à segurança do processo a desenvolver com base na síntese laboratorial e alertar para o fato de existirem restrições de segurança que limitam as condições de implementação da reação à escala industrial;

24. Monitorar, registrar e minimizar os resíduos produzidos na realização laboratorial da síntese. Dar atenção pormenorizada e quantitativa aos

resíduos produzidos na síntese laboratorial e lutar pela sua minimização (MACHADO, 2008b).

## 2.5- QUÍMICA VERDE COMO CONTEÚDO DE ENSINO

### 2.5.1- Atribuição do grau verde a um experimento

É comum a utilização de princípios da QV para definir um processo como verde. Como se pode observar pela frase de WARDENCKI e colaboradores, (2005) “Através da aplicação e extensão dos doze princípios, a QV pode contribuir para o desenvolvimento sustentável” (WARDENCKI et al., 2005, p.394).

Como no trabalho de PHONCHAIYA e colaboradores (2009), é mostrado um exemplo que consideram ideal para aplicação de princípios da QV. No experimento, os(as) estudantes usam os doze princípios da QV como ferramenta analítica. Em termos gerais, estudantes são obrigados a pensar sobre os solventes menos nocivos utilizados na reação, o uso mínimo de energia, bem como minimizar a geração de resíduos. Eles devem ser capazes de comparar os seus procedimentos com os convencionais em termos de impacto ambiental, economia e riscos à saúde humana. Alguns dos princípios podem exigir informações que não são prontamente disponíveis, tais como biodegradabilidade e algumas informações sobre os perigos. Este apresenta para estudantes uma oportunidade de usar a literatura química antes de tomar uma decisão (PHONCHAIYA et al., 2009).

Entretanto, será que cumprir um dos princípios significa estar de acordo com a química verde? Alguns autores conferem o grau verde a seus experimentos de uma forma quantitativa, por meio de métricas, como o Fator E, que leva em conta apenas um princípio da QV. RIBEIRO et al. (2010), também

atribuem o grau verde por meio de métrica - Estrela verde, entretanto, esta métrica utiliza-se de todos os princípios.

Alguns exemplos de inclusão de métricas de QV na graduação têm sido divulgados, como fator E e intensidade de massa (MCKENZIE et al., 2005; CHENEY et al., 2008; VAN ARNUM, 2005) economia de átomos, (MCKENZIE et al., 2005, CHENEY et al., 2008, ANDRAOS e SAYED, 2007; SAUVAGE e DELAUDE, 2008, CACCIATORE e SEVIAN, 2006, AKTOUDIANAKIS et. al., 2009), eficiência de massa relativa (ANDRAOS e SAYED, 2007, AKTOUDIANAKIS et. al., 2009) e estrela verde (RIBEIRO et al., 2010a, RIBEIRO et al., 2010b, RIBEIRO e MACHADO, 2011).

De acordo com MERCER et al. (2012), uma avaliação científica do grau verde só é possível com a utilização de métricas quantitativas multivariadas que fornecem uma análise mais detalhada e objetiva do conjunto de dados para avaliação.

### 2.5.2 - Métricas para QV

De acordo com MACHADO 2007, o grau verde é uma grandeza complexa e incerta, pois é constituída por variadas componentes de natureza química (como, incorporar os átomos dos reagentes no produto e não os desperdiçar em resíduos, usar reagentes e reações seguras, etc.), ambiental (não produzir resíduos e poluentes, especialmente se tóxicos, usar matérias-primas renováveis, etc), energética, etc.

Até o momento, o grau verde tem sido aferido por diversas métricas, que em geral se dividem em duas categorias: métricas de massa, para avaliar o grau verde intrínseco das reações químicas em termos do cumprimento dos dois primeiros princípios da QV; e métricas ambientais (FROSCH, 1999; ALLEN e SHONNARD, 2002), para avaliação das várias nuances de

benignidade ambiental em diversas escalas, associadas aos princípios restantes (MACHADO, 2007).

A QV está passando por uma transição a partir de descrições qualitativas gerais do grau verde para comparações quantitativas baseadas em resultados mensuráveis, ou seja, métricas capazes de explicar vários aspectos de um determinado produto químico em transformação, incluindo: a viabilidade econômica, o fluxo de massa global e os produtos residuais, as propriedades toxicológicas e perfis eco-toxicológicos de todas as espécies químicas envolvidas (reagentes, solventes, catalisadores, produtos) (SELVA e PEROSA, 2008).

Existem diversas métricas de QV disponíveis, entretanto, há também uma falta de padronização das métricas com relação à nomenclatura (métricas similares com diferentes nomes) e como cada métrica deve ser empregada (ANDRAOS, 2012; ANDRAOS e DICKS, 2012).

O desenvolvimento das métricas de QV é afetado por contínuas mudanças na nomenclatura pelos autores para as mesmas ideias, o que dá a impressão de que há ainda uma nova métrica a ser definida, com uma nova visão.

Por exemplo, as terminologias, fator E, intensidade de massa, eficiência de massa, se referem a métricas destacando a quantidade de material utilizado em um processo químico (HENDERSON et al., 2010). Isso levou uma mudança política editorial na apresentação de trabalhos de *Orgânica*, que devem agora incluir alguns tipo de métricas de avaliação para avaliar o impacto ambiental e grau verde de um processo químico de síntese. Os autores são também encorajados a seguir os princípios da química verde com respeito à escolha do solvente de reação (LAIRD, 2012). Neste cenário, os educadores têm uma tarefa cada vez mais desafiadora para decidir quais os conceitos ensinar e qual literatura específica direcionar aos(às) estudantes (ANDRAOS e SAYED, 2007; RIBEIRO et al., 2010a; ANDRAOS e DICKS, 2012).

A utilização isolada de métricas de natureza reducionista, por abrangerem somente um princípio, não é adequada para avaliar o grau verde como um todo, tem como consequência a errônea atribuição do grau verde (casos de “falsa QV”) (MACHADO, 2008; RIBEIRO et al., 2010a).

RIBEIRO et al. (2010a), construíram uma métrica sistêmica, que considera todos os doze princípios da QV (ANASTAS e WARNER, 1998) para análise do grau verde das reações químicas. Esta métrica foi nomeada como Estrela Verde (EV) (*Green Star*, GS), de natureza gráfica, que permite comparações visuais fáceis.

A métrica é constituída por uma estrela de tantas pontas quantos os Princípios da QV 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 a verdura global do processo químico em estudo. Em face da sua forma, a métrica foi designada pelo nome de “Estrela Verde (EV)” (*Green Star*, GS). (RIBEIRO et al. 2010a, p.759)

#### 2.5.2.1 - MÉTRICAS DE MASSA DA QV

Métricas de massa destacam a concentração dos reagentes no produto para auxiliar a minimização da geração de resíduos, avaliam o uso eficiente de átomos em uma reação química (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO et al., 2010b; RIBEIRO e MACHADO, 2011; RIBEIRO e MACHADO, 2012a; RIBEIRO e MACHADO, 2012b).

Fator E (SHELDON, 1992; SHELDON, 1994), é definido como a razão de massas entre a totalidade da massa dos resíduos produzidos e a massa de produto obtido (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO e MACHADO, 2011).

Intensidade de massa (CONSTABLE; CURZONS; CUNNINGHAM, 2002), definida como a razão entre a massa total de materiais usados num processo (reagentes, solventes, outros materiais auxiliares, etc.) e a



massa de produto obtido (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO e MACHADO, 2011).

Utilização atômica percentual, definida como a razão entre a massa do produto obtido e a soma das massas de todas as substâncias produzidas na reação (produto e coprodutos), expressa em percentagem (RIBEIRO et al., 2010a).

Economia atômica, definida como a razão entre a massa de átomos de reagentes que são incorporados no produto desejado e a massa total de átomos nos reagentes, expressa em percentagem (o termo reagentes refere-se apenas aos reagentes estequiométricos) (RIBEIRO et al., 2010a).

Eficiência de massa, definida como a razão entre a massa do produto efetivamente obtido e a massa total de reagentes estequiométricos usados na reação, expressa em percentagem (RIBEIRO et al., 2010a). Esta é uma das métricas mais usadas em processos industriais (CURZONS et al., 2001) e, pela facilidade de cálculo, mostrou-se mais útil para avaliar a incorporação dos átomos de reagentes no produto (RIBEIRO et al., 2010a).

#### 2.5.2.2 - ESTRELA VERDE

A métrica Estrela Verde (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO et al., 2010b), foi projetada para considerar simultaneamente todos os princípios da QV aplicáveis em cada situação (uma reação, uma via sintética, ou de um processo químico, etc) ao perseguir o grau verde e para fornecer uma avaliação holística que se destina a ser uma métrica sistêmica. Na construção de estrela verde, para cada substância, são coletadas informações sobre os riscos para a saúde humana e do ambiente, acidentes químicos potenciais (Tabela 2.1). Usando critérios pré-definidos (RIBEIRO et al., 2010a), a pontuação é atribuída

a cada um dos princípios de QV (numa escala de 1 a 3, do mínimo ao máximo valor atribuído de grau verde) (Tabela 2.2).

TABELA 2.1 - Critérios para a classificação das substâncias para a construção da Estrela Verde (EV) (P<sub>1</sub>= pontuação)

a) Riscos para a saúde humana e o ambiente das substâncias envolvidas		
Riscos	Símbolo de risco	P <sub>1</sub> = pontuação
Saúde	C – corrosivo T – tóxico T' – muito tóxico	3
	X <sub>n</sub> – prejudicial X <sub>i</sub> – 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 <sub>1</sub> = pontuação
Saúde	C – corrosivo T – tóxico T* – muito tóxico	3
	X <sub>n</sub> – prejudicial X <sub>i</sub> – irritante	2
	Nenhuma indicação	1
	Inflamabilidade	F – muito inflamável F* – extremamente inflamável
Nenhuma indicação		1
Reatividade		E – explosivo
	O – agente oxidante	3
	N – Nenhuma indicação	1
c) Degradabilidade e Renovabilidade das substâncias envolvidas		
Características	Critérios	P <sub>1</sub> = pontuação
Degradabilidade	Não degradáveis ou que não possam ser tratadas para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos.	3
	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 et al., 2010a.

TABELA 2.2- Princípios da Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV

(continua)

Princípios da Química Verde	Crerios	Escala de grau verde
P1	Todos os resduos s3o in3ocuos ( $p_1=1$ , tabela 2.1)	3
	Resduos que envolvam um risco moderado para a saude e ambiente ( $p_1=2$ , tabela 2.1a, pelo menos para uma substancia, sem substancias com $p_1=3$ )	2
	Formacao de pelo menos um resduo que envolva um risco elevado para a saude e ambiente ( $p_1=3$ , tabela 2.1)	1
P2	Reacoes sem reagentes em excesso (<10%) e sem formacao de coprodutos	3
	Reacoes sem reagentes em excesso (<10%) e com formacao de coprodutos	2
	Reacoes com reagentes em excesso (>10%) e sem formacao de coprodutos	2
	Reacoes com reagentes em excesso (>10%) e com formacao de coprodutos	1
P3	Todas as substancias envolvidas s3o in3ocuas ( $p_1=1$ , tabela 2.1)	3
	As substancias envolvidas apresentam um risco moderado para a saude e ambiente ( $p_1=2$ , tabela 2.1a, pelo menos para uma substancia, sem substancias com $p_1=3$ )	2
	Pelo menos uma das substancias envolvidas apresenta um risco elevado para a saude e ambiente ( $p_1=3$ , tabela 2.1)	1
P5	Os solventes e as substancias auxiliares n3o existem ou s3o in3ocuos ( $p_1=1$ , tabela 2.1a)	3
	Os solventes e as substancias auxiliares usadas envolvem um risco moderado para a saude e ambiente ( $p_1=2$ , tabela 2.1a, pelo menos para uma substancia, sem substancias com $p_1=3$ )	2
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substancias auxiliares usadas envolve um risco elevado para a saude e ambiente ( $p_1=3$ , tabela 2.1a)	1
P6	Temperatura e press3o ambientais	3
	Press3o ambiental e temperatura entre 0°C e 100°C que implique arrefecimento ou aquecimento	2
	Press3o diferente da ambiental e/ou temperatura muito afastada da ambiental	1
P7	Todos os reagentes/mat3rias-primas/recursos envolvidos s3o renov3veis ( $p_1=1$ , tabela 2.1c)	3
	Pelo menos um dos reagentes/mat3rias-primas/recursos envolvidos 3 renov3vel, n3o se considera a 3gua ( $p_1=1$ , tabela 2.1c)	2
	Nenhum dos reagentes/mat3rias-primas/recursos envolvidos 3 renov3vel, n3o se considera a 3gua ( $p_1=3$ , tabela 2.1c)	1
P8	N3o se usam derivatiza33es	3
	Usa-se apenas uma derivatiza33o ou opera33o semelhantes	2
	Usam-se v3rias derivatiza33es ou opera333es semelhantes	1
P9	N3o se usam catalisadores ou os catalisadores s3o in3ocuos ( $p_1=1$ , tabela 2.1a)	3
	Utilizam-se catalisadores que envolvem um risco moderado para a saude e ambiente ( $p_1=2$ , tabela 2.1a)	2
	Utilizam catalisadores que envolvem um risco elevado para a saude e ambiente ( $p_1=3$ , tabela 2.1a)	1
P10	Todas as substancias envolvidas s3o degrad3veis com os produtos de degrada33o in3ocuos ( $p_1=1$ , tabela 2.1c)	3

Fonte: RIBEIRO et al., 2010a.

TABELA 2.2- Princípios da Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV

Princípios da Química Verde	Critérios	(conclusão)
		Escala de grau verde
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos ( $p_1=2$ , tabela 2.1c)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratada para dar origem a produtos inócuos ( $p_1=3$ , tabela 2.1c)	1
P12	As substâncias envolvidas apresentam um baixo risco de acidente químico ( $p_1=1$ , tabela 2.1b)	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado de acidente químico ( $p_1=2$ , tabela 2.1b, pelo menos para uma substância, sem substâncias com $p_1=3$ )	2
	As substâncias envolvidas apresentam um risco elevado de acidente químico ( $p_1=3$ , tabela 2.1b)	1

Fonte: RIBEIRO et al., 2010a.

O conjunto de valores é representado graficamente por uma estrela (Figura 2.2) em que cada dimensão do gráfico descreve um princípio. O gráfico é a estrela verde: quanto maior sua área, maior o grau verde dessa reação, da via sintética, e assim por diante (RIBEIRO e MACHADO, 2011).

Também se pode atribuir quantitativamente o grau verde, por meio da área de preenchimento da estrela verde, expresso como uma percentagem. O índice de área verde varia de 0% (mínimo de grau verde) a 100% (estrela de grau verde máxima) (RIBEIRO e MACHADO, 2011).

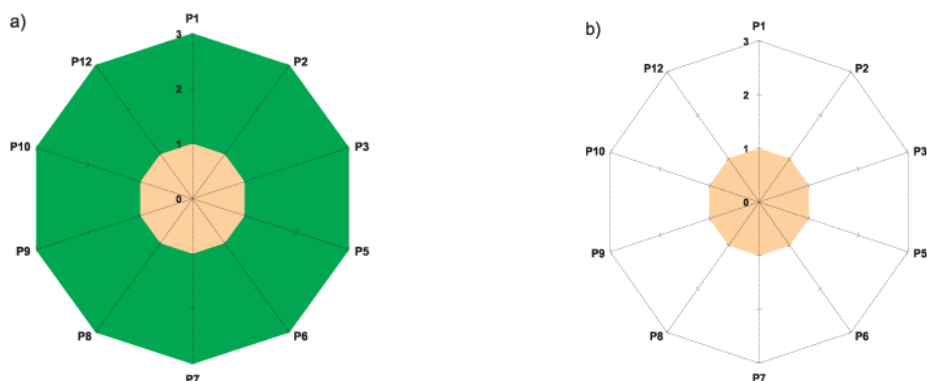


FIGURA 2.2- a) Estrela com grau verde máximo; b) Estrela de grau verde mínimo (RIBEIRO et al., 2010a)

### 2.5.2.3 - CIRCULO VERDE E MATRIZ VERDE

Estas ferramentas têm por base a análise do cumprimento individual dos doze princípios da QV a partir de gráficos em forma de círculos construídos com auxílio do programa *Microsoft Excel* (Circulo Verde, em que os critérios previamente definidos, sendo os resultados da avaliação apresentados em gráficos binários – cumprimento/não cumprimento de cada princípio) ou a partir de tabelas (Matriz Verde, obtidas por uma análise de identificação de pontos fortes e fracos do objeto em análise, como também as oportunidades de torná-lo mais forte, e as ameaças que podem comprometer o sucesso dos objetivos estabelecidos (RIBEIRO e MACHADO, 2012).

## 2.6 - INTRODUÇÃO DE QV NO ENSINO DE QUÍMICA

A introdução de QV no currículo de qualquer curso/disciplina de química é muito importante, inclusive no ensino médio, pois estes(as) estudantes poderão se tornar profissionais da química, docentes, governantes, profissionais de saúde, dirigentes de empresas, artistas e etc (ZUIN e MARQUES, 2015 *in press*). Embora sejam os cientistas e engenheiros que irão ter maior contato com a QV, os demais agentes da sociedade poderão estar em uma função/situação em que haja necessidade de tomada de decisão em relação a um reagente químico, líderes empresariais irão orientar o curso das empresas, políticos que podem definir leis sobre destinação de resíduos e até mesmo na escolha de produtos químicos de uso doméstico (CANN e DICKNEIDER, 2004).

A QV deve ser inserida em todas as áreas da Química, principalmente nas disciplinas experimentais, no desenvolvimento de práticas de laboratório de ensino adaptadas a este novo conceito da química (REED e HUTCHISON, 2000).

Há 20 anos, poucos cursos universitários de química apresentavam conceitos laboratoriais sobre a prevenção da geração de subprodutos indesejáveis e tóxicos ao ambiente (COLLINS, 1995; CANN, 1999). A implementação da QV nos currículos universitários começou há uma década no mundo, e o interesse em seus materiais educacionais vem crescendo, sendo que muitos recursos educacionais em QV têm sido desenvolvidos ou estão em pleno desenvolvimento (HEINHORST e CANNON, 2001; PRADO, 2003).

De acordo com o código de conduta da *American Chemical Society* (WARE, 2001; PRADO, 2003, p.743):

Os químicos têm a responsabilidade profissional de servir ao interesse público e ao bem-estar, através dos seus conhecimentos científicos. Os químicos deverão ter cuidados com a saúde e o bem-estar dos companheiros de trabalho, consumidores e da comunidade; deverão compreender e antecipar as consequências ambientais do seu trabalho. Os químicos têm a responsabilidade de evitar a poluição e proteger o meio ambiente.

Para que os(as) químicos(as) desempenhem a contento suas funções faz-se necessária a introdução da QV nos currículos (ANASTAS et al., 2007; BRAUN et al., 2006; HJERESEN et al., 2000).

O interesse no uso da QV nos processos químicos tradicionais tem sido estendido internacionalmente para a prevenção da poluição nos países desenvolvidos e mais recentemente nos países em desenvolvimento. Esta evolução é marcada por significantes contribuições de instituições que procuram o desenvolvimento alternativo e sustentável da química. O crescimento da QV no consciente acadêmico resulta na formação de profissionais que podem desenvolver metodologias científicas e tecnológicas com aspectos positivos para o planeta (HJERESEN, 2001; PRADO, 2003).

A aceitação da utilização da QV poderia ser mais fácil se na formação de profissionais da química houvesse, em sua matriz curricular, a disciplina de toxicologia, por exemplo. Talvez seja um contrassenso a formação de um doutor em química não necessitar cursar tal disciplina. Como pode um/a químico(a) produzir em sua pesquisa novas substâncias, e ter pouco

conhecimento sobre o seu perigo potencial ou interação potencial com outros materiais no meio ambiente? (WARNER et al., 2004).

As disciplinas, como toxicologia, podem ser um caminho para chegar até a EQV. A formação de um/a químico(a) não pode mais estar somente fundamentada na sua função técnica, mas também composta por disciplinas que ofereçam uma visão global, como nas questões ambientais e que sejam flexíveis para adaptar o conhecimento técnico às novas exigências sociais (FARIAS e FÁVARO, 2011).

Uma maneira de incorporar a QV no ensino de química, como sugerido por BRAUN e colaboradores (2006), é por meio de atividades laboratoriais que permitam estudantes realizarem as experiências. Neste lugar, eles poderão aprender a importância de reduzir ou eliminar o uso ou produção de substâncias perigosas que envolvam riscos para a saúde e para o meio ambiente, além da vantagem de aplicar os conceitos de prevenção de resíduos e economia de átomos (KIRCHHOFF, 2001; MONTES et al., 2006).

Sem ser necessária uma disciplina específica, a QV deve estar presente, nas diversas áreas da química.

### 2.6.1- Currículo para Formação no Ensino de Química

Naturalmente, os currículos de cursos para uma formação profissional costumam separar conteúdos, por meio de disciplinas. Quando estamos falando de cursos de licenciatura, a separação das disciplinas causa ainda preocupação, pois a divisão de disciplinas não pode dividir o curso em formação técnica e posteriormente didática, com os estágios usuais de final de curso.

Desde 2002, a Resolução CNE/CP 1, que instituiu as “Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena” (BRASIL, 2002a),

rompeu com o modelo chamado de “3+1” que concebe e constrói um docente como uma pessoa com formação “técnica”, na maioria das vezes vinculada aos cursos de Bacharelado, pois entende a atividade profissional como essencialmente instrumental e dirigida para a solução de problemas mediante a aplicação de teorias e técnicas (PÉREZ-GÓMEZ, 1992).

Os problemas deste tipo de modelo são a abstração das circunstâncias reais, compondo-se de problemas ideais e que não são aplicados às situações práticas, instaurando-se aí o indesejável distanciamento entre teoria e prática (SCHNETZLER, 2000; SILVA e FERREIRA, 2012). Além disso,

Difundir a concepção empirista-indutivista, em geral, é conceber de forma inadequada o trabalho científico. Em função disso, várias imagens distorcidas do conhecimento científico e da natureza da ciência podem ser disseminadas, entre elas: que existe um método único e infalível de fazer ciência, cuja metodologia é indutiva; que a ciência começa a partir da observação neutra dos fatos, sendo um conhecimento objetivo; que a ciência se relaciona a uma verdade “absoluta”, porque é algo provado; que o desenvolvimento científico ocorre de forma linear e cumulativa. (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2002, p.15)

Outro problema, influenciado pela filosofia positivista, e contido nos currículos de formação inicial do docente, é a apresentação do conhecimento científico como verdadeiro, acabado, preciso e válido, de tal modo que se pode interpretar ser suficiente ter conhecimento da matéria a ser ensinada, bem como alguns recursos didáticos, para exercer a docência (LÔBO e MORADILLO, 2003).

#### Segundo MAAR:

O conteúdo da experiência formativa não se esgota na relação formal com o conhecimento – das ciências naturais, por exemplo – mas implica uma transformação do sujeito no curso do seu contato transformador com o objeto na realidade. Para isto se exige tempo de meditação e continuidade 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 (MAAR, 2006, p. 25) (ZUIN, 2011, p. 22)



A práxis educacional, originada por essa reflexão sobre a relação teoria e prática se compreende com o intuito de, na medida do possível, resistir contra o processo de coisificação do indivíduo (ZUIN, 2011).

A formação docente deve permitir o domínio dos conteúdos científicos contendo aspectos epistemológicos e históricos, inserindo as suas relações com o contexto social, econômico e político. Assim como deve também questionar as visões simplistas do processo pedagógico de ensino das ciências usualmente centradas no modelo transmissão-recepção e na concepção empirista-positivista da ciência (GIL-PÉREZ e CARVALHO, 1993; PÓRLAN e TOSCANO, 2000 APUD SCHNETZLER, 2000).

É importante que essas formas sejam introduzidas num contexto de formar para o desenvolvimento profissional, na perspectiva de um processo dinâmico de desenvolvimento do(a) docente, no qual os dilemas, as dúvidas, a falta de estabilidade e a divergência chegam a constituir o desenvolvimento profissional (IMBERNÓN, 2002, p.44; SILVA e FERREIRA, 2012).

Os(As) pesquisadores(as) em ensino de química, de modo geral, concordam que as ações didático-pedagógicas devem contemplar o pensamento do(a) estudante, os conceitos de significação, além dos aspectos sócio-científicos, tais como questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relacionadas à tecnologia e ciências, tanto no ensino superior como do ensino médio (SCHNETZLER, 2002; PINHEIRO et al., 2010). De maneira a tornar o currículo mais sustentável “a interdisciplinaridade e a sustentabilidade devem estar presentes durante todo o processo de formação do Químico, pois delas depende a criação do ‘comportamento verde’” (PINTO et al., 2009, p.568).

## 2.6.2 - Expressões do Projeto Político Pedagógico

O projeto político-pedagógico é um instrumento de ação política que representa a identidade do curso e nele se encontram as decisões com relação ao currículo (objetivos, conteúdo, metodologia, recursos didáticos e avaliação), as condições reais e objetivas do trabalho, recursos humanos, físicos e financeiros da instituição, além de administração do tempo para o desenvolvimento dessas ações, no qual é refletido o perfil de cidadão que a universidade espera formar (CASTANHO e CASTANHO, 2000; KASSEBOEHMER, 2006).

De acordo com VEIGA (2001), o projeto político-pedagógico deve ser sustentado por quatro aspectos: humana - pessoas envolvidas, ou seja, docentes, pesquisadores(as) e estudantes; o posicionamento epistemológico adotado –transição do conhecimento científico ao senso comum; a metodológica – como ensinar, aprender e pesquisar; e a ética – deve mediar a aula universitária, não é somente transmitir valores morais, mas construir um novo senso comum e solidário - procura as consequências para o coletivo, não se preocupando somente com os resultados mais imediatistas (KASSEBOEHMER, 2006).

## 2.6.3 - Conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais

O termo “conteúdo” não pode ser restrito e utilizado apenas para se referir aos conhecimentos específicos de uma determinada área do conhecimento. Os “conteúdos” abrangem além das capacidades cognitivas, as motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social. Coll propôs uma significação aos “conteúdos”, dividindo-os em conceituais, procedimentais e atitudinais (COLL, 1997).

COLL (1997) relata que os conteúdos conceituais corresponderiam ao compromisso científico da escola de conduzir o conhecimento socialmente produzido (RAMOS, 2013). Complementando, os conteúdos conceituais são aqueles que remetem ao conhecimento construído pela humanidade ao longo da história. Estes conteúdos referem-se ao conjunto de fatos, objetos, símbolos e princípios. Logo, estes são conteúdos mais abstratos que envolvem a compreensão, a reflexão, a análise e a comparação (JUSTINIANO, 2013).

Conteúdos conceituais referem-se à construção ativa das capacidades intelectuais para operar com símbolos, ideias, imagens e representações que permitem organizar a realidade. A aprendizagem de conceitos se dá por aproximações sucessivas. (BRASIL, 1997)

As estratégias dirigidas para a aprendizagem de conteúdos conceituais podem ser mais expressivas desde que sejam propostas em contextos significativos. Para atingir este objetivo, as atividades que visem aprendizagem de conceitos devem estar relacionadas a conteúdos procedimentais e atitudinais (JUSTINIANO, 2013).

Os conteúdos procedimentais abarcam ações ordenadas com um fim, ou seja, ações direcionadas para a realização de um objetivo. Referem-se a um aprender a fazer, envolvem regras, técnicas, métodos, estratégias e habilidades (JUSTINIANO, 2013).

Os procedimentos expressam um saber fazer, que envolve tomar decisões e realizar uma série de ações, de forma ordenada e não aleatória, para atingir uma meta. (BRASIL, 1997)

Para JUSTINIANO (2013), o domínio deste conteúdo envolve o exercício e a sua aplicação em diferentes contextos.

No entanto, conteúdos procedimentais são abordados muitas vezes de maneira equivocada, não sendo tratados como objeto de ensino, que necessitam de intervenção direta do professor para serem de fato aprendidos. O aprendizado de procedimentos é, por vezes, considerado como algo espontâneo, dependente das habilidades individuais. (BRASIL, 1997)

Os conteúdos atitudinais envolvem valores, atitudes e normas. Dentre esses conteúdos podemos destacar a cooperação, solidariedade, trabalho

em grupo, respeito, ética e o trabalho com a diversidade. Este conteúdo é bastante complexo, pois envolve tanto a cognição quanto os afetos que tem como consequência condutas (ações e declarações de intenção) (BRASIL, 1997, p. 33).

(...) os conteúdos atitudinais permeiam todo o conhecimento escolar. A escola é um contexto socializador, gerador de atitudes relativas ao conhecimento, ao professor, aos colegas, às disciplinas, às tarefas e à sociedade. A não compreensão de atitudes, valores e normas como conteúdos escolares faz com estes sejam comunicados sobretudo de forma inadvertida — acabam por ser aprendidos sem que haja uma deliberação clara sobre esse ensinamento. Por isso, é imprescindível adotar uma posição crítica em relação aos valores que a escola transmite explícita e implicitamente mediante atitudes cotidianas. A consideração positiva de certos fatos ou personagens históricos em detrimento de outros é um posicionamento de valor, o que contradiz a pretensa neutralidade que caracteriza a apresentação escolar do saber científico. (BRASIL, 1997)

Logo, COLL (1997) afirma que os conteúdos atitudinais satisfazem ao compromisso filosófico da escola, pois promovem aspectos que nos completam como seres humanos, que dão uma dimensão maior, que dão razão e sentido para o conhecimento científico. RAMOS (2013), acrescenta a importância de relacionar conteúdos atitudinais a uma demanda social e ao contexto atual.

A educação não deve se limitar, os conteúdos podem ser inter-relacionados, transdisciplinares, interdisciplinares e abrangerem capacidades cognitivas, motoras, afetivas, éticas e sociais, para se tornar globalizada, na qual concebe o(a) estudante em uma perspectiva mais holística e integral (RAMOS, 2013).

De acordo com ZABALA (2002), um enfoque globalizador parte do pressuposto que os conteúdos de aprendizagem são “sempre meios para conhecer ou responder a questões que uma realidade experiência dos alunos proporciona: realidade que é sempre global e complexa” (ZABALA, 2002, p.28).

A QV compartilha deste enfoque que contribui para ampliar a própria noção de conteúdos de aprendizagem que inclui não só conteúdos factuais e conceituais, mas também procedimentais e atitudinais. De acordo com PINTO e colaboradores (2009), “nesta nova concepção, para enfrentar os desafios emergentes, torna-se necessária a união de ciência e educação, condição fundamental para a transformação radical da educação científica, do ensino fundamental à pós-graduação”.

#### 2.6.4 - Experimentação no Ensino: Teoria, Prática e suas relações

É fundamental entender a concepção de educação antes da concepção de educação em QV. SILVA et al. (2010), por meio de duas frases apresentam a experimentação no ensino “como uma atividade que permite a articulação entre fenômenos e teorias”, assim, “o aprender Ciências deve ser sempre uma relação constante entre o fazer e o pensar”.

No ensino de Ciências ainda é predominante um discurso simplista acerca da experimentação (SILVA e ZANON, 2000), ou seja, a experimentação é caracterizada pela presença de, entre outros aspectos, uma visão de ensino e aprendizagem como transmissão e recepção passiva de conhecimentos e de uma visão empirista-indutivista da ciência (GONÇALVES, 2009).

As disciplinas experimentais usualmente tem como objetivo a comprovação de conteúdos por meio de experimentos, essa comprovação ocorre quando as(os) estudantes seguem um roteiro pré-determinado, como se estivessem com uma “receita” para então obter um resultado já esperado. Mesmo com estudos apontando que esta prática não leva a(o) estudante à reflexão este modo de ensino ainda é comum (DOMIN, 1999; GONÇALVES, 2009).

É possível comparar a possibilidade/dificuldade de aprendizado por meio de um ensino centrado puramente na exposição oral por parte do(a)

docente com a experimentação, que está alicerçado na crença de que a produção do conhecimento ocorre exclusivamente pela aplicação do método experimental (único objetivo é comprovar um conhecimento teórico). Contudo, muitos acreditam que a experimentação é a solução para esse problema (BARBERÁ e VALDÉS, 1996; GONÇALVES, 2009).

O ensino de Ciências precisa transcender o entendimento de que há um método de ensino único ou um método para ensinar por meio de experimentos. Esse “mito” parece estar associado à ideia de que a aplicação de técnicas e metodologias, supostamente universais, pode resolver os problemas da educação. Cabe ressaltar ainda o fato de a defesa ao “experimentalismo” desvalorizar a necessidade do acesso docente e discente aos mais variados recursos, como as novas tecnologias da comunicação e informação, revistas, livros didáticos e paradidáticos etc. Esses recursos podem ser tão importantes quanto as atividades experimentais na promoção da aprendizagem. (GONÇALVES, 2009, p.13).

De acordo com MARQUES e colaboradores, 2007, existem aspectos que precisam estar presentes no planejamento e execução das atividades experimentais para a formação inicial de docentes de química, como experimentos que não desrespeitem a integridade física dos(das) estudantes e/ou considerem a necessidade de evitar a geração de resíduos ou pelo menos de tratar os resíduos gerados.

Isso significa dizer que além de favorecer, por exemplo, a aprendizagem de conceitos e habilidades manipulativas, os experimentos propiciam, inevitavelmente, a aprendizagem de atitudes como o respeito ou desrespeito com o “ambiente” ao se ponderar, ou não, o destino dos resíduos gerados no laboratório como um ponto relevante na formação profissional dos licenciandos. (GONÇALVES, 2009, p.14)

A fim de compreender melhor uma atividade experimental SILVA et al. (2010), explanam que as teorias científicas têm como principal finalidade a explicação de fatos e fenômenos do mundo real, com potencial capacidade de generalização.

Quando os estudantes realizam uma atividade experimental e observam determinados fenômenos, geralmente solicita-se que os expliquem. A explicação de um fenômeno utilizando-se de uma teoria é o que denominamos de relação teoria-experimento, ou seja, é a relação entre o fazer e o pensar. Quando fazemos uso de uma teoria

para explicar o fenômeno não significa que estamos provando a veracidade desta, mas sim testando sua capacidade de generalização (SILVA et al., 2010, p.236).

A atividade científica de experimentação não concretiza a teoria, pois esta, ao contrário, promove o afastamento do mundo concreto que o homem tem diante de si. Ela também possui uma finalidade em si mesma, pois permite, por sua estrutura e dinâmica, a formação e o desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado, ou seja, ela enseja a possibilidade de fragmentação do objeto concreto em partes, o reconhecimento destas e a sua recombinação de um modo novo. É nisso que reside o seu grande potencial como atividade imaginativa criadora, se bem empregada (SILVA et al., 2010).

Em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN é recomendado o uso da experimentação, enfatizando a relação teoria-aprendizagem, incorporando a interdisciplinaridade e a contextualização. Estes trazem a necessidade de um novo conceito de atividades experimentais, as quais não necessitam de um modelo preconcebido de laboratório, que podem ser em espaços tais como a própria sala de aula, um jardim, horta, caixa d'água, cantina, cozinha, e ambientes que não necessitam estar na escola, visitas a museus, estações de tratamento de água e esgoto, indústrias, etc. (SILVA et al., 2010).

A inclusão da contextualização decorre naturalmente do desenvolvimento das atividades nestes contextos. Esse novo olhar sobre as atividades experimentais proporciona uma visão mais ampla dos fenômenos, revelando a complexidade da vida moderna e possibilitando a diversidade de abordagens (SILVA et al., 2010).

As atividades experimentais demonstrativas-investigativas possibilitam: maior participação e interação entre estudantes e com docentes em sala de aula; melhor compreensão por parte dos(as) estudantes da relação teoria-experimento; o levantamento de compreensão por parte dos(as) estudantes da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos(as) estudantes; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de

aula a partir das concepções prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e testes de hipóteses; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros (SILVA et al., 2010).

É recomendável que as possíveis atividades experimentais demonstrativas-investigativas sejam conduzidas na perspectiva de experiências abertas. Entende-se por experiências abertas aquelas em que os fenômenos são observados e as(os) estudantes conseguem, sob orientação, relacioná-los com teoria (relação teoria-experimento), não havendo necessidade de se alcançar resultados quantitativos próximos de valores tabelados encontrados em livros didáticos. Faz-se necessário alertar que essas atividades não podem ser desenvolvidas com o objetivo de “comprovar na prática como a teoria funciona” (SILVA et al., 2010).

Experiências investigativas, de modo geral, requerem que sejam realizadas em laboratório. Diferentemente da anterior, estas buscam a solução de uma questão que será respondida pela realização de uma ou mais experiências, que podem envolver as seguintes etapas: proposição de um problema; identificação e exploração das ideias das(dos) estudantes; elaboração dos possíveis planos de ação; experimentação do que foi planejado; análise dos dados que foram anotados; resposta à pergunta inicial (SILVA et al., 2010).

Vídeos e filmes também são considerados como atividade experimental, principalmente por permitirem uma abordagem contextualizada e interdisciplinar de uma determinada realidade. Além disso, possibilitam a observação de fenômenos que demandam um tempo mais longo para ocorrer, principalmente aqueles relacionados a alterações no meio ambiente. Também favorecem a visualização de processos que ocorrem em realidades distantes da comunidade em que a escola esta inserida, a obtenção industrial de metais, plásticos, tecidos, etc. (SILVA et al., 2010).



Estudos de espaços sociais e resgate de saberes populares permitem que docentes e estudantes possam se aproximar de um dado contexto social no processo ensino-aprendizagem, inter-relacionando os saberes populares e os saberes formais ensinados. Esses estudos trazem para dentro da sala de aula debates sobre práticas artesanais, tais como: produção de queijo; cachaça, cerâmica, bijuterias, práticas de tingimento de fibras naturais, etc. Essas práticas podem ser passadas de uma geração para outra, tendo muitas vezes um caráter milenar. Este tipo de atividade experimental deve ser realizado na perspectiva de inserção do conhecimento popular na escola e de sua valorização como saber, evitando-se sua desqualificação quando comparado às modernas tecnologias de produção (SILVA et al., 2010).

A experimentação permite, por sua estrutura dinâmica, a formação e o desenvolvimento do pensamento analítico, teoricamente orientado, o que possibilita a fragmentação de um fenômeno em partes, o reconhecimento destas e a sua recombinação de um modo novo. É nisso que reside o seu grande potencial como atividade imaginativa criadora, se bem empregada (SILVA et al., 2010).

### 2.6.5 - Educação Ambiental e a QV

No Brasil, a questão ambiental começa a ser introduzida por meio de leis como a de número 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, na qual era estabelecido que a educação ambiental deveria estar presente em todos os níveis de ensino, de modo que as(os) cidadãs(aos) pudessem participar ativamente em defesa do meio ambiente.

Pela Constituição de 1988, no inciso VI, artigo 225, na qual determina que o Poder Público deve promover a Educação ambiental em todos os níveis de ensino:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988)

Neste parágrafo, percebe-se que em 1988, o viés do desenvolvimento sustentável, começou a ser introduzido em nossas leis.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), número 9.394, de 20 de dezembro de 1996, prevê a Educação Superior deve desenvolver o entendimento do ser humano e do meio em que vive; que a educação tem, como uma de suas finalidades, a preparação para o exercício da cidadania (BRASIL, 1996);

Em 1999, a Lei número 9.795, de 27 de abril, regulamentada pelo Decreto número 4.281, de 25 de junho de 2002, dispõe especificamente sobre a Educação Ambiental (EA) e institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), como componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo (BRASIL, 2002b).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica em todas as suas etapas e modalidades reconhecem a relevância e a obrigatoriedade da Educação Ambiental (BRASIL, 2012).

As Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos incluindo os direitos ambientais no conjunto dos internacionalmente reconhecidos, e define que a educação para a cidadania compreende a dimensão política do cuidado com o meio ambiente local, regional e global, publicado no DOU de 30 de maio de 2012.

O atributo “ambiental” na tradição da Educação Ambiental brasileira e latino-americana não é empregado para especificar um tipo de educação, mas se constitui em um elemento estruturante que demarca um campo político de valores e práticas, mobilizando atores sociais comprometidos com a prática político-pedagógica transformadora e emancipatória capaz de promover a ética e a cidadania ambiental; (BRASIL, 2012, p.1)

Em 15 de junho de 2012, na Resolução número 2, foram estabelecidas as Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental, no Art. 1º, são apresentados seus objetivos, dentre eles (BRASIL, 2012):

Estimular a reflexão crítica e propositiva da inserção da Educação Ambiental na formulação, execução e avaliação dos projetos institucionais e pedagógicos das instituições de ensino, para que a concepção de Educação Ambiental como integrante do currículo supere a mera distribuição do tema pelos demais componentes. (BRASIL, 2012, p.2)

No Art. 13. são apresentados os objetivos da Educação Ambiental a serem concretizados conforme cada fase, etapa, modalidade e nível de ensino:

Fomentar e fortalecer a integração entre ciência e tecnologia, visando à sustentabilidade socioambiental; (BRASIL, 2012, p.4)

A introdução da preocupação por uma educação ambiental é também enunciada nos deveres do planejamento curricular e da gestão da instituição de ensino (Art. 17), os quais precisam estimular:

- a) visão integrada, multidimensional da área ambiental, considerando o estudo da diversidade biogeográfica e seus processos ecológicos vitais, as influências políticas, sociais, econômicas, psicológicas, dentre outras, na relação entre sociedade, meio ambiente, natureza, cultura, ciência e tecnologia;
- b) pensamento crítico por meio de estudos filosóficos, científicos, socioeconômicos, políticos e históricos, na ótica da sustentabilidade socioambiental, valorizando a participação, a cooperação e a ética;
- c) reconhecimento e valorização da diversidade dos múltiplos saberes e olhares científicos e populares sobre o meio ambiente, em especial de povos originários e de comunidades tradicionais;
- d) vivências que promovam o reconhecimento, o respeito, a responsabilidade e o convívio cuidadoso com os seres vivos e seu habitat;
- e) reflexão sobre as desigualdades socioeconômicas e seus impactos ambientais, que recaem principalmente sobre os grupos vulneráveis, visando à conquista da justiça ambiental;
- f) uso das diferentes linguagens para a produção e a socialização de ações e experiências coletivas de educomunicação, a qual propõe a integração da comunicação com o uso de recursos tecnológicos na aprendizagem. (BRASIL, 2012, p.5)

Fatores que possam promover, de acordo com a lei em questão,

- a) observação e estudo da natureza e de seus sistemas de funcionamento para possibilitar a descoberta de como as formas de vida relacionam-se entre si e os ciclos naturais interligam-se e integram-se uns aos outros;
- b) ações pedagógicas que permitam aos sujeitos a compreensão crítica da dimensão ética e política das questões socioambientais, situadas tanto na esfera individual, como na esfera pública;
- c) projetos e atividades, inclusive artísticas e lúdicas, que valorizem o sentido de pertencimento dos seres humanos à natureza, a diversidade dos seres vivos, as diferentes culturas locais, a tradição oral, entre outras, inclusive desenvolvidas em espaços nos quais os estudantes se identifiquem como integrantes da natureza, estimulando a percepção do meio ambiente como fundamental para o exercício da cidadania;
- d) experiências que contemplem a produção de conhecimentos científicos, socioambientalmente responsáveis, a interação, o cuidado, a preservação e o conhecimento da sociobiodiversidade e da sustentabilidade da vida na Terra;
- e) trabalho de comissões, grupos ou outras formas de atuação coletiva favoráveis à promoção de educação entre pares, para participação no planejamento, execução, avaliação e gestão de projetos de intervenção e ações de sustentabilidade socioambiental na instituição educacional e na comunidade, com foco na prevenção de riscos, na proteção e preservação do meio ambiente e da saúde humana e na construção de sociedades sustentáveis. (BRASIL, 2012, p.6)

## 2.6.6 - Educação na Perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

No ensino de ciências, o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) já vem sendo trabalhado há algum tempo (ACEVEDO et al., 2003; GIL et al., 2005) e é conhecido por realizar uma abordagem integral das temáticas científicas, vinculando-as ao contexto social que se vive em um dado momento histórico, com uma situação econômica determinada e uma cultura definida. Alguns autores adicionam a letra A (CTSA) para representar o ambiente para um enfoque mais holístico e vinculado a sustentabilidade (PANIZZOLO et al., 2012). Entretanto, neste trabalho, iremos utilizar a sigla CTS, pois acreditamos que o significado de ambiente já esteja abarcado nesta sigla.

Os programas CTS surgem diante de uma preocupação de docentes e autoridades a respeito da falta de motivação das(dos) estudantes pelo estudo de ciência e sua vinculação com aspectos humanos, éticos e políticos. A sua origem foi na Inglaterra, em 1976, quando um grupo de docentes introduziu em suas aulas de ciências um exame crítico da tecnologia (GALLEGO e GALLEGO, 2006; PANIZZOLO et al., 2012)

O enfoque CTS faz um convite a uma revisão epistemológica do papel da Ciência e da Tecnologia em que o conhecimento científico é aberto ao público, desmitificando a visão essencialista da Ciência (LINSINGEN et al., 2003; MARQUES et al., 2010).

O principal objetivo da inserção de conteúdos com abordagem CTS é preparar estudantes para o exercício da cidadania (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Segundo CAAMAÑO (1995), pode-se considerar currículos CTS aqueles que:

- Promovam o interesse das(os) estudantes por vincular a ciência com os fenômenos da vida cotidiana e suas aplicações tecnológicas;
- Procurem abordar o estudo de temas que tenham maior relevância social (PANIZZOLO et al., 2012);
- Procurem abordar as consequências sociais e éticas das ciências e favoreçam a compreensão da natureza da ciência do trabalho científico.

Segundo ROS (2003), outro objetivo da abordagem CTS seria que estudantes aprendam a tomar decisões através de questões relacionadas com a atividade humana. Abordagens CTS já vem sendo vinculadas por alguns pesquisadores como PANIZZOLO e colaboradores (2012), que propuseram algumas atividades relacionadas à química verde, para desenvolver cursos de ensino secundário, com um enfoque CTSA.

Hans Jonas, filósofo alemão, autor do livro “*Das Prinzip Verantwortung*” (1988), em sua versão espanhola, *El Principio de Responsabilidad – Ensayo de una ética para la civilización tecnológica* (JONAS, 1995) aborda a ética para além das relações entre seres humanos, como nas relações do ser humano com a natureza e com as futuras gerações. À esta ética ele chama de “ética para uma civilização tecnológica”, pela qual é possível estabelecer responsabilidades e deveres ao ser humano (MELO e VILLANI, 2005).

SOTO (1987) propõe um desenho que possamos visualizar as relações éticas tecnológicas com o meio ambiente humano, suas inter-relações entre o meio ambiente natural com o social (Figura 2.3). Por meio desta figura é importante notar as vastas relações do meio ambiente natural estabelecidas com variáveis econômicas, políticas, culturais e éticas, e que estas relações resultam no meio ambiente humano (MELO e VILLANI, 2005).

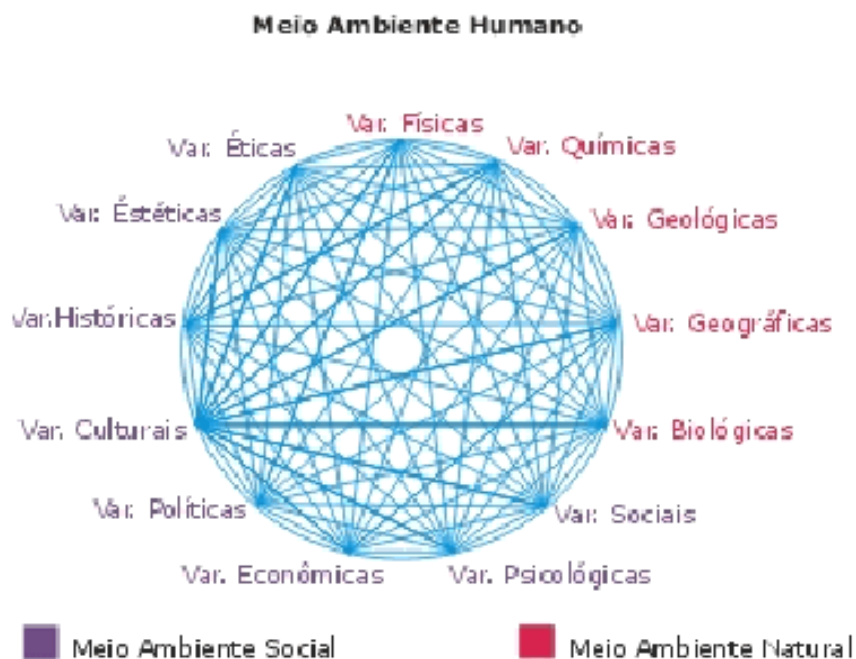


FIGURA 2.3 – Esquema das interações entre as variáveis do Meio Ambiente Social e o Meio Ambiente Natural compondo o Meio Ambiente Humano (SOTO, 1987 apud MELO e VILLANI, 2005)

Uma consequência imediata dessa perspectiva refere-se à tecnologia química, responsável pela transformação dos recursos físicos, renováveis e não renováveis, da terra em produtos de consumo humano. Essa tecnologia também deveria adaptar-se a ética de Hans Jonas. Portanto, os métodos de produção deveriam ser planejados de tal forma a minimizar, ou ainda evitar a contaminação de solos, ar e água gerando desenvolvimento com equidade social. Tais métodos têm que se fundamentar no princípio da responsabilidade. Essa responsabilidade não se restringe ao sujeito, mas ao coletivo, tendo como preocupação básica os efeitos cumulativos e irreversíveis da intervenção tecnológica sobre o Meio Ambiente Natural e Social. (MELO e VILLANI, 2005, p.3).

A Educação em Ciências corrobora com essa preocupação propondo formar estudantes para a cidadania de modo que cada pessoa possa atuar eticamente no mundo real e global (MARTINS, 2000).

Órgãos educacionais nacionais e internacionais recomendam a substituição da forma de ensinar analítica, fragmentada e descontextualizada, por uma sistêmica e contextualizada integrando as relações no meio ambiente humano com a finalidade de alcançar um desenvolvimento sustentável.

O enfoque CTS é também produto da insatisfação com o agravamento dos problemas ambientais intimamente relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico indisciplinado (LINSINGEN; PEREIRA; BAZZO, 2003).

No âmbito empresarial o termo “tripé da sustentabilidade” é também chamado de *triple bottom line* (ELKINGTON, 2004), ou *People, Planet, Profit*. O conceito foi criado nos anos 1990 por John Elkington, cofundador da organização não governamental internacional de sustentabilidade, para representar a expansão do modelo de negócios tradicional em um “modelo que passa a considerar a performance ambiental e social da companhia, além da financeira”.

Já no âmbito da formação inicial universitária, “pensar como cientista e atuar como professor” (ANDRADE, 2009, p.575) é, para os membros

da academia, o paradigma do nosso século que deve permear todas as ações do(a) professor/a-pesquisador/a.

A formação de profissionais envolvidos nas relações sociais e ambientais é tarefa difícil (PINTO et al., 2009; GALEMBECK et al., 2009; FERREIRA et al., 2009; MOTA et al., 2009). O ensino em torno de um tema contextualizado promete auxiliar nesta formação das novas gerações (PINTO et al., 2009).

Os docentes de química precisam se apropriar de conhecimentos que favoreçam a compreensão e explicação das questões ambientais e problemas que estão cada vez mais urgentes, possibilitando a contextualização do ensino (CANELA et al., 2003; MARQUES et. al., 2007).

Compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade. (BRASIL, 2001, p.7)

De acordo com Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (BRASIL, 2001), verifica-se a importância da abordagem de conteúdos (CTS) no ensino.





## CAPÍTULO 3

---

*“A química existe por si própria em todas as coisas.”*

*Autocitação*

### TENDÊNCIAS NA PESQUISA DE EDUCAÇÃO EM QV

#### 3.1 - INTRODUÇÃO ÀS PUBLICAÇÕES BRASILEIRAS EM QV

A QV já vem ganhando espaço mundialmente nas publicações à mais de 20 anos (ANASTAS, 2011), entretanto a questão educacional nesta área é um pouco mais recente como vamos mostrar neste capítulo (ANASTAS, 2011; ANASTAS e WARNER, 1998; BURMEISTER et al., 2012).

Atualmente, a QV no Brasil ocupa um lugar de destaque, sejam em instituições de pesquisa e ensino, indústrias de monitoramento e controle ambientais, órgãos governamentais e não governamentais, dentre outros, fato que pode ser observado pela crescente publicação na área, como os livros recentemente lançados, intitulados “Química Verde: fundamentos e aplicações” de CORRÊA e ZUIN (2009), “Química Verde no Brasil: 2010-2030”, do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010) e “A Inserção da Dimensão Ambiental na Formação de Professores de Química” de ZUIN (2011), bem como de artigos como o de PRADO (2003) “Química Verde, os desafios da química do novo milênio”, o de SILVA et al. (2005), intitulado “Desenvolvimento sustentável e Química Verde” e o de LENARDÃO et al. (2003), denominado “Green Chemistry - Os 12 princípios da Química Verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa”, dentre outras publicações, que têm como mote central discutir essa nova filosofia – suas bases e emprego – no campo científico da Química, especificamente no Brasil.

A literatura apresenta várias alternativas às práticas de laboratório consideradas convencionais, como a pesquisa de DUPONT (2000) que aponta para a necessidade de se desenvolver novos processos mais eficientes e ecologicamente aceitáveis, com foco na economia de átomos, engenharia molecular e catálise organometálica bifásica para tecnologias limpas.

SANSEVERINO (2002) traz uma breve introdução sobre a utilização do aquecimento de micro-ondas em síntese orgânica. Logo depois, MERAT e SAN GIL (2003) trabalharam a inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental.

SILVA e JONES JUNIOR (2001) sugerem a substituição de solventes orgânicos como meio reacional por água, que é de grande interesse no que diz respeito à síntese orgânica, visto que essa minimiza o impacto ambiental, além de ter mais baixo custo e apresentar menor periculosidade operacional.

Na pesquisa de GASPARINI e colaboradores (2008) foi investigado o desenvolvimento de um método espectrofotométrico limpo para a determinação de formaldeído em amostras comerciais. A substituição de reagentes altamente perigosos foi explorada, de modo a atender aos princípios estabelecidos pela QV.

ARAGÃO et al. (2009) estudaram métodos cromatográficos utilizando cromatografia líquida de alta eficiência e os princípios da QV na determinação de metilxantinas em bebidas, os quais podem ser usados em aulas experimentais de química.

SANTOS e colaboradores (2009), apresentam um experimento sobre a reação de oxidação do borneol à cânfora utilizando água sanitária em acetona. Esta experiência é considerada importante por mostrar para estudantes de graduação que um produto comercial barato e de baixo perigo pode ser um agente de oxidação de alcoóis.

MARQUES et al. em 2012 relataram, em seu artigo, a introdução de aspectos sobre reações multicomponentes em um curso de Química Orgânica, sendo tal prática feita por meio de procedimentos adaptados para o uso sob condições simples disponíveis em laboratórios universitários com base nos princípios da QV.

Os trabalhos de CUNHA e seus colaboradores (2012), apresentam uma experiência integrada para o isolamento de óleo essencial de cravo, rico em eugenol, e utilização subsequente do resíduo sólido para a síntese de furfural. Os operacionalmente simples protocolos laboratoriais e utilização de água como solvente, em ambas as operações, mais a utilização de biomassa, tal como o material de partida para a preparação de intermediários versáteis em síntese orgânica, fazem com que as experiências sejam atraentes para os cursos experimentais de química orgânica da graduação, integrando-se no contexto de QV. Além disso, esta é a primeira descrição da utilização de biomassa (cravo) na obtenção simultânea de dois produtos químicos, eugenol e furfural, em cursos experimentais de química orgânica.

SOUZA et al. (2012), relatam que a utilização de argilas como catalisadores heterogêneos em processos têm aumentado significativamente dados a sua disponibilidade custo, segurança e comercial baixo.

BISOL e colaboradores (2012) enfatizam que a introdução dos conceitos de QV em aulas de graduação de química tem sido intensamente perseguida. Colaboraram com este cenário por meio da aplicação de um experimento didático sobre a síntese da epoxona a partir de D-frutose comercial, pois envolve tópicos importantes na Química Orgânica e emprega reagentes de baixo custo e não tóxicos.

CUNHA e SANTANA (2012), descrevem seu trabalho como, um experimento de graduação, uma síntese simples e rápida do aduto de Knoevenagel de ácido de Meldrum, utilizando água como solvente, numa adaptação de um protocolo sintético previamente estabelecido.

OMORI et al. (2012) descrevem um procedimento para redução de 4-(dimetilamino)-benzaldeído usando cenoura em água, como simples, de baixo custo e ambientalmente amigável. Esta experiência interdisciplinar pode ser usada para introduzir os conceitos de biocatálise e QV para estudantes de graduação.

Além da apresentação dos fundamentos dessa nova filosofia no campo da Química e de práticas mais limpas associadas à pesquisa nas áreas de Química Orgânica, Inorgânica, Físico-Química e Analítica, existem também trabalhos que focam a área de Educação Química, já com a instituição de grupos de pesquisa brasileiros como é o caso do Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação (GPQV-UFSCar) com crescente publicação na área, são alguns: CORRÊA e ZUIN, 2009; ZUIN, 2010; ZUIN, 2011; ZUIN, 2013, ZUIN et al., 2013; ZUIN e PACCA, 2013; CORRÊA e ZUIN, 2013 e ZANDONAI et al., 2014.

Como exemplo, o trabalho de FELISBERTO e colaboradores (2008), que aponta métodos de recuperação dos resíduos de prata e sua aplicação na educação. De acordo com os autores, os caminhos do projeto de inserção da QV em ambientes de ensino:

(...) têm auxiliado na construção e desenvolvimento de uma forma de pensar a educação química, associando tanto os conhecimentos específicos, quanto o desenvolvimento de competências comportamentais com destaque para os cuidados ambientais. O relevante é torná-lo não uma repetição a cada ano ou semestre letivo, mas de forma criativa atualizá-lo, tanto do ponto de vista das técnicas quanto sob os aspectos que envolvem o debate sobre o papel da Química no desenvolvimento da sociedade, procurando resgatar o indicado na introdução. As instituições de ensino, frente à crescente preocupação com o meio ambiente, passam a experimentar um novo desafio. A construção de novos processos de ensino que rompam os limites disciplinares e reaproxime-as das demandas do mundo real. Recuperam assim o papel de formadoras, desenvolvedoras e reforçadoras de competências sociais, destacando aquelas associadas aos compromissos da ciência com a sociedade e melhoria da qualidade de vida (FELISBERTO et al., 2008, p.177).

Na mesma vertente educacional, MARQUES publicou trabalhos em conjunto com outros(as) pesquisadores(as), como o trabalho “Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média” (MARQUES et al., 2007). Neste artigo, o pesquisador apresenta resultados de uma investigação realizada junto aos(às) docentes de química do ensino médio, relacionada às possíveis implicações pedagógicas derivadas das visões que docentes da rede de ensino têm sobre meio ambiente, com o objetivo de identificar possíveis dificuldades e potencialidades para a abordagem de temas e conteúdos relacionados às questões ambientais em suas aulas. Há outro trabalho que enfoca aspectos ambientais e educacionais, intitulado “Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química” (COELHO e MARQUES, 2007). “O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente” (LEAL e MARQUES, 2008), que teve como intuito identificar e analisar aspectos que expressassem o enfoque dado aos problemas ambientais em alguns cursos de graduação, tendo como parâmetro os princípios da QV. Marques também publicou “A abordagem de questões ambientais no ensino de Química: uma investigação na formação inicial de professores” no qual a análise apontou o apoio em premissas do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade para o estudo das questões ambientais (MARQUES et al., 2010).

GONÇALVES segue com as mesmas preocupações, sendo que sua linha de pesquisa envolve trabalhos sobre a formação de docentes, caso do “O desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química: contribuições epistemológicas” (GONÇALVES et al., 2007a); “Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química” (GONÇALVES e MARQUES, 2006), além de “Pesquisas acerca da inclusão das questões ambientais no ensino de química e na formação de professores” (GONÇALVES et al., 2007b) e sua tese em 2009 “A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e

na docência dos formadores de professores de química” com a qual busca contribuir na sinalização de possibilidades metodológicas para abordar a experimentação como conteúdo nos processos de desenvolvimento profissional dos formadores e de formação inicial de docentes de Ciências Naturais, especialmente de Química (GONÇALVES, 2009).

Mais recentemente, foi percebido, pelo artigo de ZUIN (2013), “A inserção da Química Verde nos Programas de Pós-Graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas” que muitos programas de pós-graduação em química já possuem disciplinas, grupos, linhas e projetos de pesquisa para o desenvolvimento, a análise e a formação que permitem repensar as formas de geração de materiais e processos verdes no contexto acadêmico brasileiro contemporâneo. Como consequência provável da tendência de crescimento da publicação em QV.

### 3.2- REVISÃO DA LITERATURA: TENDÊNCIAS NA PESQUISA DA EDUCAÇÃO EM QV

Foi realizada uma ampla revisão de publicações em educação em QV<sup>2</sup>. A utilização do termo Química Sustentável foi incluída, pois apesar do termo QV ter sido rapidamente aceito pelos EUA, e difundido pelo mundo, para uma parte dos(as) profissionais da química da Europa, este termo é associado a partidos políticos de esquerda e assim evitar equívocos com a denominação de grupos ambientalistas mais politizados (PEIRÓ MUÑOZ, 2003; PANIZZOLO et al. 2012). Portanto, grande parte da Europa selecionou a noção de Química Sustentável, a fim de evitar quaisquer interpretações errôneas. Em qualquer caso, hoje, ambos os conceitos americanos e europeus em operação remetem às ideias de ANASTAS e WARNER (1998) (BURMEISTER et al., 2012).

---

<sup>2</sup>A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados *Web of Science*, *Royal Society of Chemistry* (RSC), *American Chemical Society*(ACS), *ScienceDirect*, *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e *Education Resources Information Center* (ERIC) em pesquisa avançada, por “Química Verde” ou “Química Sustentável” variando os descritores “educação”, “ensino”, “currículo”, “experimentação” (em português e inglês).

Um grande desafio desta pesquisa foi o de selecionar dentre os artigos oferecidos pelas bases de dados os que podem ser considerados de educação em QV, um dificultador é uma confusão comum em que a QV é confundida como sendo sinônimo de química ambiental por estudantes e às vezes até por periódicos (ANDRAOS e DICKS, 2012).

Segundo BEKTESEVICE e colaboradores (2005), o processo de revisão para artigos em QV deveria ser mais rigoroso do que em qualquer área de química. Isto porque a publicação de artigos erroneamente intitulados de QV pode vir a causar um desserviço a este campo de estudo. Para aumentar a legitimidade do campo, é necessário criar diretrizes de revisão e encorajar químicos(as) verdes a publicar apenas investigações relevantes. Isso pode ajudar a incentivar os(as) futuros(as) cientistas a examinar o campo cuidadosamente e talvez começar a incluir técnicas de QV em suas próprias pesquisas. A solução definitiva para os problemas descritos acima repousa sobre a educação de futuras gerações de cientistas e não cientistas (BEKTESEVIC et al., 2005).

Foram selecionados 336 artigos, entretanto, apenas 300 foram categorizados, pois os 36 demais não foram localizados, a lista destes está disposta no Apêndice A.

Os 300 trabalhos de pesquisa foram analisados em termos do país de origem da pesquisa; ano de publicação; e temas de pesquisa categorizados em: Propostas de experimentação no ensino; Propostas de experimentação didáticas; Currículo; Propostas articuladas da universidade, governo e/ou indústria; Métricas no ensino; Revisão e Tecnologia educacional. Todos mostram de alguma forma a importância da QV.

A primeira publicação em Educação em QV foi em 1995, com o artigo “*Introducing Green Chemistry in teaching and research*”, publicado no periódico *Journal of Chemical Education* por COLLINS, incluso na categoria Currículo, mas somente em 1999 o número de publicações começou crescer, como pode ser observado na Figura 3.1:



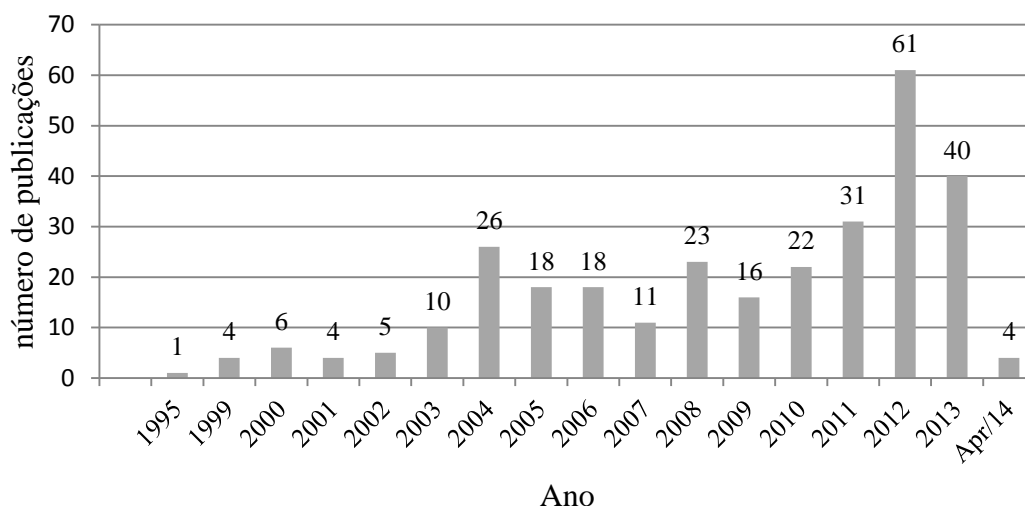


FIGURA 3.1 – Crescimento do número de publicações até fim de abril de 2014

A partir do gráfico (Figura 3.1) pode-se observar que em 2012 houve superior crescimento do número de publicações e no ano seguinte queda deste número. Parte desta maior publicação é devido ao número temático sobre o desenvolvimento sustentável e QV na educação química, divulgado pela revista *Chemistry Education Research and Practice* no segundo trimestre deste ano, contribuindo com 10 trabalhos no campo.

Com relação às categorias pode-se ver pelo gráfico (Figura 3.2) que a categoria com o maior número de publicações é a de Propostas experimentais (Apêndice B), com 129, mas pode-se considerar um total de 159 se forem somadas as 30 Propostas experimentais didáticas (Apêndice C). A segunda categoria mais representada é a Currículo, com 55 artigos (Apêndice D), em terceiro a categoria História, introdução a QV com 28 (Apêndice E), logo depois a Revisão com 24 (Apêndice F), Academia, Indústria, Governo com 18 (Apêndice G), Métricas com 10 (Apêndice H) e Informática, Tecnologia com 6 (Apêndice I).

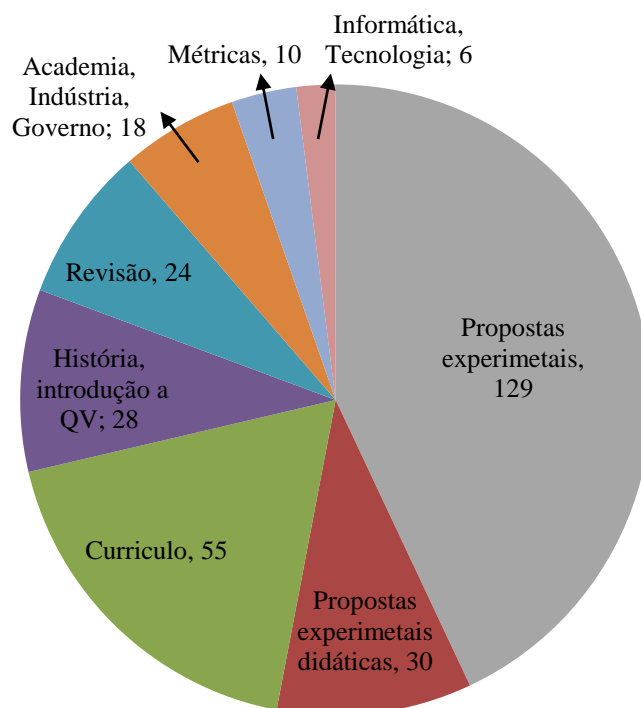


FIGURA 3.2 – Categorias com seus respectivos números de publicações

Pode-se observar também o crescimento do número de publicações de cada categoria no decorrer dos anos por meio do gráfico disposto na Figura 3.3 (Apêndice J):

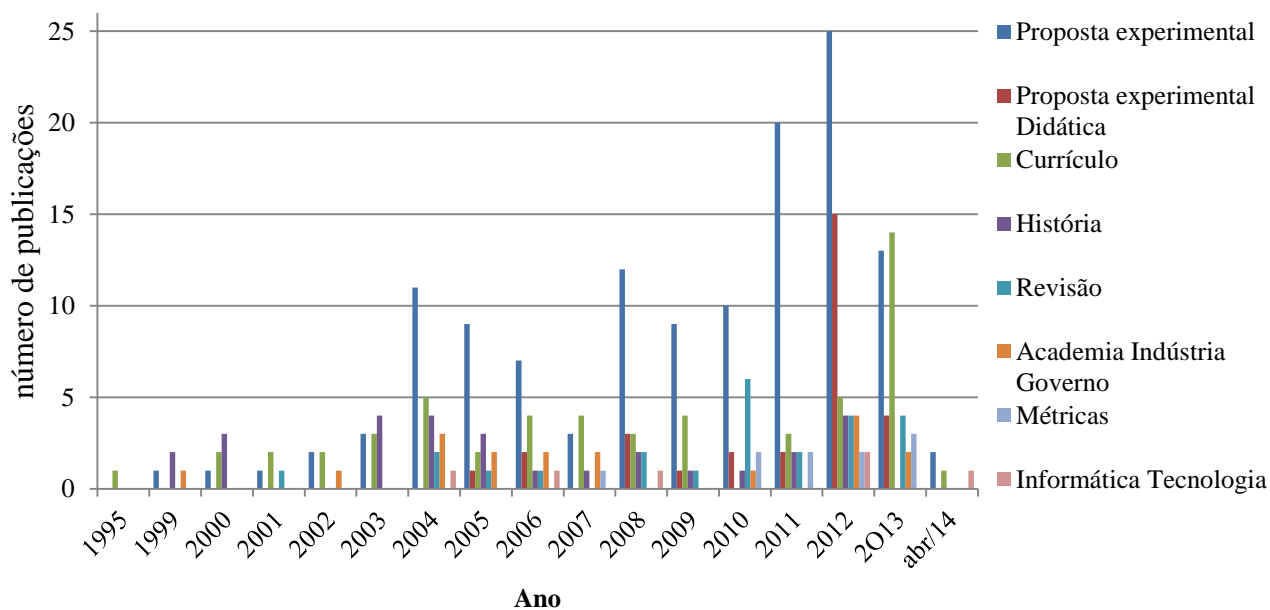


FIGURA 3.3- Crescimento do número de publicações de cada categoria de 1995-abril 2014

Outro ponto importante é a nacionalidade da pesquisa pelo primeiro autor, a qual é representada por 40 países (Tabela 3.1). Entretanto, com 135 artigos os EUA são responsáveis por cerca de 45% das publicações selecionadas por essa pesquisa, além de que foram responsáveis tanto pela grande maioria das publicações, como nas Propostas experimentais com 77 artigos. Os EUA se mantêm com um número elevado de publicações nas demais categorias exceto na de Métricas de ensino, na qual autores de nacionalidade portuguesa são os principais responsáveis.

Como resultado da realização de busca em base de dados latino-americana (SciELO) o Brasil aparece em segundo lugar com 31 publicações (Figura 3.4). Podemos inferir que os brasileiros estão desenvolvendo pesquisas em Educação em QV, entretanto a publicação fica restrita à linguagem local. Portugal que também publica em revistas brasileiras como Química Nova, aparece com 13 artigos.

TABELA 3.1 – Origem/país do primeiro autor em função das categorias

Proposta experimental	Proposta experimental Didática	Currículo	História	Revisão	Academia Indústria Governo	Métricas	Informática Tecnologia
77 EUA	9 EUA	29 EUA	8 EUA	4 EUA	6 EUA	6 Portugal	2 EUA
11 Brasil	5 Brasil	5 Austrália	5 Brasil	5 Brasil	2 Alemanha	1 Suíça	1 Bélgica
6 Portugal	4 Canadá	3 RU	3 Alemanha	3 Espanha	2 Brasil	1 Brasil	1 Turquia
5 China	4 Alemanha	3 Malásia	3 México	2 Suécia	1 Eslovênia	1 México	1 Alemanha
4 Índia	2 RU	2 Brasil	2 RU	1 AS	1 China	1 Canadá	1 Suécia
4 Canadá	2 Malásia	2 Índia	2 Espanha	1 RU	1 México		
3 Espanha	1 EAU	1 França	2 França	1 Argélia	1 Coréia do Sul		
2 México	1 Espanha	1 China	1 Rajastão	1 Alemanha	1 França		
2 Itália	1 Índia	1 Israel	1 Canadá	1 Bulgária	1 Suécia		
2 México	1 Argélia	1 Japão	1 Polônia	1 Tailândia	1 Índia		
2 França		1 NZ		1 Polônia	1 Espanha		
2 Austrália		1 México		1 México			
1 Holanda		1 Escócia		1 França			
1 Tailândia		1 Iran		1 Bélgica			
1 Porto Rico		1 Portugal					
1 Uruguai		1 Turquia					
1 Etiópia		1 Grécia					
1 Grécia							
1 RU							
1 Alemanha							
1 Áustria							
1 Paquistão							
1 Tailândia							

Siglas utilizadas nesta tabela - RU: Reino Unido; EAU: Emirados Árabes Unidos; NZ: Nova Zelândia; AS: África do Sul

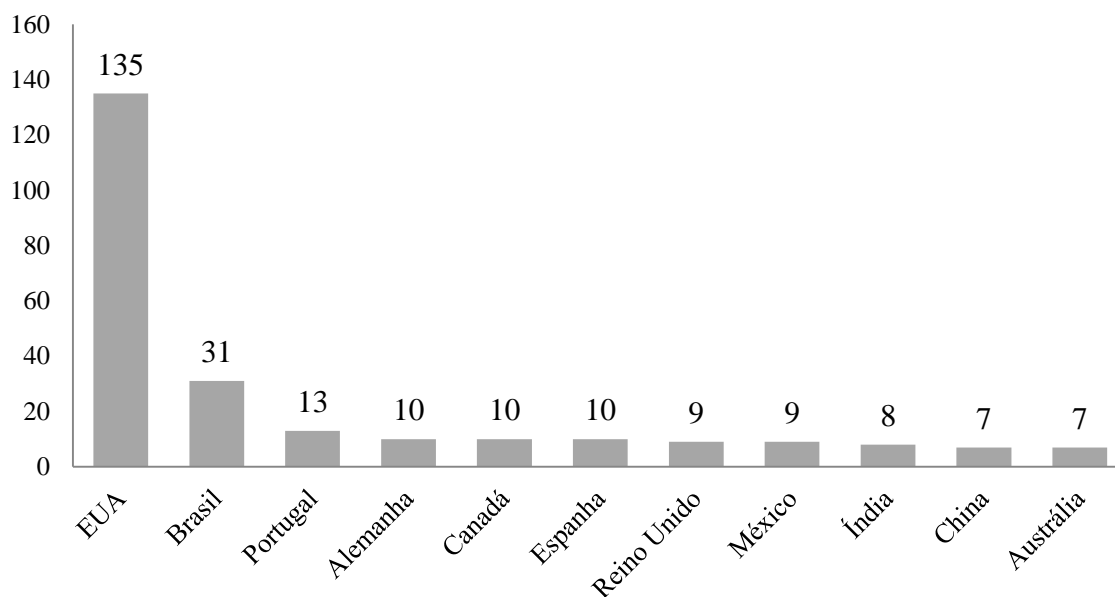


FIGURA 3.4 – Países com suas respectivas quantidades de publicações em Educação em QV

A linguagem em que os artigos foram escritos podem também ajudar a compor o cenário destas publicações. Dos 300 artigos, 255 foram publicados em inglês, 30 em português, 11 em espanhol e 4 em francês (Figura 3.5). Entretanto, dentre os 36 artigos não categorizados existem publicações em diversas línguas: chinês, italiano, língua tcheca, alemão e japonês.

Dentre estes 300 artigos 144 foram publicados na Revista americana *Journal of Chemical Education* (JCE) sendo que 103 são propostas experimentais e 13 propostas experimentais didáticas, estes dados corroboram para a predominância dos EUA e da língua inglesa nesta pesquisa.

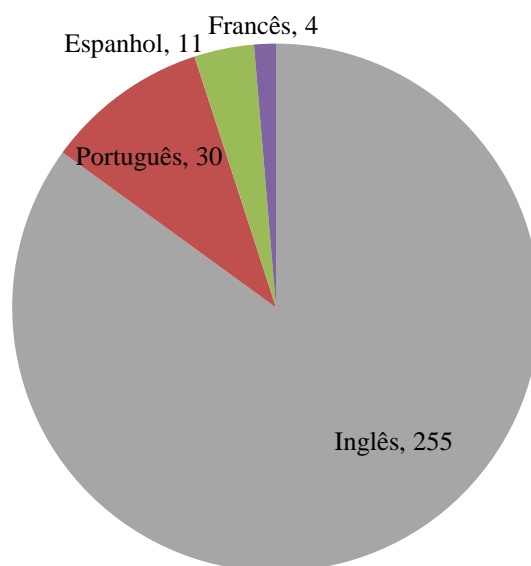


FIGURA 3.5- Quantidades de artigos publicados por idioma

Um fator que corrobora para a grande soberania dos EUA na pesquisa realizada é o idioma, pois os principais periódicos, contidos nas bases de dados, realizam publicações em inglês, como é o caso do *Journal of Chemical Education* (JCE).

Cada categoria merece mais detalhes, a Proposta Experimental, como o próprio nome revela, representa os artigos que contemplam experimentos em QV aplicados no ensino. Enquanto que a Proposta experimental didática engloba propostas nas diversas áreas da química como a categoria anterior, mas inclui pesquisas em ensino de Química, nas quais consideram as opiniões de estudantes.

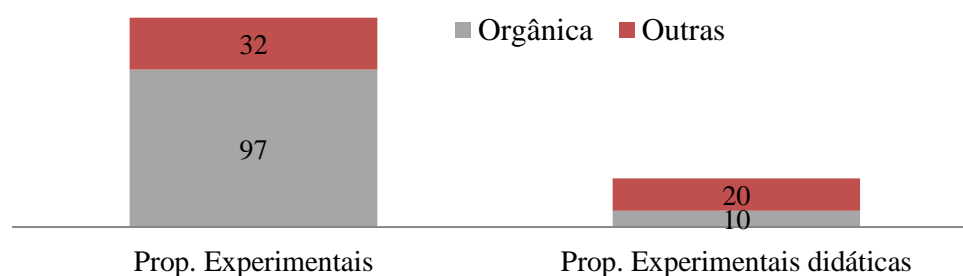


FIGURA 3.6 - Quantidades de artigos com proposições experimentais de orgânica em comparação com as demais áreas

Nestas duas categorias, a área da Química mais presente nestes periódicos é a Química Orgânica (Figura 3.6). Informação já discutida anteriormente pelo artigo de ANDRAOS e DICKS (2012), o qual revela que a maioria dos exemplos na literatura de QV no contexto de sínteses são otimizados a partir de uma perspectiva orgânica, destaca moléculas alvo importantes, tais como as farmacêuticas, além de destacar que a grande maioria dos recursos de ensino verdes foram desenvolvidos no campo da síntese orgânica. A tese de COSTA (2011) atribui essa superioridade ao fato da Química Orgânica ter o problema de baixa produtividade atômica como mostram os valores de Fator E (razão de massas entre a totalidade de massa dos resíduos produzidos e a massa do produto obtido).

Foram categorizados 30 artigos em Propostas Experimentais Didáticas, a primeira publicação com esta característica foi publicado em 2005 “*Introducing undergraduates to Green Chemistry: an interactive teaching exercise*” no periódico *Green Chemistry*, por GRANT et al., do Reino Unido, a qual apresenta uma estratégia que visa introduzir estudantes de graduação em alguns dos conceitos e temas do movimento da QV, por meio de reações selecionadas para estimular o pensamento sobre recursos sustentáveis e processos eficientes.

EBY e DEAL (2008) trazem outro exemplo de estratégia no ensino com a atualização de um experimento tornando-o mais investigativo, sem perder o desenvolvimento da técnica. O objetivo de sua proposta foi proporcionar (às) aos estudantes a oportunidade de coletar e analisar dados químicos e desenvolver suas habilidades de pensamento crítico e, ao mesmo tempo, aprender as técnicas comuns de laboratório de orgânica. Guiados(as) pelo modelo proposto por MOHRIG et al. (2007), buscaram desenvolver um laboratório construído em torno de uma questão ou problema que promove (às) aos estudantes transladar suas experiências de sala de aula para prever o resultado do experimento e, após a conclusão do experimento, para interpretar

seus resultados, para responder a questão e resolver o problema (EBY e DEAL, 2008).

Outro exemplo é uma proposta que nos parece relevante, pois apresenta uma atividade desenvolvida em um curso de QV para avaliar o grau verde de uma série de reações ou processos. O exercício requer que estudantes se imaginem como profissionais da química do processo que foi informado por uma suposta pessoa empregadora para determinar a rota mais verde para produzir 1 kg de um produto químico desejado. Equipes de estudantes são formadas e para cada uma delas é atribuída uma transformação (por exemplo, benzeno para anilina). A equipe avalia os métodos que utilizam nove métricas e então escolhem qual processo é mais verde. O exercício é realizado fora da classe ao longo de um período de 6 semanas. Durante o exercício, os(as) estudantes precisam cooperar, pesquisar na literatura, calcular as métricas, identificar os pontos fracos de cada rota, sugerir melhorias para cada percurso, e, finalmente, usando os dados, identificar o percurso mais verde (MERCER et al., 2012).

Além dos artigos foram pesquisadas dissertações e teses nacionais para ajudar a compor esta categoria que é a de maior interesse nesta pesquisa, foram localizadas uma dissertação (ZANDONAI, 2013), e duas teses (ZUIN, 2010; MELLO, 2010).

A dissertação de ZANDONAI (2013) teve como objetivo o desenvolvimento, adaptação e análise da inserção de práticas de laboratório com ênfase em QV em uma disciplina experimental do curso de Licenciatura em Química (DQ-UFSCar). 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 às(aos) estudantes compreender os



conteúdos abordados e considerar a QV como um eixo a ser adotado no ensino da Química.

A tese de ZUIN (2010) teve o objetivo de investigar como a dimensão ambiental se insere na formação de estudantes de um curso de licenciatura em Química, bem como analisar a relação desta dimensão com os aspectos científico, tecnológico e social do processo formativo. Foi observada uma tendência crescente à ambientalização curricular do curso investigado, embora tenham sido encontradas dificuldades de ordem institucional e prática. E conclui que as iniciativas individuais em espaços formais e não formais de práticas voltadas à sustentabilidade socioambiental também auxiliam a compor o terreno desse campo científico na Instituição de Ensino Superior (IES) de interesse.

MELLO (2010), em sua tese, procurou viabilizar a avaliação da formação de docentes de Química na perspectiva de um comprometimento com as questões socioambientais. Para tanto, foi acompanhado a elaboração e aplicação de uma metodologia de ensino apoiada nos princípios da QV e voltada para tais questões pela docente, e também a pesquisadora da própria prática e de disciplinas da licenciatura em Química em uma Instituição de Ensino Superior particular no interior de São Paulo no período de 2005-2008.

A categoria Currículo integra artigos em que são apresentadas propostas a serem integradas em cursos de Química ou Engenharia Química, ou proposição de cursos de QV. Esta categoria foi a segunda de maior relevância nesta pesquisa, com 55 publicações.

De acordo com MCKENZIE e colaboradores, (2005), a QV e design de produtos químicos e processos que reduzem ou eliminam a utilização e geração de substâncias perigosas está se tornando mais amplamente incorporada nos currículos de química (MCKENZIE et al., 2005).

De acordo com WARNER et al. (2001), o currículo para ser verde deve fornecer uma excelente plataforma para discussão prática de produtos

químicos perigosos e os efeitos dos produtos químicos na saúde humana e ao meio ambiente (WARNER et al., 2001).

Para CANN e DICKNEIDER, (2004) a QV atravessa os limites da tradicional orgânica/inorgânica/analítica/físico-química e, como tal, é por vezes difícil encontrar o campo correto para suas aplicações. Ainda mais importante, um curso dedicado à QV também pode dar a falsa impressão que a QV é um campo em si mesmo ao invés de um ideal que deve ser aplicado a todas as áreas da química (CANN e DICKNEIDER, 2004).

Adequado ou não a dissociação da QV das áreas da Química ocorre em muitas universidades onde já são oferecidas aulas em QV e Engenharia Verde (ANASTAS e EGHBALI, 2010).

A abordagem adotada por CANN e DICKNEIDER (2004), é a de infundir cursos em todo o currículo de graduação de química com QV, nos quais as(os) estudantes estejam continuamente expostas(os) a QV em todo o currículo (CANN e DICKNEIDER, 2004).

Por meio do artigo, MCKENZIE et al. (2005), se preocupam com o processo usado para avaliar e aperfeiçoar experiências de laboratório mais verdes e fornece um estudo de caso que demonstra a necessidade de avaliação contínua e modificação dos procedimentos experimentais, na busca de experiências mais benignas para uso no laboratório de ensino (MCKENZIE et al., 2005).

Parte dos artigos classificados como Currículo aborda a Engenharia Verde como exemplo o artigo de BRENNECKE e STADTHERR em 2002, “*A course in environmentally conscious chemical process engineering*” publicado no periódico *Computers & Chemical Engineering*, no qual apresenta um curso de design orientado em minimizar o impacto ambiental de fabricação de produtos químicos. Os objetivos do curso são para educar estudantes sobre os custos reais de processos operacionais que liberam poluentes para o meio ambiente, para proporcionar-lhes estratégias para minimizar ou reduzir o

impacto ambiental de um determinado processo químico. Acredita-se que este curso contribui para o desenvolvimento de estudantes de engenharia química em sua conscientização, no conhecimento e na capacidade de minimizar o impacto ambiental no processo de fabricação de produtos químicos.

A próxima categoria de maior publicação foi História, Introdução da QV com 28 artigos. Nesta estão contidos artigos que tratam do percurso da QV na educação, os quais apresentam sua história, definição e princípios. O primeiro em 1999, “*Green chemistry: challenges and opportunities*”, cujo autor Clark já apresentava os desafios e oportunidades da QV (CLARK, 1999).

Artigos como “*Green Chemistry: Principles and Practice*” de ANASTAS e EGHBALI, em 2010 no periódico *Chemical Society Reviews*, e “Da gênese ao ensino da Química Verde” de MACHADO (2011), na Química Nova, representam bem esta categoria, diferentemente da categoria Revisão que aglomera os artigos que apresentam algum tópico em QV com mais profundidade, como é o caso do artigo “*An analytical view of ionic liquids*” que apresenta uma revisão de líquidos iônicos, por BAKER e colaboradores em 2005.

Na categoria Universidade, Indústria e/ou Governo estão dispostos artigos que apresentam propostas articuladas entre dois ou três destas, ou isoladamente. Como exemplo o artigo “*Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach*” de MOONEY em 2004, no qual apresenta uma proposta administrativa de “esverdeamento” da Universidade. Outro exemplo é o artigo “*The US experience in promoting sustainable chemistry*” de TICKNER et al. (2005), que apresentam atitudes governamentais.

Alguns artigos se sobressaíram por apresentarem como foco principal a utilização de Métricas no ensino. Foram enquadrados nesta categoria 10 artigos, entretanto outros artigos relacionados em outras categorias apresentam também métricas, mas não como foco principal da pesquisa como o caso do artigo “*Holistic Metrics for Assessment of the Greenness of Chemical*

*Reactions in the Context of Chemical Education*” de RIBEIRO e MACHADO (2013).

Para a categoria de Métricas também foi localizada a tese de COSTA (2011), pesquisadora portuguesa, na qual foram desenvolvidas e testadas métricas, como a - Estrela Verde (EV) – com objetivo de avaliar o grau verde de atividades experimentais, nomeadamente em laboratórios de ensino, no âmbito da Química Verde (QV). Esta métrica foi utilizada na avaliação do grau verde das atividades laboratoriais dos atuais programas de Química do ensino médio, o que permitiu verificar a existência de variados problemas quanto ao grau verde das experiências e sugere que parte destas devam ser revistas ou substituídas.

Percebeu-se vasta publicação em educação em QV e Métricas pelo pesquisador português MACHADO e colaboradores como COSTA e RIBEIRO. MACHADO tem publicado uma série de artigos voltados à inserção da QV em instituições de ensino e pesquisa, com ênfase em educação; a saber: Química e desenvolvimento sustentável (2004); O quadro de classificação periódica da sustentabilidade, uma metáfora para a Química Verde e ecologia industrial (2005); Alfred Nobel – o “primeiro químico verde”? (2006); Métricas da Química Verde – A Produtividade Atômica (2007); Da gênese do termo Química Verde às colorações Discrepantes da química e da biotecnologia (2008a); Das dificuldades da química verde aos segundos doze princípios (2008b); O Desastre de Bhopal no Contexto da Química Verde. A sua Causa Última: Um Retrocesso (2010); Da gênese ao ensino da química verde (2011). MACHADO, em conjunto com seus(uas) colaboradores(as) “Uma revisão da bibliografia sobre o ensino da Química Verde” (COSTA et al., 2008); “Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura<sup>3</sup> de reações laboratoriais – ‘estrela verde’” (RIBEIRO et al., 2010b) e “Novas Métricas Holísticas para Avaliação da Verdura de Reações de Síntese em Laboratório”

---

<sup>3</sup> A “verdura” refere-se à graduação ou à proximidade em maior ou menor extensão aos princípios da química verde de um determinado produto e/ou processo químico, nesta tese chamada de grau verde.

(RIBEIRO e MACHADO, 2012b). No entanto, muitas das publicações acima não foram contabilizadas nesta tendência, pois algumas revistas não estão dispostas nas bases de dados pesquisadas.

Por último a categoria Informática e Tecnologia é composta de propostas nas quais são utilizados recursos tecnológicos e/ou informática, internet como meio de facilitar o ensino de QV. Como exemplo o artigo “*Life Cycle Assessment Software for Product and Process Sustainability Analysis*” de VERVAEKE (2012) com introdução de um Software.

Este estudo apresenta um panorama da Educação em QV desde seu início em 1995 acompanhando seu crescimento e desenvolvimento.

Publicações em Educação Química Verde estão crescendo rapidamente nos últimos anos, especialmente aquelas focadas em práticas experimentais. Contribuições dos EUA são mais numerosas até agora, mas um número crescente de publicações de países como Brasil (31), Portugal (13), Alemanha (10), Canadá (10), Espanha (10), Reino Unido (9), México (9), Índia (8), China (7), Austrália (7) foram observados principalmente em seus respectivos idiomas.

A Educação em QV precisa se desenvolver até que a comunidade acadêmica, industrial e governamental tenha cotidianamente em suas atitudes práticas verdes.

A tendência observada nos últimos anos na Educação em QV, traçada neste capítulo, justifica a importância de um estudo pormenorizado sobre os sentidos dados aos trabalhos que apresentam propostas experimentais didáticas, que tenham como objetivo a formação de profissionais com habilidades específicas da química em conjunto com valores que possam contribuir na busca pela sustentabilidade.

## CAPÍTULO 4

---

*Será necessário desenvolver novos valores culturais e éticos, transformar estruturas econômicas e reorientar nossos estilos de vida.*

*Fórum Global, 1992*

### METODOLOGIA

Esta pesquisa contempla pesquisa ampla da temática de interesse, em bases de dados nacionais e internacionais. Foram realizadas, no Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, as coletas de dados e o “esverdeamento” das práticas. Nesse trabalho foi adotada a abordagem qualitativa como metodologia de investigação (ALVES-MAZZOTTI, 2000; LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

#### 4.1 - ANÁLISE SISTEMÁTICA DA BIBLIOGRAFIA

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de materiais e referências levantadas nas bases de dados *Web of Science*, *Royal Society of Chemistry* (RSC), *American Chemical Society* (ACS), *ScienceDirect*, *Electronic Library Online* (SciELO) e *Education Resources Information Center* (ERIC) em pesquisa avançada, por “Química Verde” ou “Química Sustentável” variando os descritores “educação”, “ensino”, “currículo”, “experimentação” (em português e inglês). Não foram fixadas datas para as buscas tentando compreender a totalidade de publicações.

Também foram pesquisadas teses e dissertações nacionais pesquisadas por meio da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (<http://bdtd.ibict.br/>) BDTD e do Banco de Teses da Capes

(<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>). Foram utilizados os mesmos descritores.

## 4.2 - CURSOS DE QUÍMICA NA UFSCAR (CAMPUS SÃO CARLOS)

O curso de Química com habilitação em Licenciatura, criado para formar docentes para o ensino médio e superior, foi implantado em 1971 e reconhecido através do Decreto n° 73.736 de 05 de março de 1974 (Parecer n° 2438/73 do antigo Conselho Federal de Educação, hoje Conselho Nacional de Educação) (UFSCar, 2011).

O Curso de Bacharelado em Química teve seu funcionamento autorizado pelo Conselho de Curadores da UFSCar em sua 59ª Reunião de 30 de abril de 1976, com sua implantação ocorrendo em julho de 1976. O seu reconhecimento foi automático, visto que seu currículo mantinha como base o currículo da Licenciatura em Química, já reconhecido (disposições do Parecer n° 2115/76, de 08 de junho de 1976 do antigo Conselho Federal de Educação) (UFSCar, 2011).

Desde sua implantação, os cursos de Química da UFSCar (Licenciatura e Bacharelado) passaram por reformulações em seus currículos. Elas foram aprovadas pelo Conselho de Ensino e Pesquisa (CEPE) em suas 42ª e 141ª Reuniões de 3 de dezembro de 1981 e 7 de março de 1990 e implantadas para estudantes ingressantes nos anos de 1982 e 1990, respectivamente. Em março de 2000, a comissão de avaliação externa do MEC/SESu recomendou a elaboração de uma reforma curricular dos conteúdos propostos para as disciplinas oferecidas pelo Departamento de Química, considerando aqueles constantes do Exame Nacional de Cursos e as novas Diretrizes Curriculares (estabelecidas posteriormente em 11 de março de 2002 pela Resolução CNE/CES 8/2002 do Conselho Nacional de Educação) (UFSCar, 2011). A

última reformulação ocorreu no projeto pedagógico do curso de licenciatura em 2014, a qual contempla a importância da inserção da dimensão ambiental no currículo (UFSCar, 2014).

O Decreto-lei no 5.452/43 da Consolidação das Leis Trabalhistas - CLT, nos artigos 325 a 351- discorre sobre o exercício da profissão da química, direitos e deveres. O exercício da profissão do bacharel em química é regulamentado pelo Decreto no 85.877 de 7 de abril de 1981 que estabeleceu normas para a execução da Lei no 2.800 de 18 de junho de 1956 (que cria o Conselho Federal de Química - CFQ e os Conselhos Regionais de Química - CRQ e dispõe sobre a regulamentação desta profissão). A Resolução Normativa CFQ nº 36 de 25 de abril de 1974, publicada no DOU de 13 de maio de 1974, “dá atribuições aos profissionais da Química” e elenca as seguintes atividades para os(as) Bacharéis em Química (UFSCar, 2011):

Direção, supervisão, programação, coordenação, orientação e responsabilidade técnica no âmbito de suas atribuições respectivas;

Assistência, assessoria, consultoria, elaboração de orçamentos, divulgação e comercialização no âmbito das atribuições respectivas;

Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento de serviços técnicos, elaboração de pareceres, laudos e atestados, no âmbito das atribuições respectivas;

Exercício do Magistério respeitada a legislação específica;

Desempenho de cargos e funções técnicas, no âmbito das atribuições respectivas;

Ensaio e pesquisas em geral, pesquisas e desenvolvimento de métodos e produtos;

Análises química e físico-química, químico-biológica, bromatológica, toxicológica, biotecnológica e legal, padronização e controle de qualidade. (CFQ, 1974, p.1)



### 4.3 - PROPOSIÇÃO DE NOVOS PRINCÍPIOS DA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE E REESTRUTURAÇÃO DOS PRINCÍPIOS PARA EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE

Foram desenvolvidos/adaptados princípios da Educação em Química Verde (EQV) às necessidades das disciplinas experimentais de química, com embasamento nos princípios propostos por ANASTAS e WARNER (1998).

### 4.4 - AVALIAÇÃO DO GRAU VERDE DOS EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Para avaliação do grau verde dos novos experimentos foi usada a métrica Estrela Verde (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO et al., 2010b) e os princípios de EQV como métrica.

### 4.5 - ESTUDO DE CASO: COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados foi realizada no Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos em 5 diferentes disciplinas experimentais, 4 do curso de bacharelado em Química e 1 no curso de Licenciatura Plena em Química, em turmas de 20 estudantes em média.

Nos cursos de química, da UFSCar, são oferecidas 9 disciplinas experimentais para o bacharelado (Química Experimental Geral; Química Analítica Clássica Experimental; Química Orgânica Experimental 1; Química Orgânica Experimental 2; Química Inorgânica Experimental; Química dos Elementos de Transição Experimental; Laboratório de Físico Química; Bioquímica I; Bioquímica II) (UFSCar, 2005) e 7 para a licenciatura (Técnicas

Básicas em Química; Análise Qualitativa e Quantitativa; Química Experimental dos Elementos; Química Orgânica Experimental; Físico-Química Experimental A; Princípios de Química Instrumental; Experimentação na Educação Química) (UFSCar, 2014) referentes a matéria de química. Dentre as disciplinas citadas, apenas duas contém em suas ementas conteúdos de QV, “Química Orgânica Experimental 2” (bacharelado) e “Experimentação na Educação Química” (licenciatura), mas a segunda apresenta apenas metade da sua carga horária dedicada a experimentação.

A seleção pelas disciplinas foi de modo a contemplar a maior extensão da Química em suas diversas áreas no curso de licenciatura e bacharelado em uma Universidade considerada por sua eximia qualidade de ensino.

A disciplina de “Química Orgânica Experimental 2” e “Química dos elementos de transição experimental”, pela aplicação de experimentos livres, a disciplina “Técnicas básicas em Química” representando o curso de Licenciatura (no Bacharelado disciplina semelhante é a “Química Experimental Geral”) e as disciplinas “Química Analítica Experimental” (Química Analítica Clássica Experimental) e “Laboratório de Físico Química” por serem as únicas disciplinas experimentais de suas respectivas áreas.

O instrumento de pesquisa selecionado para coleta e análise de dados que consideramos adequada a esta pesquisa é a abordagem qualitativa como metodologia de investigação (ALVES-MAZZOTTI, 2000; LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

A observação foi realizada pela pesquisadora (observadora) durante as aulas experimentais das disciplinas selecionadas nas aulas ministradas pelo(a) docente responsável como também nas aulas em que a pesquisadora propôs o roteiro (disciplinas com duração de um semestre). O estudo teve todos(as) os(as) estudantes, docentes e técnicos(as) como sujeitos da pesquisa com foco em suas atitudes e opiniões durante a realização dos experimentos (andando entre os(as)

estudantes/conversava com estudantes/realizava anotações). Por meio de um planejamento cuidadoso, quanto à estratégia utilizada para as observações, cabe mencionar que foram realizadas observações controladas e sistemáticas com o intuito de apreender suas visões de mundo, isto é, o significado que eles atribuem à realidade que os cerca e às suas próprias ações, buscando sempre, nos registros, separar as descrições de suas interpretações. Também é importante mencionar que os(as) estudantes foram informados(as) dos objetivos desta pesquisa (contidos nos Termos de consentimento) explicando a presença da pesquisadora durante as aulas experimentais. Cabe registrar que a receptividade das(os) docentes facilitou o contato com (as)os estudantes. Procurou-se transcrever neste trabalho aqueles aspectos e situações que foram consideradas mais relevantes de acordo com os objetivos descritos (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Além da observação das aulas práticas pela pesquisadora - com o intuito de se verificar aspectos relevantes na condução dos experimentos - foram aplicados outros métodos de coleta de dados – questionários, entrevistas semi-estruturadas com estudantes (APÊNDICE K) e docentes (APÊNDICE L) partícipes das disciplinas selecionadas, de acordo com as normas estabelecidas para a realização de pesquisas em educação, estabelecidas pelo Comitê de Ética da UFSCar e análise documental (Parecer em ANEXO A). Todos(as) os(as) partícipes da pesquisa assinaram o seu respectivo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de docente (ANEXO B) ou estudante (ANEXO C).

Foram feitas reuniões com as(os) docentes para acertar a entrada da pesquisadora em sala de aula.

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o(a) pesquisador/a como seu principal instrumento. Parte-se da noção da construção social das realidades em estudo, em que interessa levantar as perspectivas dos participantes, suas práticas e seu conhecimento cotidiano relativo à questão em estudo (FLICK, 2009).

Na abordagem qualitativa (TRIVINOS, 1987), os dados coletados foram predominantemente descritivos, levando em conta o fato de que o material obtido nesta pesquisa baseia-se em descrições de situações, fatos, transcrições de entrevistas, depoimentos, assim como fotografias, avaliações, relatórios, legislações, ementas e diversos formatos de documentos.

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Na observação dos fenômenos deve-se manter um contato estreito e direto com a situação, mantendo-se a originalidade e contexto das pessoas, gestos e palavras estudadas. A análise dos documentos, dos questionários e entrevistas foi feita com base nos pressupostos metodológicos da análise de conteúdo (BARDIM, 2004).

Por tais motivos, faz-se imperiosa a entrada em sala de aula e por meio de observação, entrevistas semi-estruturadas e questionários ter resultados e conclusões mais próximas à realidade e necessidade dos(as) estudantes e docentes.

#### 4.5.1. - Disciplinas escolhidas, seus objetivos e suas ementas

- Técnicas Básicas em Química (disciplina oferecida no primeiro semestre para a licenciatura)

Objetivos: Manusear com segurança sólidos, líquidos voláteis e corrosivos; Armazenar, correta e seguramente, produtos químicos; Lavar e secar, corretamente, vidrarias; Conhecer as técnicas básicas do trabalho com vidros; Identificar metais através da medida grandezas físicas (densidade) e de reações químicas; Preparar e padronizar soluções; Separar (purificar) sólidos e/ou líquidos a partir de misturas sólido-sólido, líquido-sólido e líquido-líquido; calcular o rendimento destes processos de purificação; Isolar substâncias químicas por arraste em vapor e extração por solvente; Preparar e caracterizar substâncias químicas; calcular o rendimento de reações químicas; Conhecer e utilizar os procedimentos de descarte de resíduos químicos; tratar os resíduos químicos gerados no Laboratório de Química Geral; Redigir um relatório científico; discutir e avaliar (com

base nos erros experimentais) os resultados obtidos, respeitando as regras dos algarismos significativos.

Ementa: Segurança em Laboratórios de Química; Armazenamento de produtos químicos; Lavagem e secagem de vidrarias; Introdução às técnicas básicas do trabalho com vidro; Levantamento e análise de dados experimentais (erros percentuais e algarismos significativos); Equipamentos básicos de Laboratórios de Química: finalidade e técnicas de utilização; Comprovação experimental de conceitos básicos de Química; Preparação e padronização de soluções; Métodos de purificação de substâncias simples; Isolamento de substâncias químicas por arraste em vapor e extração por solvente; Preparação de substâncias químicas e métodos para caracterizá-las; Procedimentos de descarte e tratamentos dos resíduos de Laboratórios de Química (UFSCar, 2014, p.87).

- Química Analítica Clássica Experimental (disciplina oferecida no segundo semestre para o bacharelado)

Objetivo: Desenvolver a estrutura de raciocínio envolvido em análises qualitativas e quantitativas. Com base nos experimentos realizados será demonstrado que o conceito de equilíbrio químico é o eixo unificador do estabelecimento de procedimentos analíticos que proporcionem resultados exatos e precisos.

Ementa: Noções de segurança em laboratório analítico; Análise qualitativa de cátions e ânions; Análise gravimétrica; Titulação ácido-base; Titulação com formação de precipitado; Titulação complexométrica; Titulação de óxido-redução (UFSCar, 2011, p.19).

- Química dos Elementos de Transição Experimental (disciplina oferecida no quinto semestre para o bacharelado)

Objetivos: Sintetizar e purificar compostos de coordenação e organometálicos, contendo metais de transição. Caracterizar compostos de coordenação e organometálicos, por técnicas espectroscópicas (UV/Vis e infravermelho). Estudar aspectos estruturais de compostos de coordenação e organometálicos. Medir condutividade e ponto de coordenação de compostos de coordenação. Relacionar as propriedades dos compostos de coordenação e organometálicos, com as teorias que os descrevem.

Ementa: Síntese de compostos de coordenação; Síntese de Compostos Organometálicos; Caracterização de Complexos; Soluções aquosas e não aquosas (UFSCar, 2011, p.23).

- Química Orgânica Experimental 2 (disciplina oferecida no sexto semestre para o bacharelado)

Objetivos: Capacitar o(a) estudante para planejar e desenvolver experiências de reações orgânicas sequenciais.

Ementa: Segurança no laboratório da Química Orgânica; Purificação e Preparação de Reagentes e Solventes; Realização de Reações Orgânicas Sequenciadas; Métodos de Isolamento, Purificação e Caracterização de Intermediários e do Produto Final. (UFSCar, 2011, p.24).

Tópicos: Experimentos livres propostos pelos(as) estudantes para no mínimo 4 aulas, procurando envolver conceitos de QV (UFSCar, 2011).

- Laboratório de Físico Química (disciplina oferecida no sexto semestre para o bacharelado)

Objetivos: Determinar parâmetros termodinâmicos de substâncias, soluções e misturas e compará-los com valores relatados na literatura; Medir grandezas que permitam o cálculo de grandezas físico-químicas; Elaborar tabelas e construir gráficos/diagramas que permitam analisar sistemas e calcular grandezas físico-químicas. Despertar no(a) estudante o sentido de observação e crítica; Fazer com que o(a) estudante interprete devidamente os fenômenos observados; e interligar a teoria já vista com os resultados experimentais obtidos.

Ementa: Segurança no Laboratório de Físico-Química; Termoquímica; Determinação de Calor Latente de Vaporização; Estudo de Equilíbrios de Fases; Cinética de Reações em Solução; Catálise; Condutometria; Concentração e Atividade de Íons Hidrogênio; Pilhas Eletroquímicas; Células Eletrolíticas; Procedimentos de descarte e tratamentos de resíduo do Laboratório de Físico-Química (UFSCar, 2011, p.24).

## 4.6 – “ESVERDEAMENTO” DAS PRÁTICAS

Esta fase compreende a adaptação e/ou substituição de práticas existentes por mais verdes tendo por base os procedimentos já utilizados pelas(os) docentes.

O estudo dos procedimentos experimentais foi dividido em duas etapas; primeira, a análise do material didático utilizado nas disciplinas experimentais já citadas (análise documental). A segunda etapa consistiu no acompanhamento das aulas experimentais, analisando como os experimentos são conduzidos pelo(a) docente e pelos(as) estudantes, bem como as suas particularidades (por exemplo, se contempla alguns dos princípios da QV, em que extensão, se há geração de resíduos e, caso haja, se ele é separado e encaminhado para tratamento).

Com os experimentos de interesse em mãos e ciente das particularidades destes foram propostas adequações e/ou experimentos novos, mantendo os objetivos educacionais das práticas, definidos nas ementas das disciplinas selecionadas, com a finalidade de se contemplar os princípios da Química Verde.

Este estudo de adequação dos experimentos fazendo uso da Química Verde foi também dividido em duas etapas: a primeira compreende uma pesquisa teórica e, a segunda, é composta por testes em laboratório para verificar a viabilidades dos experimentos propostos e o diagnóstico de seu grau verde, por meio de métrica.

Estes novos experimentos propostos, depois de aprovados pelos(as) docentes responsáveis pelas respectivas disciplinas, foram aplicados durante o decorrer do semestre. 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 envolvidas em cada

experimento (*Power Point*, Projetor Multimídia). Os roteiros semiabertos para a execução das práticas experimentais foram entregues aos(as) estudantes, que estavam em duplas e/ou trios, após o término da aula experimental foi disponibilizado um questionário para ser respondido e entregue à pesquisadora.

#### 4.7 - FORMA DE ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise e interpretação dos resultados foram realizadas continuamente durante o desenvolvimento do projeto e foram avaliados através das observações das situações de ensino e aprendizagem pertinentes, questionários e entrevistas semi-estruturadas, desenvolvidas e aplicadas pela pesquisadora nas disciplinas do DQ-UFSCar selecionadas, com estudantes (como determinado pelo Comitê de ética a identidade de cada indivíduo deve ser preservada, prontamente os nomes dos(as) estudantes foram substituídos por letras, de A-Z, os demais por números) acordo com e docentes. Foram verificadas condições como viabilidade, aplicabilidade, adequação teórico-metodológica, conteúdos previstos pela ementa e grau / inserção dos princípios da Química Verde.

As entrevistas semi-estruturadas foram transcritas para a leitura e análise de acordo com critérios da pesquisa qualitativa. Foram eleitas categorias a partir dos argumentos presentes nos discursos apresentados durante as entrevistas, em consonância com categorias encontradas na literatura sobre o tema. Todos os documentos foram submetidos à leitura detalhada para categorização e interpretação pautada em literatura científica a respeito principalmente da Química Verde, experimentação e formação profissional no campo da química. A análise se pautou na metodologia de análise de conteúdo (LÜDKE e ANDRÉ, 1986; BARDIN, 2004).

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.

## CAPÍTULO 5

---

*Mas muitas vezes o bom senso ajuda. Ou vamos usar prato descartável em casa, para não ter que lavar louça e “economizar água”?*

*Amadeu Logarezzi em Consumo e Resíduo, 2006*

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Projeto pedagógico do bacharelado na UFSCar e Perfil do profissional a ser formado:

A Química está situada, pela sua própria natureza, e pelo seu conteúdo, na base de toda atividade científica pura e aplicada e de toda a tecnologia necessária para sustentar e desenvolver qualquer sociedade contemporânea. Portanto, a filosofia do curso de Bacharelado em Química/Química Tecnológica é a de formação de profissionais que possam contribuir eficazmente ao desenvolvimento indicado. Além disso, esses profissionais devem ser capazes de formar recursos humanos na pesquisa científica e tecnológica, seja no meio acadêmico, seja nas instituições de pesquisa ou na indústria. Esses recursos humanos devem atingir um nível adequado, em qualidade e quantidade, para sustentar a estrutura de qualquer sociedade tecnológica atual e para promover o seu contínuo desenvolvimento. (UFSCar, 2000; UFSCar, 2005, p.12)

#### 5.1- NOVOS PRINCÍPIOS DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA VERDE: COMO CONTEMPLÁ-LOS?

Foram desenvolvidos e adaptados 6 Princípios voltados às necessidades das disciplinas experimentais (Desenvolvidos juntos/no decorrer das observações das aulas experimentais), os 2 primeiros são inovadores e os demais são princípios baseados nos doze princípios (ANASTAS e WARNER, 1998; ANATAS e KIRCHHOFF, 2002; TROST, 1995; PRADO, 2003; LENARDÃO et al., 2003; CORRÊA e ZUIN, 2009), entretanto adaptados à

educação experimental de química, são eles, os Princípios da Educação em Química Verde (EQV) propostos nesta pesquisa:

1. Problematização/Contextualização (abordagem CTS);
2. Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação);
3. Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos);
4. Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos;
5. Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino;
6. Reduzir o consumo de Energia Elétrica e Água;

Por meio da observação da dificuldade de docentes e estudantes em utilizar os doze princípios da QV (ANASTAS e WARNER, 1998), os quais foram desenvolvidos para serem usados na pesquisa e indústria, foi desenvolvido no decorrer desta pesquisa um olhar específico para a educação experimental de química na construção de princípios que estejam adequados à realidade da educação.

Os novos princípios são destinados aos(as) docentes e embasados também nas necessidades dos(as) estudantes, por meio de análises feitas durante a pesquisa (observação, questionários, entrevistas). É importante lembrar que a utilização dos princípios da EQV deve auxiliar no cumprimento dos objetivos educacionais da disciplina.

Os novos princípios propostos foram desenvolvidos para serem utilizados em aulas experimentais de química, com a finalidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável, de acordo com as Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental (BRASIL, 2012) e adequados à realidade do ensino superior brasileiro de química.

Alguns outros documentos também ajudaram a compor os novos princípios, como o relatório publicado pelo Comitê sobre Desafios para as Ciências Químicas no século XXI do Comitê de Ciências Químicas e Tecnologia da Academia Nacional de Ciências dos EUA (BEYOND THE MOLECULAR FRONTIER, 2003, p.191) nos quais são propostos desafios para os profissionais da Química, são exemplos:

Aprender a sintetizar e fabricar qualquer nova substância que tenha interesse científico ou prático, usando esquemas sintéticos compactos e processos com alta seletividade para o produto desejado, baixo consumo de energia e baixo impacto ambiental;

Desenvolver novos materiais e instrumentos de medida que possam proteger cidadãos contra terrorismo, acidente, crime e doenças, em parte pela detecção e identificação de substâncias e organismos perigosos, usando métodos com alta sensibilidade e seletividade;

Entender a complexa química da terra, incluindo terra, mar, atmosfera e biosfera de maneira a se manter sua habitabilidade;

Desenvolver energia barata e ilimitada (com novas formas de geração, armazenamento e transporte de energia) para preparar caminho para um futuro verdadeiramente sustentável;

Projetar e desenvolver sistemas químicos auto-otimizados;

Revolucionar o projeto de processos químicos para torná-los seguros, compactos, energeticamente eficientes e ambientalmente amigáveis, de maneira a contribuir para a rápida comercialização de novos produtos;

Comunicar eficientemente ao público geral as contribuições dadas à sociedade pelas Ciências Químicas; e

Atrair os melhores e mais brilhantes jovens estudantes para as Ciências Químicas, a fim de ajudar a encontrar todos estes desafios.

Os novos princípios se apoiam também nas Diretrizes Curriculares para os cursos de Química Bacharelado e Licenciatura (BRASIL, 2001), sendo que QV não é citada de maneira direta, entretanto alguns conceitos da EQV são introduzidos em diversos momentos em sua redação. Como quando em “Competências e habilidades” com relação à formação pessoal (Bacharelado e Licenciatura) a importância em:

Possuir capacidade crítica para analisar de maneira conveniente os seus próprios conhecimentos; assimilar os novos conhecimentos científicos e/ou tecnológicos e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação e de suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político.

Ter interesse no auto-aperfeiçoamento contínuo, curiosidade e capacidade para estudos extracurriculares individuais ou em grupo, espírito investigativo, criatividade e iniciativa na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas com a Química.

Ter formação humanística que lhe permita exercer plenamente sua cidadania e, enquanto profissional, respeitar o direito à vida e ao bem-estar dos cidadãos.

Saber adotar os procedimentos necessários de primeiros socorros, nos casos dos acidentes mais comuns em laboratórios químicos. (BRASIL, 2001, p.4)

Estes quatro itens já refletem boa parte dos objetivos da EQV que compreendem um comportamento ético, espírito investigativo e o respeito ao direito à vida e ao bem estar e segurança dos cidadãos.

Em um item exclusivo (Diretrizes) para o curso de bacharelado em relação ao trabalho de investigação científica e produção/controlado de qualidade “Possuir conhecimento da utilização de processos de manuseio e descarte de materiais e de rejeitos, foi observada a preservação da qualidade do ambiente”, o que expressa a importância do respeito também ao meio ambiente (BRASIL, 2001, p.6).

A sustentabilidade é suportada pelo tripé social, ambiental e econômico e levando em conta que a Química Verde busca a sustentabilidade dentro da Química, pode-se dizer que a QV está contida na sustentabilidade, e conseqüentemente também é mantida por este tripé, como ilustrado na Figura 5.1.

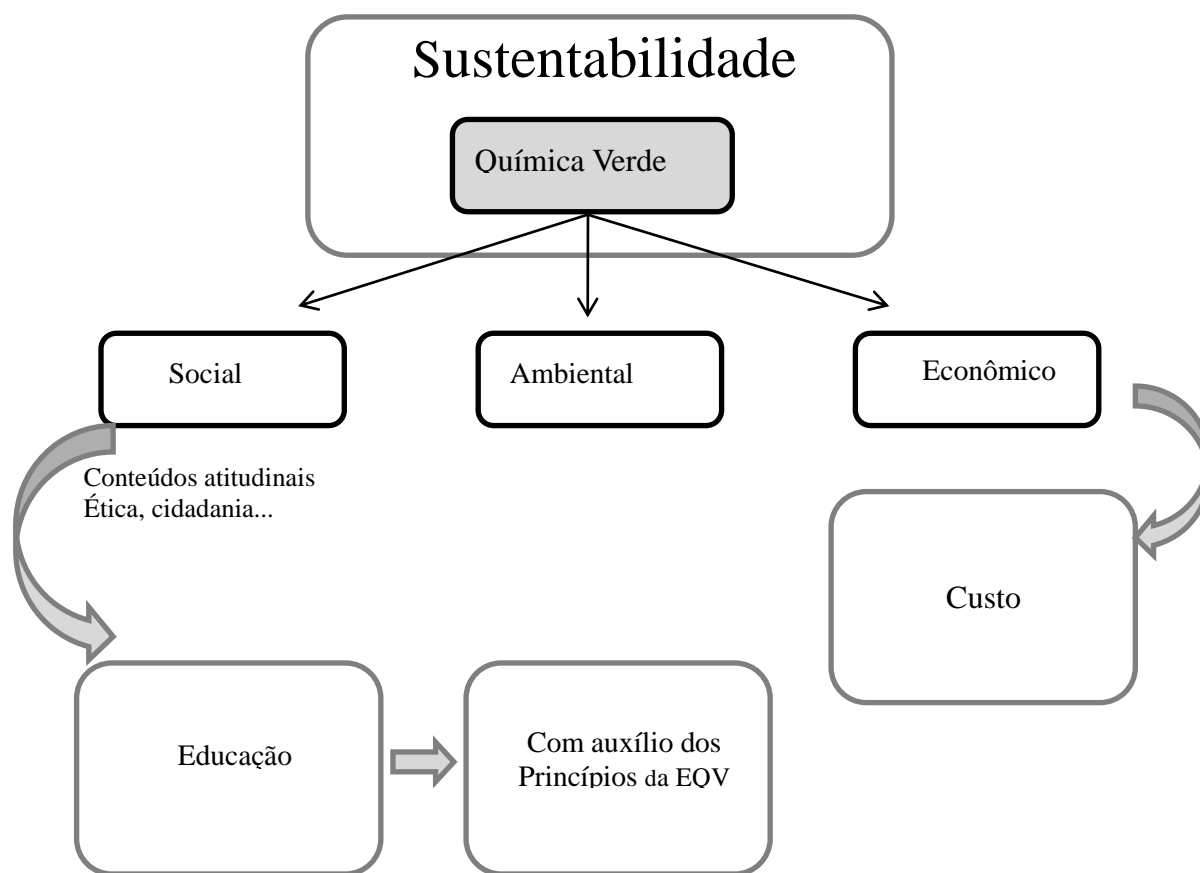


FIGURA 5.1 – Relações entre QV e o tripé da sustentabilidade

Esses princípios compreendem um novo olhar para auxiliar na introdução da QV na educação de química. Esses novos princípios não pretendem impor ações, mas sim indicar opções e possibilidades.

Os novos princípios foram utilizados para avaliação das disciplinas e dos experimentos propostos.

### 5.1.1 - Problematização/Contextualização (abordagem CTS)

O primeiro princípio da EQV tem por objetivo incentivar a introdução de temas cotidianos socioambientais e econômicos nas práticas experimentais por meio da Problematização/Contextualização e abordagem CTS, ou seja, da criação de situações-problema para iniciar aulas experimentais.

De acordo com SANTOS e MORTIMER (2002) o currículo com conteúdos de CTS objetiva o preparo do(a) estudante para a cidadania e o desenvolvimento de atitudes e valores para a formação de uma(o) cidadã/o crítica(o) (SANTOS e MORTIMER, 1999; SANTOS e MORTIMER, 2002).

A perspectiva CTS introduzida no ensino também incentiva o aprendizado em sala de aula e atua como catalisador da capacidade crítica reflexiva de assuntos que permeiam a vida de um ser humano como ser social (BAZZO, 2002), como observado por um(a) docente:

O enfoque CTS influencia bastante na aprendizagem dos alunos. (Docente)

A gente tem uma possibilidade, por meio da perspectiva CTS de alcança-los e fazer uma discussão de química, com conteúdos procedimental, conceitual e atitudinal e aí entra a QV. (Docente)

A relação entre o conhecimento escolar e os conteúdos da experiência cotidiana podem incentivar atitudes éticas; formar cidadãos(ãs) conscientes com práticas sustentáveis; e formar estudantes responsáveis por suas atitudes - como pela geração de resíduos; com o objetivo de iniciar a reflexão sobre a prática.

Um(a) docente enfatiza a importância desta relação, que foi observada por meio das duas práticas experimentais em que foi introduzido este princípio:

Além do experimento é importante que o estudante se conscientize. (Docente)

Em que, como o(a) Estudante H percebe que a QV vai além de conceitos e conteúdos:

É a abordagem da área de ciências químicas que visa a conscientização e estudos voltados ao uso sustentável de diversos compostos que são utilizados cotidianamente por pessoas e indústrias. É uma área de relevância fundamental, pois é uma área que conserva o desenfreado uso de materiais químicos atualmente. (Estudante H)

A inserção da problematização na educação experimental de química traz o questionamento de situações reais para a aproximação dos(as) estudantes (do macro para o micro) podendo assim introduzir questões mais específicas.

Os momentos pedagógicos estabelecidos, para introdução deste princípio, foram baseados nos princípios freirianos para estruturar a ação docente. Estes devem ser organizados em três momentos: Problematização Inicial - busca apresentar (às) aos estudantes situações reais, nas quais se sintam envolvidas(os) por estarem conhecendo e buscando interpretar o exposto; Organização do Conhecimento, momento em que se selecionam os conhecimentos necessários para compreensão do que foi exposto e da problematização inicial; Aplicação do Conhecimento - é quando o(a) estudante começa analisar e interpretar a partir do conhecimento incorporado, podendo fazer inter-relações com outras questões. Desta forma, pretende-se que a QV possa contribuir com esses passos na busca de uma aprendizagem com consciência crítica (DELIZOICOV et al., 2002).

Alguns dos objetivos deste princípio estão inseridos em diversos documentos, tal como nas Diretrizes curriculares para os cursos de Química (BRASIL, 2001). De acordo com tais diretrizes, a Química deve ser reconhecida como uma construção humana, compreendendo os aspectos históricos de sua produção e suas relações com os contextos culturais, socioeconômico e político.

Ainda nas Diretrizes curriculares, sobretudo em relação à formação de um licenciando em química, observa-se que o(a) estudante deve “Compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade” (BRASIL, 2001, p.7). Com relação à profissão (BRASIL, 2001, p.8):

- Ter consciência da importância social da profissão como possibilidade de desenvolvimento social e coletivo.
- Ter capacidade de disseminar e difundir e/ou utilizar o conhecimento relevante para a comunidade.



- Atuar no magistério, em nível de ensino fundamental e médio, de acordo com a legislação específica, utilizando metodologia de ensino variada, contribuir para o desenvolvimento intelectual dos estudantes e para despertar o interesse científico em adolescentes; organizar e usar laboratórios de Química; escrever e analisar criticamente livros didáticos e paradidáticos e indicar bibliografia para o ensino de Química; analisar e elaborar programas para esses níveis de ensino.
- Identificar no contexto da realidade escolar os fatores determinantes no processo educativo, tais como o contexto socioeconômico, política educacional, administração escolar e fatores específicos do processo de ensino-aprendizagem de Química.
- Assumir conscientemente a tarefa educativa, cumprindo o papel social de preparar os alunos para o exercício consciente da cidadania.
- Desempenhar outras atividades na sociedade, para cujo sucesso uma sólida formação universitária seja importante fator.

No Projeto pedagógico do curso de bacharelado em química da UFSCar (2005, p.25), em tratamento metodológico, é esperado que o papel do(a) docente de “ensinar coisas e soluções” passe a ser o de “estimular o estudante a se interessar pelos temas abordados, na perspectiva de buscar soluções para os problemas existentes na atualidade”, privilegiando, assim, o papel e a importância do(a) estudante no processo de aprendizagem.

O Projeto pedagógico do curso de licenciatura em química da UFSCar, já em 2004, definia o perfil do(a) profissional a ser formado(a):

Os pontos que norteiam as modificações sugeridas no presente projeto baseiam-se na constatação que se exige do professor (de química) no ensino médio uma postura ética e uma visão mais abrangente da química envolvendo a sociedade para que possa enfrentar os desafios colocados pelo complexo mundo contemporâneo. Desta forma, espera-se do profissional a ser formado que o mesmo enfrente as dificuldades de traduzir os avanços da ciência e da tecnologia modernas em conteúdos que tenham significado para seus alunos. (UFSCar, 2004, p.5)

FREIRE (2008) também enfatiza a importância da introdução do contexto em que estudantes estejam inseridos(as) no ensino:

Todo aprendizado deve estar intimamente associado à tomada de consciência de uma situação real e vivida pelo aluno. (FREIRE, 2008, p.59)

No Brasil, desde 1981, pela lei Nº 6.938 (Art 3º - IV), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente foi determinado que o poluidor é responsável pela atividade causadora de degradação ambiental.

Mais recentemente, em 2010, a Lei n. 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 dispõe sobre as responsabilidades dos geradores (de resíduos sólidos perigosos ou não) e do poder público e tem como objetivos (Art. 7º):

- I – proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- II – não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III – estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- IV – adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- V – redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- VI – incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII – gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII – articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- X – regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira;
- XI – prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:
  - a) produtos reciclados e recicláveis;

b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;

XII – integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XIII – estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV – incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV – estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.  
(BRASIL, 2010, p.4)

Os objetivos citados estão muito próximos aos desejados pela EQV e por isso percebe-se a importância do aprendizado de ambos para formação profissional.

Deste modo, a introdução de legislações pode auxiliar na contextualização e problematização de experimentos por estarem tão próximas ao cotidiano.

De maneira geral esse princípio também tem como um de seus objetivos o exercício da cidadania, por meio da perspectiva CTS de incentivo a atitudes éticas para formação de cidadãos(ãs) conscientes cujas práticas sejam sustentáveis.

### 5.1.2 - Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)

É uma forma eficaz de tirar os alunos de uma zona de conforto. Por isso é ótima a liberdade de propor experimentos para incentivar a tomada de decisão. (Estudante Y)

Este novo princípio dispõe que, pesquisar nos cursos de formação ajuda o(a) estudante a desenvolver atitudes investigativas, aprender a problematizar, a buscar dados e instrumentos para elucidar questões, e se

expressar. Além disso, nota-se o auxílio ao desenvolvimento de autonomia, da leitura crítica da sociedade e da reflexão sobre sua prática.

Seja nos cursos de química (Bacharelado ou Licenciatura) ou engenharia química é importante dar às(aos) estudantes as ferramentas e habilidades para que possam tomar decisões, especialmente as ambientalmente conscientes (MERCER et al., 2012).

A concepção de liberdade, expressa por Paulo Freire, é a matriz que dá sentido a uma educação que não pode ser efetiva e eficaz senão na medida em que os educandos nela tomem parte de maneira livre e crítica. (FREIRE, 2008, p.59)

Coordenar, jamais impor sua influência. (FREIRE, 2008, p.59)

Nesta perspectiva, este princípio orienta que os(as) estudantes devem ser incentivados(as) para que tomem suas próprias decisões e que os(as) docentes façam o papel de coordenadores(as) ao invés de impor procedimentos prontos.

A tarefa do(a) docente na introdução deste princípio é complexa, pois engloba mais do que a introdução de novos conteúdos e sim a modificação da estrutura das práticas, de reprodutivas para investigativas. Essa modificação que exige grande atenção e preparo do(a) docente, depende muito de sua formação, como foi relatado por um(a) docente:

O que determina, muitas vezes, é o professor responsável pela disciplina, a formação que ele teve anterior, se a ideia de experimento dele for uma ideia clássica, tradicional. A mudança começa com o professor. (Docente)

A proposta deste princípio inclui também o objetivo de tornar sustentável a prática investigativa, visto que os estudantes têm os(as) docentes como exemplo:

Os alunos reproduzem os professores. (Docente)

Para que o(a) estudante possa aprender a questionar situações sistematizar problemas e buscar soluções criativas, como sugerido no Projeto pedagógico do curso bacharelado em Química (UFSCar, 2005):

O professor não deve ser a fonte principal de informações para os estudantes, mas sim o sistematizador e facilitador de ideias. Em resumo, os professores devem estimular os estudantes a serem autônomos e capazes de interpretar corretamente as informações disponíveis, a fim de adquirirem uma visão crítica e ampla dos conhecimentos atuais. (UFSCar, 2005, p.25)

É importante considerar a introdução da relação entre ensino e a pesquisa, para que os benefícios da pesquisa, tal como no caso da iniciação científica, chegue até a sala de aula, com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento da veia investigativa nos(as) estudantes.

De acordo com MASSI (2008, p.40),

a dificuldade em relacionar ensino e pesquisa na graduação remonta ao fato de que existem professores que estabelecem uma diferença entre espaço da sala de aula e o espaço da pesquisa, ou seja, a graduação continua ocupando um espaço de reprodução e não de produção de conhecimento.

Seguindo esta linha de raciocínio, deve-se, por meio da pesquisa, aproximar estudantes à carreira acadêmica e incentivar a licenciatura como meio de dar continuidade a este trabalho; incentivar o trabalho coletivo, que favorece o diálogo, a partilha de saberes e experiências, saber ouvir e se fazer ouvir, expressar ideias e opiniões próprias e acolher pensamentos divergentes e também ensinar como apresentar seus resultados, buscar e escrever trabalhos científicos, como exemplos as etapas dos relatórios das práticas e publicações.

De acordo com as Diretrizes curriculares para os cursos de Química (BRASIL, 2001) a busca de informação, comunicação e expressão é considerada importante para a formação química, seja no curso bacharelado ou licenciatura, o(a) estudante deve:

- Saber identificar e fazer busca nas fontes de informações relevantes para a Química, inclusive as disponíveis nas modalidades eletrônica e remota, que possibilitem a contínua atualização técnica, científica e humanística.
- Ler, compreender e interpretar os textos científico-tecnológicos em idioma pátrio e estrangeiro (especialmente inglês e/ou espanhol).

- Saber interpretar e utilizar as diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, símbolos, expressões, etc.).
- Saber comunicar corretamente os projetos e resultados de pesquisa na linguagem científica, oral e escrita (textos, relatórios, pareceres, "posters", internet, etc.) em idioma pátrio e estrangeiro (especialmente inglês e/ou espanhol). (BRASIL, 2001, p.5)

Alguns aspectos contidos nestas diretrizes são diferenciações entre os cursos, neste caso, com relação a aplicação do conhecimento em Química. Assim, são dispostos itens exclusivos para o curso bacharelado considerados de relevância equivalente para educação química, tais como atitudes de curiosidade e criatividade que estimulam a pesquisa e a aprendizagem (BRASIL, 2001, p.6):

- Ter curiosidade intelectual e interesse pela investigação científica e tecnológica, de forma a utilizar o conhecimento científico e socialmente acumulado na produção de novos conhecimentos.
- Ter consciência da importância social da profissão como possibilidade de desenvolvimento social e coletivo.
- Saber identificar e apresentar soluções criativas para problemas relacionados com a Química ou com áreas correlatas na sua área de atuação.

Em concordância com este princípio, o Perfil dos profissionais a serem formados na UFSCar (UFSCar, 2008) e o Projeto pedagógico do curso de bacharelado em Química (UFSCar, 2005) destacam que, devido às densas mudanças tecnológicas, sociais, econômicas, políticas e culturais em nossa sociedade, o ensino necessita enfatizar: a ética; a responsabilidade que lhes permitam uma atuação consciente; o exercício à criatividade na resolução de problemas; a trabalhar com independência e o treinamento para o trabalho em equipe, a necessidade de atualização e ampliação constante dos conhecimentos adquiridos, aplicação de abordagens criativas à solução dos problemas e o desenvolver novas aplicações e tecnologias.

O incentivo à pesquisa em Educação de QV aproxima estudantes que por sua vez poderão produzir novos processos, novas tecnologias e substâncias que sejam verdes em sua concepção. E que esses(as) futuros(as)

profissionais, em suas respectivas áreas de atuação, na educação, na indústria ou pesquisa, deem continuidade à filosofia da QV.

### 5.1.3 - Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)

Este princípio combina conceitos já fundamentados aos seus ressignificados.

Tem por base não a diferenciação do significado da palavra resíduo na educação experimental de química, pois também considera resíduo de forma geral o que não tem mais função. Porém, a diferença está no produto. Depois de realizado um experimento, o produto gerado, na maioria das vezes, deixa de ter função, e se torna resíduo.

Uma das métricas utilizadas para aferir grau verde a experimentos tem por base o rendimento, contudo no ensino um rendimento ideal de 100% ou um rendimento de 50% tem como resultado 100% de resíduos.

Este princípio passa a ser utilizado no momento em que docentes e estudantes começam a observar a discrepância em se gerar resíduo indiscriminadamente, e por vezes, pode-se iniciar a reflexão que esta pesquisa objetiva.

Este princípio também une alguns dos doze princípios de QV que pretendem prevenir e minimizar resíduos, de tal modo que esta compilação oferece mais simplicidade e mais fácil identificação da função do princípio.

A não geração do resíduo deve ser sempre priorizada (Princípio 1). Prevenir a geração de resíduo perigoso ou não, então, deve-se evitar o desperdício, evitar a geração desnecessária de qualquer resíduo.

É possível a inserção de aulas com experimentos em vídeos, demonstrações desde que os conteúdos procedimentais já tenham sido inseridos

anteriormente, pela necessidade das(os) estudantes adquirirem habilidades específicas da química. Os(As) docentes corroboram com esta possibilidade, como exemplo:

Fazer com que os alunos tenham habilidades práticas, é preciso na química...(Docente)

Outra forma de prevenir/evitar e minimizar é por meio da reutilização do produto gerado, ou seja, considerar/utilizar o produto como reagente (matéria-prima) em uma experiência seguinte ou futura, para isso este produto-reagente necessita de correta rotulagem e armazenamento seguro para que possa ser identificado para a próxima utilização e que esteja em boas condições de uso.

Um exemplo observado, durante uma prática de Analítica, foi a preparação de uma solução única para que todos(as) estudantes utilizassem, com objetivo de evitar a geração de mais resíduos.

É importante a diferenciação de reutilização e reciclagem. Em uma ordem de preferência a reutilização vem antes da reciclagem, pois quando existe a possibilidade de reuso de um resíduo, significa que este será utilizado sem qualquer intervenção, enquanto que para reciclar um resíduo ele terá que passar por algum tratamento no qual pode ser utilizado algum reagente e energia. Este princípio tem também como referência o conhecido princípio dos 3 R's utilizado em educação ambiental e gestão sustentável que prioriza uma hierarquia a fim de causar menor impacto ambiental, em ordem: redução, reutilização e reciclagem. Mais recentemente foram introduzidos mais dois itens a esta lista o repensar e o recusar, chamados de 5 R's: repensar, reduzir, recusar, reutilizar e reciclar.

Idealmente a prevenção é a melhor das alternativas, contudo quando a não geração de resíduos é impossível é recomendável a sua minimização. Existem muitas formas de minimizar a geração de resíduos, sendo a mais eficiente a economia de átomos (Princípio 2 da QV). As disciplinas experimentais devem incluir metodologias sintéticas que possam maximizar a



incorporação de todos os materiais de partida no produto final. Assim, o(a) docente pode orientar (as)os estudantes sobre práticas em que não haja economia de átomos e compará-las.

A redução das quantidades de reagentes e das concentrações das soluções utilizadas em experimentos são formas de minimização. Baixas concentrações aliadas a pequenas quantidades oferecem menor risco.

Evitar derivações (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) também é uma forma de minimização, pois estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos (Princípio 8 da QV).

Fazer uso de catálise é outra forma de minimizar resíduos, pois reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são utilizados visando menor geração de subprodutos, principalmente em relação às reações estequiométricas. Além de aumentar a velocidade de uma reação, não é consumido na reação (situação ideal). A função do catalisador também pode ser a de aumentar a seletividade de uma reação química. Dar sempre preferência à utilização de catalisadores heterogêneos, pois estes podem ser reutilizados (Princípio 9 da QV) (FARIAS e FÁVARO, 2011). A biocatálise e a fotoquímica também são recomendadas.

Muitas outras atitudes podem minimizar a geração de resíduos, como a elaboração de kits contendo os materiais necessários para um experimento que podem ser reutilizáveis.

Um exemplo da possível elaboração de kits reutilizáveis é o experimento de densidade aplicado na disciplina de técnicas básicas e formado por peças metálicas, sendo que tais peças guardadas poderão ser sempre reutilizadas. Outro exemplo é o kit elaborado pela pesquisadora ZANDONAI (2013), para substituir as peças metálicas elaborou em experimento de densidade de polímeros envolvendo conteúdos atitudinais trazendo uma questão do contexto brasileiro que é a reciclagem.

#### 5.1.4 - Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos

Este quarto princípio vai além de unir os Princípio 3, 4, 5 e 12 da QV, pois apresenta a importância da inserção da(o) estudante no processo de avaliação de risco, para a inclusão de aulas experimentais de química seguras para a prevenção de acidentes, como também para poder evitar quaisquer riscos em sua vida futura como cidadã/o.

As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

O risco é comumente denominado como a união da exposição ao perigo  $\text{Risco} = f(\text{perigo}, \text{exposição})$ , entretanto, esta pesquisa propõe a inserção de um terceiro condicionante, o despreparo do(a) profissional, no caso do(a) estudante. Uma pessoa que está exposta a uma situação de perigo, mas foi preparada durante sua formação correrá menos risco, logo,  $\text{Risco} = f'(\text{perigo}, \text{exposição}, \text{despreparo})$  como expresso na Figura 5.2, a intersecção dos fatores de risco, de acordo com LICCO (2012), neste caso, destes três itens, representa o risco.

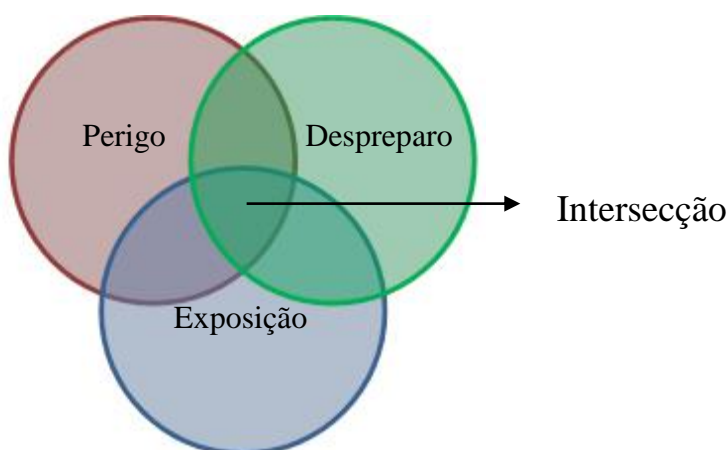


FIGURA 5.2 - Intersecção perigo, exposição, despreparo

Todo e qualquer trabalho a ser desenvolvido dentro de um laboratório apresenta riscos, seja por produtos químicos, chama, eletricidade ou imprudência do usuário. Esses riscos podem resultar quando menos se espera em acidentes com danos materiais e pessoais.

Muitas coisas podem ser feitas para minimizar esses riscos. Seguir rigorosamente as normas de laboratório, adotar algumas práticas e adquirir e aumentar o conhecimento sobre suas atividades no laboratório são algumas dessas medidas. (GAVETTI, 2013, p.18)

O primeiro passo é evitar o perigo, como já enfatizado em princípios anteriores, por meio da introdução de procedimentos experimentais que utilizem reagentes menos perigosos à saúde e ao meio ambiente.

O segundo passo é evitar a exposição, inicialmente considerar a possibilidade de não exposição, como por meio da utilização de demonstrações e vídeos. Uma forma de não exposição de estudantes ocorre também quando outra pessoa realiza parte do procedimento experimental. Caso contrário por meio da utilização de EPIs (luva, óculos, máscara) e EPCs (capela).

O terceiro passo, no qual se pretende preparar a(o) estudante, refere-se ao combate ao seu distanciamento de questões que envolvem algum risco.

Fundamentalmente, o(a) estudante precisa conhecer os perigos existentes durante as aulas experimentais para então poder preveni-los.

Principalmente em relação ao ensino é importante escolher experimentos que utilizem e gerem substâncias não perigosas, com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente, mantendo os conteúdos conceituais e procedimentais propostos na disciplina em questão.

Uma das grandes dificuldades dos(as) estudantes e até dos(as) docentes é a caracterização de um reagente como perigoso. O que torna um reagente ou resíduo perigoso? E como os interessados podem atribuir essas características? De acordo com a NBR 10004 resíduo perigoso é aquele que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de

doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Ou apresente uma das características: Inflamabilidade, Corrosividade, Reatividade, Toxicidade ou Patogenicidade (ABNT, 2004).

Segundo a NBR 10004 um resíduo é caracterizado como tóxico se uma amostra representativa dele, apresentar uma das seguintes propriedades (ABNT, 2004, p.4):

- a) Contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes no anexo F;
- b) possuir uma ou mais substâncias constantes no anexo C e apresentar toxicidade. Para avaliação dessa toxicidade, devem ser considerados os seguintes fatores:
  - natureza da toxicidade apresentada pelo resíduo;
  - concentração do constituinte no resíduo;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para migrar do resíduo para o ambiente, sob condições impróprias de manuseio;
  - persistência do constituinte ou qualquer produto tóxico de sua degradação;
  - potencial que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, tem para degradar-se em constituintes não perigosos, considerando a velocidade em que ocorre a degradação;
  - extensão em que o constituinte, ou qualquer produto tóxico de sua degradação, é capaz de bioacumulação nos ecossistemas;
  - efeito nocivo pela presença de agente teratogênico, mutagênico, carcinogênico ou ecotóxico, associados a substâncias isoladamente ou decorrente do sinergismo entre as substâncias constituintes do resíduo;
- c) ser constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias constantes nos anexos D ou E;
- d) resultar de derramamentos ou de produtos fora de especificação ou do prazo de validade que contenham quaisquer substâncias constantes nos anexos D ou E;
- e) ser comprovadamente letal ao homem;
- f) possuir substância em concentração comprovadamente letal ao homem ou estudos do resíduo que demonstrem uma DL50 oral para ratos menor que 50 mg/kg ou CL50 inalação para ratos menor que 2 mg/L ou uma DL50 dérmica para coelhos menor que 200 mg/kg.

Estes são itens para identificação apenas da Toxicidade, ainda é necessário avaliar as demais características (Inflamabilidade, Corrosividade,

Reatividade, e Patogenicidade), presentes na mesma legislação citada, para poder aferir perigo a um reagente.

Como também, a caracterização de perigo pode ser realizada com auxílio de outras legislações, como por meio do CONAMA 357 (BRASIL, 2005), que determina o limite máximo permitido para alguns contaminantes orgânicos e inorgânicos. As informações obtidas também podem auxiliar na determinação de possíveis tratamentos e na possibilidade de seu descarte ser em esgoto ou lixo comum.

A identificação de perigo de um dado reagente ou resíduo não é uma tarefa fácil e nem simples. Contudo, existem as Fichas de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) que resumem as características mais relevantes do reagente pesquisado.

Em 1992, foi reconhecida, no Capítulo 19 da Agenda 21, que a falta de dados científicos para avaliar os riscos inerentes à utilização de numerosos produtos químicos dificulta a resolução de problemas de poluição química (CNUMAD, 1992). Logo, quando não for possível a identificação do perigo é aconselhável a não utilização do reagente ou, no caso do resíduo, a possibilidade de tratamento, decomposição em substâncias conhecidas e descarte adequado.

O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) também pode conferir perigo, logo, sempre que possível evitar o seu uso e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas (Princípio 5 da QV).

É importante a orientação das possibilidades para evitar os perigos provenientes destas substâncias auxiliares. A utilização de água como solvente e também reações sólido-sólido, ou seja, sem necessidade de solventes, são as principais opções.

Contudo, existe a necessidade de instruções para prevenir a exposição, pois parte da preocupação no uso de solventes envolve o perigo associado à sua manipulação, pois muitos são altamente voláteis.

Existem legislações que determinam tempo de exposição a agentes químicos, como a Norma Regulamentadora NR 15, referente a Atividades e Operações Insalubres, que desde 1978 dispõe limites de tolerância que os trabalhadores podem ficar expostos a agentes químicos, a caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância, conforme Tabela 5.1.

TABELA 5.1- Exemplo de tabela com alguns Limites de tolerância válidos para absorção apenas por via respiratória presente no Anexo 11 da NB 15 (1978)

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m <sup>3</sup> **	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetado de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo

\*ppm – partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado

\*\*mg/m<sup>3</sup> - miligramas por metro cúbico de ar

Os conteúdos de segurança são essenciais para evitar o risco. Os conteúdos englobam conceitos, procedimentos e atitudes a respeito de como cuidar de sua segurança, de seus colegas e do meio ambiente.

Os acidentes mais comuns em laboratórios são incêndios, queimaduras, queimaduras químicas, ferimentos e fraturas, choque elétrico, intoxicação, contaminação por substâncias tóxicas, derrame de substância tóxica. Estes são acidentes possíveis dentro do laboratório, mas quando os

resíduos são descartados inadequadamente, os prejuízos são ampliados, tais como no caso das contaminações de lençóis freáticos.

Grande parte dos perigos é proveniente dos reagentes e resíduos, seja por meio de sua manipulação, seja pela sua interação com o meio ambiente.

Fazem parte dos conteúdos propostos neste princípio, a toxicologia, ecotoxicologia, acondicionamento de resíduos, preenchimento e leitura de rótulos, leitura de FISPQ, leitura e preenchimento do diagrama de Hommel incompatibilidades entre reagentes, legislação ambiental, tratamento de resíduos, formas de descarte, incineração, consequências ao meio ambiente e ao ser humano, entre outros.

É importante ensinar também como proceder em caso de acidentes, como derramamento, como realizar a remediação. Como exemplo ZANDONAI et al. (2014), propuseram um experimento didático e verde por meio da remediação de vazamento de petróleo em água.

Na Resolução Normativa do Conselho Federal de Química CFQ nº 36, de 25 de abril de 1974, publicada no DOU de 13 de maio de 1974, é enfatizada a importância de conteúdos de toxicologia nas atribuições aos profissionais da Química, sendo que uma das atividades designadas:

Análise química e físico-química, químico-biológica, bromatológica, toxicológica, biotecnológica e legal, padronização e controle de qualidade. (CFQ, 1974, p.1)

Estes conteúdos, entre outros, são como insumos necessários para que o(a) estudante seja capaz de avaliar o risco e assim preveni-lo.

Foram observados, nas 5 disciplinas acompanhadas, também os aspectos relacionados à segurança. É comum que as(os) docentes orientem os(as) estudantes a realizarem uma pesquisa sobre os reagentes que serão utilizados nos procedimentos experimentais, englobando principalmente as normas de segurança (cuidados e descarte). Percebeu-se que as(os) estudantes não notam a importância da segurança na profissão química, pois prevalece um

olhar desconexo de que a segurança é uma questão óbvia e por isso não precisa ser ensinada, tampouco aprendida pelos(as) estudantes.

De acordo com os Projetos pedagógicos dos cursos de bacharelado e licenciatura em química da UFSCar (2005) com relação ao trabalho de investigação científica e produção/controlado de qualidade, as normas de segurança devem ser introduzidas no ensino, com a finalidade no futuro profissional do(a) estudante:

Conhecer os procedimentos e normas de segurança no trabalho, inclusive para expedir laudos de segurança em laboratórios, indústrias químicas e biotecnológicas; (UFSCar, 2005, p.16)

O passo mais ressaltado pelos(as) docentes tem objetivo de evitar a exposição, entretanto ainda é constituído de uma orientação: Utilize a capela! As normas de utilização dos laboratórios incluem os trajes (avental de mangas compridas, longos e abotoados; calça comprida; sapato fechado, sem salto e de solado antiderrapante; equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriadas), a utilização de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) e algumas proibições para o ambiente laboratorial (fumar; correr; comer; beber; deixar sobre as bancadas materiais estranhos ao trabalho, como bolsas, blusas, livros, etc; sentar no chão ou na bancada; usar cabelo comprido solto; manusear sólidos ou líquidos desconhecidos) (GAVETTI, 2013). Tais orientações diminuem a exposição, mas não o perigo, como também não diminuem o risco ao meio ambiente, como se o conteúdo a respeito de segurança estivesse restrito aos procedimentos, deixando de lado os conceitos e atitudes.

Conteúdos sobre segurança para impedir contaminações ambientais não são comumente introduzidos, como se este problema não existisse e assim não houvesse a responsabilidade sobre aquele resíduo gerado.



### 5.1.5 - Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino

Este quinto princípio da EQV faz uso de dois princípios da QV (Princípio 7 e 10) que considera a origem do reagente até o final de seu ciclo de vida.

Por isso, é importante evitar o uso de reagentes de fontes não renováveis para além de preservar as fontes, assim como produzir menores quantidades de gases nocivos.

Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização, o resíduo não deve permanecer no ambiente, devendo ser degradado em produtos inócuos. Além disso, os resíduos devem ser biodegradáveis. Já os produtos que estejam disponíveis na natureza, como óxidos de ferro, devem ser descartados no ambiente sem prejuízos ambientais (dentro dos limites permitidos).

Devem-se utilizar reagentes disponíveis no meio ambiente, por exemplo terra e casca de laranja, que foram usados nos experimentos. Este tipo de reagente além de ser de fácil acesso pode aproximar o contexto em que os(as) estudantes estão inseridos com o contexto da aula.

É preciso usar reagentes nacionais e valorizar a cultura nacional por meio da utilização de reagentes disponíveis na natureza e também pela compra de reagentes de indústria químicas próximas à universidade, o que reduz o custo ambiental e econômico do transporte. O custo de reagentes e vidrarias não pode ser excluído do ambiente laboratorial e os(as) estudantes necessitam ter esse tipo de informação para que possam ser aproximados à realidade da indústria.

Neste contexto, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química - Bacharelado (BRASIL, 2001), os(as) estudantes devem:

- Conhecer aspectos relevantes de administração, de organização industrial e de relações econômicas.
- Ser capaz de atender às exigências do mundo do trabalho, com visão ética e humanística, tendo capacidade de vislumbrar possibilidades de ampliação do mesmo, visando atender às necessidades atuais. (BRASIL, 2001, p.6)
- Saber realizar estudos de viabilidade técnica e econômica no campo da Química. (BRASIL, 2001, p.5)
- Saber atuar em laboratório químico e selecionar, comprar e manusear equipamentos e reagentes. (BRASIL, 2001, p.5)

Ao fim da apresentação dos novos princípios e objetivos da EQV, observa-se a necessidade de serem compreendidos em conjunto com a perspectiva do Projeto pedagógico do curso de bacharelado em Química, ambos pretendem contribuir para que as(os) estudantes, além de conhecimento teórico, adquiram habilidades e competências e, ainda, desenvolvam valores, responsabilidades que possibilitem uma futura atuação profissional competente e comprometida com critérios humanísticos, éticos, legais e de rigor científico (UFSCar, 2005).

### 5.1.6 - Reduzir o consumo de Energia Elétrica e Água

A utilização de energia (Princípio 6 da QV) e água pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos, devendo ser minimizada. Se possível, os experimentos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes. É necessário reduzir o tempo de utilização de equipamentos elétricos, assim como em relação a aquecimentos e agitação. É preciso incentivar a utilização de fontes de energia sustentáveis.

A relação entre água e energia é especialmente relevante no cenário brasileiro, já que a maior produção de energia nacional é por meio de hidrelétricas (PORTAL BRASIL, 2014).

A falta de água potável, no ano 2014, na cidade de São Paulo, foi amplamente divulgada pelas mídias, como consequência a sociedade foi convidada a economizar.

Este problema ambiental não é privilégio de São Paulo, sendo assunto global. A importância da economia de água é facilmente visualizada quando a pegada hídrica de um determinado produto/processo é informada.

A pegada hídrica é um conceito que envolve um cálculo do volume de água efetivamente consumida na produção de um produto (HOEKSTRA et al., 2011). A pegada hídrica considera toda água envolvida na produção, de forma direta e indireta, incluindo o volume de água necessária para diluir os resíduos gerados, a fim de que o efluente esteja em conformidade com as legislações (HOEKSTRA, 2009).

Avaliar junto às(aos) estudantes a necessidade de utilizar energia elétrica, e avaliar a viabilidade de realizar experimentos sem uso de energia elétrica, uma das opções possíveis é a reação utilizando luz solar. A preocupação com o consumo de energia e água deve fazer parte da formação em química.

Uma das preocupações do(a) docente de Orgânica é com o gasto de energia do aparelho de refluxo, limitando experimentos que o utilizem, apenas permitindo a utilização para que os(as) estudantes aprendam a utilizá-lo, enquanto incentiva a utilização do aparelho de micro-ondas. Por meio da EQV os(as) estudantes possam avaliar o impacto ambiental de suas práticas na universidade para auxiliar na capacidade de tomar decisões ambientalmente sustentáveis no futuro.

## 5.2 - MÉTRICA PARA EQV

Para avaliação dos experimentos desenvolvidos foi utilizada a métrica Estrela Verde (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO et al., 2010b) utilizando os princípios da EQV.

Para construção gráfica é importante verificar para cada princípio o seu respectivo grau verde que pode variar de 1 a 3, de forma crescente, conforme o grau verde.

O grau verde de cada princípio é determinado com auxílio da Tabela 5.2, na qual estão disponibilizados os seis princípios e suas três respectivas opções de grau verde, depois de determinados os valores é possível construir o gráfico para a avaliação visual do grau verde.

TABELA 5.2- Princípios da Educação em Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV

(continua)

Princípios da EQV	CrITÉrios	Valores de grau verde
P1- Problematização/ Contextualização (abordagem CTS)	Inclui problematização, contextualização com abordagem CTS	3
	Inclui contextualização sem problematização ou, Utiliza como reagentes produtos presentes no cotidiano dos(as) estudantes	2
	Experimento sem uso de Problematização/Contextualização e abordagem CTS	1
P2 - Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação);	Incentiva a pesquisa por meio de experimentos livres	3
	Além de relatório, a(o) estudante possa apresentar (seminário) sobre seu experimento com reflexão de sua prática Possibilita o(a) estudante a tomar decisões durante o experimento (roteiro com abertura)	2
	Não incentiva a pesquisa, experimentos somente reprodutivos	1
P3- Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)	Se não gera produto/resíduo (utiliza vídeo, demonstração, simulação) ou,  Introdução que faça repensar a prática para evitar a geração de resíduos ou,  Total reaproveitamento dos resíduos	3
	Não gera resíduo (economia de átomos) ou, Prática que minimiza resíduo (quantidade, concentração, tratamento, reutilização do produto gerado)	2
	Sem qualquer forma de minimização de resíduos	1
P4- Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos	São introduzidos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de segurança em química para a prevenção de acidentes/risco à saúde humana e do ambiente Contemple o combate aos três passos para prevenção do risco (Risco = f (perigo, exposição, despreparo)) e,  Todas as substâncias envolvidas (utilizadas e produzidas) são inócuas ou, Gera resíduo que contem substâncias que apresentam um risco moderado que estejam em muito pequena quantidade e/ou de concentração muito baixa	3
	As substâncias envolvidas apresentam um risco moderado (utilizadas e produzidas) para a saúde e ambiente ou, Todo resíduo perigoso utilizado é reaproveitado	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta um risco elevado para a saúde e ambiente	1

TABELA 5.2- Princípios da Educação em Química Verde e escalas do grau verde para construir a EV

		(conclusão)
Princípios da EQV	Critérios	Valores de grau verde
P5- Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino	Todas as substâncias envolvidas são reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação (introdução do ciclo de vida de elementos/substâncias envolvidas no experimento na aula) ou, Utiliza algum reagente natural (exemplos: solo, casca de laranja) que possam retornar ao meio ambiente	3
	Utiliza somente reagentes convencionais nacionais comercializados, renováveis e/ou degradáveis em produtos inócuos	2
	Utiliza algum reagente importado ou, Mais de um reagente envolvido não é degradável nem pode ser tratado para dar origem a produtos inócuos ou, Mais de um reagente envolvido não é renovável	1
P6- Reduzir o consumo de Energia elétrica e Água	Não consome energia (exemplo: sem aquecimento/agitação) e não desperdiça água	3
	Utiliza aparelhos que consomem menos energia, na relação tempo/consumo como micro-ondas Baixo tempo de consumo de energia Utiliza fontes de energia alternativas	2
	Utiliza aparelhos que consomem mais energia, na relação tempo/consumo Alto tempo de consumo Consumo desnecessário de água	1

O gráfico é produzido com auxílio do programa *Microsoft Excel*, por meio de uma tabela, na qual se informa na linha 2 os valores de grau verde determinados a partir da Tabela 5.2, a linha 3 deve sempre conter o número um para todos os princípios conforme Figura 5.3. Para plotar o gráfico tem-se que selecionar todos os dados e clicar em inserir gráfico de nome Radar Preenchido.

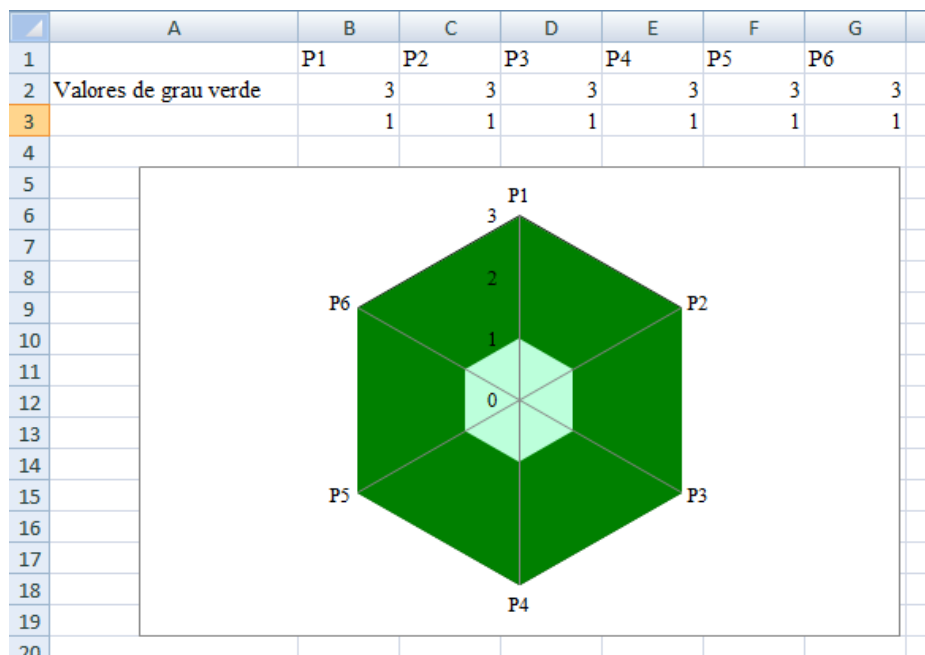


FIGURA 5.3- Estrela verde de maior grau verde

O gráfico é uma forma de avaliar o grau verde qualitativamente, ou seja, para visualização do grau verde de um determinado experimento, ou comparação de dois ou mais experimentos.

Para a quantificação do grau verde é necessário somar os valores atribuídos a cada princípio de EQV (disposto na Tabela 5.2). Considerando o total de 6 princípios, o máximo de grau verde é 18 (6x3) e o mínimo 6 (6x1). O valor de grau verde é a soma dos valores que estarão dispostos na linha 2, conforme Figura 5.3, como exemplo a Estrela verde de maior grau verde.

### 5.3 - DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS E SUAS PARTICULARIDADES

Neste estudo foram analisadas 5 disciplinas experimentais. Todas apresentaram características particulares com distintas abordagens metodológicas e por isso a participação em cada uma delas foi diferenciada.

Experimentos verdes foram propostos pela pesquisadora, em duas disciplinas: Técnicas Básicas em Química e Química Analítica Experimental.

Buscando estimular os(as) estudantes na aplicação da Química Verde, nas disciplinas de Química Orgânica Experimental II e Química dos Elementos de Transição Experimental foi feita uma proposta para que os(as) estudantes executassem experimentos livres e tivessem uma preocupação com materiais e metodologias mais verdes. Já na disciplina de Físico-Química Experimental foi adotada uma revisão dos experimentos de maneira que os resíduos fossem recuperados e que pudessem ser tratados e posteriormente reutilizados e finalmente a introdução de conteúdos a respeito de rotulagem e destinação adequadas dos resíduos.

### 5.3.1- Química Geral

A disciplina escolhida de química geral foi a “Técnicas Básicas em Química”, ministrada no primeiro semestre do curso de licenciatura noturno. Um foco especial desta disciplina é a diferente abordagem em que as aulas são iniciadas, com apresentação dos aspectos históricos em *Microsoft PowerPoint*, contextualizando os conteúdos a serem abordados no experimento, os quais foram sempre explicados antes de sua realização pela(o) docente.

Esta disciplina é o primeiro contato das(os) estudantes ingressantes com a química experimental, aulas práticas nos laboratórios de química, por isso tem um caráter de introdução a um mundo novo, no qual as(os) estudantes irão conhecer vidrarias, equipamentos, reagentes e normas de segurança. Esse primeiro contato é fundamental para seu aprendizado como Químico(a) e a utilização dos princípios da EQV que desde o início irá corroborar para uma formação mais responsável e consciente.

Os procedimentos experimentais, bem como o seu desenvolvimento foram avaliados e observados pela pesquisadora. Os experimentos desta disciplina estão contidos em apostila (SILVA et al., 2011) baseada no livro Introdução à Química Experimental (SILVA et al., 1990). Do livro para a



apostila foram observadas mudanças que foram ocorrendo no decorrer dos anos. Ainda assim, alguns detalhes em alguns experimentos foram modificados pelo(a) docente.

O experimento “Identificação de amostras sólidas” gera apenas água como resíduo, pois as amostras sólidas metálicas utilizadas são reutilizáveis. No segundo experimento “Identificação de sólidos metálicos por análise qualitativa” existe um tópico com instruções específicas, quanto à manipulação de reagentes corrosivos, com instruções para retirar o líquido do frasco e como verificar o cheiro da substância para minimizar o risco de intoxicação. Interessante notar que este tópico já existia em 1990, entretanto o tópico “Falando sobre resíduos Químicos” ainda não. Uma das características de educação em QV deste experimento é a investigação que as(os) estudantes são submetidas(os), a fim de descobrirem quais metais receberam no início do experimento (segundo princípio da EQV).

“Preparação e padronização de solução diluída de ácido forte” e “Preparação e padronização de solução diluída de base forte” são experimentos cujos resíduos de ácido e bases padronizados são reutilizados em práticas futuras.

No experimento “Determinação do teor de ácidos e bases em produtos comerciais” são utilizados como reagentes o vinagre e o leite de magnésio como produtos comerciais. Pode-se perceber uma grande mudança com relação ao material utilizado por volta de 1990, pois ao invés do uso do vinagre era utilizada uma bateria chumbo-ácido para determinação de ácido sulfúrico. As quantidades de reagentes utilizadas neste experimento são reduzidas a metades pela(o) docente que pede aos(às) estudantes realizarem essa mudança no procedimento.

Na “Síntese de um analgésico” pode-se observar comparando os materiais a redução para a metade, por exemplo, era indicado pesar 2 g de ácido salicílico e na apostila de 2011 é indicado pesar 1 g, o mesmo ocorre com o

anidrido acético de 5 mL para 2,5 mL. Importante relatar que o ácido acetilsalicílico produzido é utilizado como reagente no experimento “Purificação e identificação de um composto orgânico sólido”. Inicialmente, é feita uma introdução ao experimento mostrando as reações envolvidas e sua utilização como um fármaco. Alerta os(as) estudantes que este analgésico se administrado em excesso pode ocasionar alergias e é contraindicado para grávidas.

Na “Síntese e caracterização de um sal simples” o sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) foi sintetizado. Esta síntese também sofreu mudanças em seu procedimento, a quantidade de óxido de cobre foi reduzida pela metade, a concentração do ácido sulfúrico foi reduzida de  $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$  para  $4,5 \text{ mol.L}^{-1}$ .

No experimento “Separação e identificação dos componentes de uma mistura binária de líquidos voláteis” é realizada uma destilação fracionada. Normalmente usa-se Etanol PA (Ponto de ebulição,  $78,37^\circ\text{C}$ , Pressão de vapor,  $44,6 \text{ mmHg}$  a  $20^\circ\text{C}$  e Acetona PA (Ponto de ebulição,  $56^\circ\text{C}$ , Pressão de vapor,  $184 \text{ mmHg}$  a  $20^\circ\text{C}$ ) como há mistura de solventes, os resíduos gerados podem ser reaproveitados (FISPQ acetona, 2009; FISPQ etanol, 2014).

No último experimento, anterior ao proposto pela pesquisadora, “Isolamento de produtos naturais por arraste de vapor” foram utilizadas cascas de laranjas trazidas pelos(as) estudantes, como estímulo de aproximação por meio de algo comum em seu cotidiano. A utilização das cascas de laranja se enquadra no sétimo princípio da QV e também pelo quinto princípio da EQV, por ser renovável, biodegradável e fonte nacional.

Alguns princípios da EQV foram destacados nos experimentos e dispostos no Quadro 5.1, contendo suas respectivas características verdes.

QUADRO 5.1 – Nome dos experimentos, suas respectivas características verdes e princípios da EQV, referente à disciplina Técnicas Básicas de Química

Experimento	Características Verdes	Princípios da EQV
Identificação de sólidos metálicos por análise qualitativa	Estudantes realizam investigação para descobrirem quais metais receberam no início do experimento	Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)
Preparação e padronização de solução diluída de ácido forte	Produto gerado de ácido padronizado foi <u>reutilizado</u>	Atenção aos produtos e processos
Preparação e padronização de solução diluída de base forte	Produto gerado de base padronizado foi <u>reutilizado</u>	Atenção aos produtos e processos
Determinação do teor de ácidos e bases em produtos comerciais	Utilização dos produtos de aulas anteriores e utilização de reagentes disponíveis no cotidiano dos(as) estudantes	Atenção aos produtos e processos Problematização/Contextualização (abordagem CTS)
Síntese de um analgésico	Redução - 2 g de ácido salicílico para 1 g, anidrido acético de 5mL para 2,5 mL Produto foi reutilizado	Atenção aos produtos e processos
Síntese e caracterização de um sal simples	Redução da quantidade de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ foi reduzida pela metade e a concentração do ácido sulfúrico foi reduzida de $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ para $4,5 \text{ mol.L}^{-1}$	Atenção aos produtos e processos
Separação e identificação dos componentes de uma mistura binária de líquidos voláteis	Foram utilizados Etanol e Acetona. Como há mistura de solventes, os resíduos gerados podem ser reaproveitados	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
Isolamento de produtos naturais por arraste de vapor	Foram utilizadas cascas de laranjas trazidas pelos(as) estudantes	Problematização/ Contextualização (abordagem CTS) Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino

O experimento verde proposto foi a “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano”, com caráter não obrigatório aos(às) estudantes. Este experimento tem como vantagem a possibilidade de aplicação no ensino médio.

#### 5.3.1.1 - EXPERIMENTO “IDENTIFICAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO SEU COTIDIANO”

Iniciou-se a aula por meio da introdução de questionamentos “Como a preocupação ambiental começou?”; “Por que falar de Química Verde?”; “Como a química pode contribuir para a sustentabilidade?”, e explanações dos conceitos envolvidos, diferença entre Química Ambiental e QV, exemplos de pesquisas em QV, introdução aos Princípios da Educação em Química Verde, juntamente com novos questionamentos “Por que não tentar?” e “O que podemos fazer?” na tentativa de aproximar as(os) estudantes e trazer para eles(as) também a responsabilidade, tão necessária na sua formação (esta apresentação foi semelhante para as demais disciplinas em que houve proposição dos experimentos - Química Analítica e Inorgânica).

A problematização e contextualização (primeiro princípio da EQV) intitulada “Extração e Identificação de íons Fe e Al presentes em diferentes contextos” tiveram como objetivo chamar a atenção para o uso indiscriminado de metais, como alumínio presentes em embalagens plásticas e expor a possibilidade de extração de ferro do solo, utilizando slides (*PowerPoint*) e vídeos (<http://www.youtube.com/watch?v=BVOZLaWBgeg> e [http://www.youtube.com/watch?v=4h\\_4lt7KpTk](http://www.youtube.com/watch?v=4h_4lt7KpTk)).

Para contextualizar foi trazido o tema “Terra Roxa”, caracterizada como solo extremamente fértil, de coloração avermelhada devida à presença de óxidos de ferro (hematita). É encontrada, sobretudo, na região sul, oeste do estado de São Paulo, Mato Grosso do Sul, sul de Minas Gerais e Goiás (FREITAS, 2009).

Na contextualização foi abordada a presença do alumínio em diversos produtos do nosso cotidiano: nas embalagens de alimentos: latas de bebidas (podem apresentar perigo caso o conteúdo seja ácido); papel alumínio, utensílios de cozinha; embalagens “TetraPak” que, por algum problema, pode conter alumínio em contato com o líquido; nos cosméticos: em pastas de dentes e desodorantes; nos medicamentos: em antiácidos, vacinas.

Existe também o risco de consumir alumínio por meio de aditivos alimentares: anticoagulantes, endurecedores, fermentantes, emulsificantes, colorantes, acidulantes. Alguns destes aditivos são solúveis e podem atravessar a parede intestinal. Até mesmo produtos utilizados no tratamento da água podem contaminá-la com excesso de alumínio (SILENCE, 2003).

Uma má administração destes produtos pode dificultar a reintrodução do alumínio ao meio ambiente. Como exemplo, as embalagens contendo alumínio, como embalagens de leite (Figura 5.4) e biscoitos (Figura 5.5) são recicladas sem realizar a separação do alumínio, ou seja, o alumínio não é recuperado. Como consequência os produtos frutos da reciclagem (canetas, régua, portas canetas) possuem em sua composição desnecessariamente alumínio (Figura 5.6), e as implicações negativas são o desconhecimento de possíveis malefícios ao contato humano com os produtos e a não diminuição da extração de bauxita.



FIGURA 5.4- Composição da embalagem *Tetra Pak*

Fonte: [http://www.tetrapak.com/br/MediaBank/Relatorio\\_Sustentabilidade\\_Tetra%20Pak\\_2012%202013pdf.pdf](http://www.tetrapak.com/br/MediaBank/Relatorio_Sustentabilidade_Tetra%20Pak_2012%202013pdf.pdf)



FIGURA 5.5- Embalagem contendo alumínio utilizada na prática (sem referência à marca).



FIGURA 5.6- Produtos frutos da reciclagem

Fonte: <http://guiadebrindes.com.br/produto/detalhe/1125/5223-01-material-em-tetra-pack.html>

Para introdução dos conceitos de identificação dos metais foram realizadas as perguntas “Será que contém alumínio mesmo? Como ficamos sabendo se no solo tem ferro? Como saber?”. Logo em seguida a essa discussão foram apresentados aos alunos os indicadores: a Alizarina  $C_{14}H_8O_4$  que é conhecida como corante, mas em solução amoniacal é utilizada como indicador de Al (III) produzindo coloração avermelhada, e o Tiocianato de potássio KSCN que se for adicionado a uma solução contendo íons de ferro (III) ( $Fe^{3+}$ ), produz  $[Fe(NCS)(H_2O)_5]^{2+}$  de coloração vermelho sangue (VOGEL, 1981).

O objetivo da experiência proposta foi extrair e identificar íons Fe (III) e Al (III) presentes em amostras de solo e amostras comerciais, como embalagens plásticas alimentícias (Figura 5.5). Com objetivo de ensino de abrir amostra de solo e embalagens alimentícias; preparar soluções, realizar reação de neutralização.

#### 5.3.1.1.1 - Procedimento Experimental “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano”

O procedimento foi entregue em roteiro (Apêndice M) e explicado com auxílio de fluxogramas expostos usando um projetor multimídia.

Identificação do Fe (III): Os(As) estudantes pesaram 5,0 g de solo (Figura 5.7) em um béquer de 50 mL, em seguida adicionaram, com auxílio de uma proveta 20 mL da solução de HCl  $3 \text{ mol.L}^{-1}$  e introduziram uma barra magnética. Usando um agitador magnético, a solução foi agitada por aproximadamente 1h (Figura 5.8). Os(As) estudantes realizaram filtração simples da solução utilizando um funil analítico e transferiram a solução para 2 tubos de ensaio, nos quais foram realizados os testes de identificação.



FIGURA 5.7- Amostra de solo coletada na região de Batatais, SP

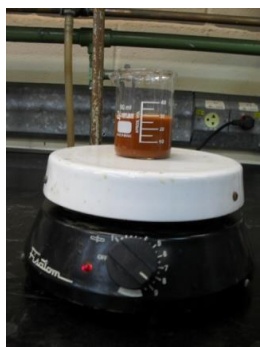


FIGURA 5.8- Agitação da amostra de solo

Identificação do Al (III): Os(As) estudantes pesaram 0,5 g de embalagens plásticas de biscoitos, previamente recortadas em tamanho aproximado a 1 cm x 1 cm, em um béquer de 50 mL, em seguida adicionaram, com auxílio de uma proveta 20 mL da solução de NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> (Figura 5.9). Com auxílio de um bastão de vidro a solução foi agitada até que a amostra plástica ficasse transparente (Figura 5.10). A solução foi filtrada utilizando um funil analítico e foi transferida para 2 tubos de ensaio, nos quais foram realizados os testes de identificação.



FIGURA 5.9- Adição da solução de NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> na amostra de embalagens plásticas





FIGURA 5.10- Estudantes agitando a solução contendo embalagens plásticas com auxílio de bastão de vidro

Os testes de identificação, para as amostras de solo e embalagens, foram realizados da mesma forma para ambas as soluções obtidas. Ao primeiro tubo de ensaio, testaram a solução com 3 gotas de solução amoniacal de alizarina e ao segundo com 3 gotas de solução de tiocianato de potássio.

E puderam observar a presença de íons ferro no solo e íons alumínio nas embalagens plásticas pela mudança de coloração das soluções.

Logo após as identificações os(as) estudantes foram convidados(as) a realizar o tratamento dos resíduos gerados, foi explicado o conceito de neutralização e medição de pH com auxílio de papel indicador. Logo, os(as) estudantes misturam as soluções ácidas e básicas geradas a fim de neutralizá-las, mediram o pH e depois de observado o caráter neutro as soluções foram descartadas em esgoto comum. Os sólidos gerados que ficaram retidos no papel de filtro também puderam ser descartados em lixo comum.

Foi explicado que o resíduo pode ser descartado em esgoto comum por ser neutro, e apresentar poucas gotas de contaminantes pouco perigosos, no caso, solução amoniacal de alizarina e solução de tiocianato de potássio. A alizarina é classificada como um produto não perigoso na sua Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ alizarina, 2014), entretanto a solução está em meio amoniacal que confere à solução uma moderada periculosidade. A solução contendo tiocianato de potássio apesar de

ser considerada não perigosa em sua FISPQ (FISPQ tiocianato de potássio, 2012), sua toxicidade aguda é DL50 (oral, rato) 854 mg/kg.

#### 5.3.1.2 - AVALIAÇÃO DO GRAU VERDE DO EXPERIMENTO “IDENTIFICAÇÃO DE METAIS PRESENTES NO SEU COTIDIANO”

Para avaliação do grau verde deste experimento foram analisados os princípios da EQV e atribuídos a eles um valor de grau verde, utilizando por base a Tabela 5.2, por meio dos critérios mais adequados ao experimento foi construída a Tabela 5.3. Nos critérios foram exemplificadas as justificativas da escolha dos valores de grau verde.

TABELA 5.3- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano”

Princípios da EQV	CrITÉrios	Valores de grau verde
P1- Problematização/Contextualização (abordagem CTS)	Inclui problematização, contextualização com abordagem CTS intitulada “Extração e Identificação de íons Fe e Al presentes em diferentes contextos”	3
P2 - Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)	Possibilitou o(a) estudante a tomar decisões durante o experimento quando realizou os testes de identificação	2
P3- Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)	Prática minimizou possíveis resíduos nas quantidades e concentrações utilizadas. Além das soluções resultantes serem tratadas, por meio de neutralização.	2
P4- Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos	Gerou resíduos contendo substâncias que apresentam um risco moderado, em pequena quantidade, como foi o caso das soluções amoniacal de alizarina (amônia – perigo moderado) e a solução de tiocianato de potássio (algumas gotas foram utilizadas)	3
P5- Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino	Utiliza solo como reagente natural	3
P6- Reduzir o consumo de Energia elétrica e água	Utilizou aparelho (aquecimento e agitação) por tempo limitado	2

A partir da Tabela 5.3 construiu-se a Tabela 5.4 com os graus verdes referentes aos princípios da EQV usados para construção da estela verde, a qual pode ser observada pela Figura 5.11.

TABELA 5.4- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano”

Valores de grau verde	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	3	2	2	3	3	2
	1	1	1	1	1	1

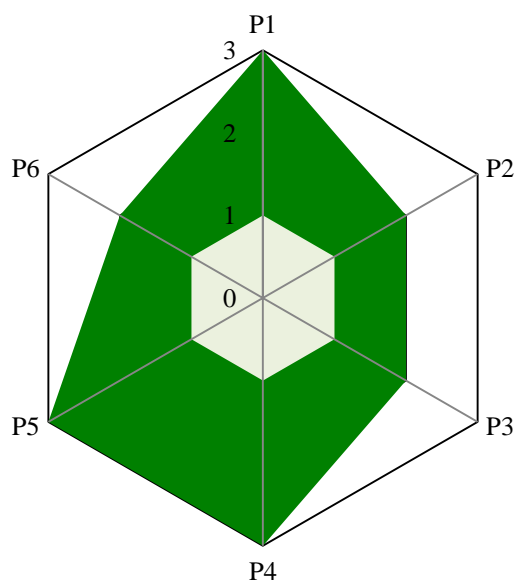


FIGURA 5.11- Estrela verde referente ao experimento “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano”

O grau verde quantitativamente deste experimento é 15. Analisando este valor pode-se concluir que o experimento em questão apresenta um alto grau verde já que o valor máximo é 18 e o mínimo 6.

### 5.3.2 - Química Analítica

A disciplina estudada foi “Química Analítica Clássica Experimental”. O acompanhamento foi realizado em uma turma de 22 estudantes dispostos em grupos na maioria formados por 3 estudantes. Os (as) estudantes foram assim organizados(as) com o objetivo de gerar menos resíduos. Esta disciplina foi ministrada no segundo semestre de 2013.

A primeira aula foi uma introdução de regras de segurança, a apresentação destas regras é fator essencial nas aulas experimentais, a EQV enfatiza a necessidade da informação sobre os possíveis riscos e como evitá-los.

O(A) docente também focaliza a questão dos resíduos em suas falas neste primeiro contato com as(os) estudantes, faz uso de fatos reais em que indústrias burlam a fiscalização e chama a atenção para a atitude correta a ser tomada em laboratórios, trazendo assim o sexto princípio da EQV, pois o armazenamento correto dos resíduos evitará a contaminação da água.

O tratamento de resíduos mais utilizado é a diluição, mas isso não é tratamento. As indústrias esperam dia de chuva para lançar seus efluentes para que ele se dilua. (Docente)  
Deve-se armazenar os resíduos nos frascos. (Docente)

As aulas seguintes foram “Microscopia eletrônica de varredura (MEV)”, “Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)” e “Espectroscopia no Infravermelho”, as três aulas geraram quantidades insignificantes de resíduos das amostras analisadas, visto que estas são técnicas/métodos de análises.

Nos experimentos “Espectroscopia molecular na região do visível: determinação de manganês em uma liga metálica”, “Gravimetria: determinação de níquel em aço com dimetilglioxima” os(as) estudantes receberam as amostras já digeridas, ou seja, o(a) técnico(a) responsável realizou a digestão em momento anterior às aulas experimentais com o objetivo de gerar menos resíduos, pois se cada grupo (de todas as turmas) realizasse a digestão a quantidade somada seria muito maior e desnecessária do ponto de vista da geração de resíduos.

Algumas aberturas de amostras não foram realizadas pelas(os) estudantes. Verifica-se neste caso que houve menor geração de resíduos, como também a diminuição do risco, como comentado em entrevista.

A gente explica como que funciona a digestão, mas é muito diferente eles verem, por exemplo, um prego sendo digerido com ácido nítrico, você vê o prego dissolvendo em poucos minutos, e você levar a solução pronta e falar que o prego foi diluído, isso eu vejo prejuízo. Só que aí entram outros pontos, não só de QV, mas como a questão da segurança, a utilização de

ácido nítrico concentrado, ou em outra, a utilização de ácido sulfúrico em ebulição. Então, temos que ver se o risco compensa (Docente)

A modificação/substituição de práticas em que a abertura de amostras ofereça menores riscos, aos(às) estudantes e ao meio ambiente, está cada vez mais próxima, pois a mudança começa quando o pensamento em relação à prática muda. Por meio de fala do(a) docente percebe-se esta intenção, e por meio da palavra “deve” observa-se que, contribuir para esta mudança é uma obrigação.

O tema na verdade, que a gente vai abordar não vai ser de QV, vai ser uma tema relacionado a química, então eu não vejo prejuízo em modificar as suas práticas e usar reagentes menos tóxicos, mas manter a mesma base. O tema da aula tem que ser o mesmo, porque a gente tem que abordar as coisas que eles viram na disciplina teórica no semestre anterior. O que a gente pode fazer e deve fazer é começar a modificar os experimentos para que eles tenham mais características verdes. (Docente)

No experimento “Determinação do conteúdo de nitrogênio em polímeros” a digestão da amostra de Nylon foi realizada durante a aula em parte pelos(as) estudantes, enquanto que a adição de ácido sulfúrico concentrado e a manipulação do digestor Kjeldahl foram realizadas pelo(a) técnico(a). Este experimento passou por mudanças, como a exclusão do mercúrio metálico e a substituição de solução alcalina de sulfeto de sódio por EDTA, com a finalidade de diminuir o risco que a manipulação que estes reagentes oferecem aos(às) estudantes e conseqüentemente ao meio ambiente.

O experimento “Volumetria de complexação: determinação de íons cálcio e magnésio (dureza da água)” pode ser totalmente realizado pelos(as) estudantes e os resíduos gerados foram descartados em esgoto comum (pia). Neste experimento foram utilizados dois indicadores, a murexida e o eriocromo T.

O experimento “Potenciometria: determinação de ácido acético em vinagre”, com auxílio do indicador fenolftaleína, é um experimento de baixa

toxicidade em que os resíduos gerados foram descartados em esgoto comum (pia).

O ponto em comum destes dois experimentos é a utilizados de indicadores como a Murexida, Eriocromo T e Fenolftaleína:

A murexida (ou purpurato de amônio, sal de amônio do ácido purpúrico), ( $\text{NH}_4\text{C}_8\text{H}_4\text{N}_5\text{O}_6$ , ou  $\text{C}_8\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_6 \cdot \text{NH}_3$ ), e a fenolftaleína ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}$ ) são classificadas em suas respectivas fichas como reagente não perigoso. Entretanto, na ficha da murexida, é advertido que em caso de contato com a pele e os olhos, é recomendado lavar com água em abundância; em caso de ingestão (de grandes quantidades) procurar um médico, se possível mostrando o rótulo; em caso de vazamento, isolar a área atingida e reenvazar o produto com o auxílio de equipamento de proteção adequado; e não permitir que escoe para veios d`água (FISPQ murexida, 2010).

Na ficha da fenolftaleína (FISPQ fenolftaleína, 2014), em efeitos adversos à saúde humana, se ocorrer ingestão em grandes quantidades é possível a ocorrência de náuseas, vômitos, sintomas gastrointestinais, febre, perturbações do SNC.

Eriocromo T (sal ácido de sódio 2-Hidróxi-1-(1-hidróxi-2-naftilazo)-6-nitronaftaleno-4-sulfônico) é denominado como perigoso ao meio ambiente, e irritante pelas fichas de informações. A sua toxicidade aguda é LD50 (oral, rato): 17590 mg/kg e possui efeitos tóxicos para organismos aquáticos, podendo causar efeitos negativos em longo prazo no ambiente aquático. Na ficha está contido também o aviso “Não permita a entrada em águas, águas residuais ou solos!” enfatizando a sua periculosidade ao meio ambiente (FISPQ Eriocromo T, 2012).

Estas informações dificultam a aceitação da utilização do eriocromo T como sendo não perigosos, ou seja, o seu descarte não deve ser realizado em esgoto comum. Entretanto, com relação à murexida e fenolftaleína,

considerando a baixa concentração e quantidade (gotas) utilizadas destes reagentes nos experimentos é possível considerar suas soluções não perigosas.

O experimento proposto pela pesquisadora foi aplicado na penúltima aula do semestre, e os conteúdos envolvidos foram avaliados como nas demais práticas.

Em resumo, as características verdes mais relevantes presentes nos experimentos estão dispostas no Quadro 5.2.

QUADRO 5.2 – Nome dos experimentos, suas respectivas características verdes e princípios, referente à disciplina de Química Analítica

<b>Experimento</b>	<b>Característica Verde</b>	<b>Princípio</b>
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	Mínimas quantidades de resíduos gerados	Atenção aos produtos e processos
Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	Mínimas quantidades de resíduos gerados	Atenção aos produtos e processos
Espectroscopia no Infravermelho	Mínimas quantidades de resíduos gerados	Atenção aos produtos e processos
Espectroscopia molecular na região do visível: determinação de manganês em uma liga metálica	Técnico(a) responsável realizou a digestão em momento anterior às aulas experimentais com o objetivo de gerar menos resíduos	Atenção aos produtos e processos
Gravimetria: determinação de níquel em aço com dimetilglioxima	Técnico(a) responsável realizou a digestão em momento anterior às aulas experimentais com o objetivo de gerar menos resíduos	Atenção aos produtos e processos
Determinação do conteúdo de nitrogênio em polímeros	Exclusão do mercúrio metálico e a substituição de solução alcalina de sulfeto de sódio por EDTA	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
Volumetria de complexação: determinação de íons cálcio e magnésio (dureza da água)	Pode ser totalmente realizado pelos(as) estudantes	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
Potenciometria: determinação de ácido acético em vinagre”	Pode ser totalmente realizado pelos(as) estudantes e os resíduos gerados foram descartados em esgoto comum (pia)	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos



### 5.3.2.1 - EXPERIMENTO “EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ÍONS FE (III) EM AMOSTRAS DE SOLO”

A proposta apresentada foi um método alternativo de ensino experimental em que os(as) estudantes puderam realizar extração de íons ferro (III) do solo e a sua quantificação pelo método de determinação espectrofotométrica. O roteiro proposto (Apêndice N) é considerado mais verde, menos agressivo e mais acessível do que a metodologia certificada para abertura de amostra de solo (3051A-USEPA, 1998) por utilizar ácido clorídrico diluído; utilizar aparelhos comuns disponíveis nos laboratórios de ensino, como aquecedor e agitador magnético; pela utilização de amostras de solo de qualquer região; pela problematização e contextualização realizada e por ser investigativo.

O início da aula foi semelhante a realizada na disciplina “Técnicas Básicas em Química” com introdução da questão ambiental, sustentabilidade, QV e educação em QV.

Para problematização e contextualização foi discutida a importância do elemento Ferro na natureza, na saúde humana e na economia e também a sua baixa toxicidade e sua alta disponibilidade como recurso natural. O elemento Ferro é considerado um metal verde, sustentável, considerando que suas reservas não estão ameaçadas, e por esse motivo é importante sua utilização e reutilização para a conservação deste recurso (Figura 5.12).

Remaining years until depletion of known reserves (based on current rate of extraction)																	
5-50 years						50-100 years						100-500 years					
1 H 1.00794																	2 He 4.002602
3 Li 6.941	4 Be 9.012182											5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.00674	8 O 15.9994	9 F 18.99840	10 Ne 20.1797
11 Na 22.98977	12 Mg 24.3050											13 Al 26.98153	14 Si 28.0855	15 P 30.97376	16 S 32.066	17 Cl 35.4527	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.95591	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.93804	26 Fe 55.845	27 Co 58.93320	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9085	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.413	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.9044	54 Xe 131.29
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.327	57 La* 138.9055	58 Hf 178.49	59 Ta 180.9479	60 W 183.84	61 Re 186.207	62 Os 190.23	63 Ir 192.227	64 Pt 195.078	65 Au 196.9665	66 Hg 200.59	67 Tl 204.3833	68 Pb 207.2	69 Bi 208.9804	70 Po [209]	71 At [210]	72 Rn [222]
87 Fr (223)	88 Ra 226.025	89 Ac‡ (227)	90 Rf (257)	91 Db (260)	92 Sg (263)	93 Bh (262)	94 Hs (265)	95 Mt (266)	96 Ds (271)	97 Rg (272)	98 Uub (285)	99 Uut (284)	100 Uuq (289)	101 Uup (288)	102 Lv (292)	103 Uus (292)	104 Uuo (292)
Lanthanides*		58 Ce 140.9077	59 Pr 144.24	60 Nd [145]	61 Pm 150.36	62 Sm 151.964	63 Eu 157.25	64 Gd 158.9253	65 Tb 158.9253	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9303	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967		
Actinides‡		90 Th 232.0381	91 Pa 231.0289	92 U 238.0289	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]		

FIGURA 5.12- Elementos não sustentáveis: anos restantes para o esgotamento das reservas - com base na taxa atual de extração (CLARK, 2013)

Foi discutido também o termo “Ferro velho”, e como este termo não condiz com a realidade, pois uma vez recuperado (derretido) e reutilizado o material produzido é semelhante a outro produzido com ferro recém extraído da hematita.

Entre os óxidos de ferro dos solos e dos sedimentos, a hematita,  $Fe_2O_3$  e goethita,  $FeO(OH)$ , são os mais comuns. Goethita ocorre em quase todos os tipos de solos e regiões climáticas e é responsável pela cor amarelada dos solos. Enquanto que em solos avermelhados, é a hematita que confere cor (KER, 1997) (Figura 5.13).

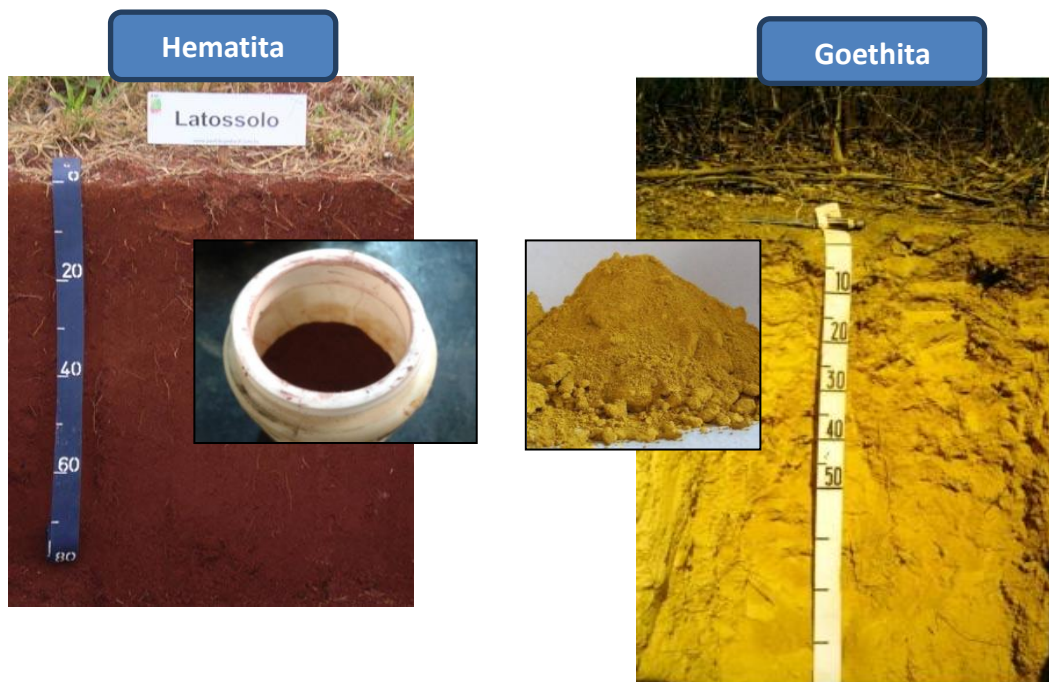
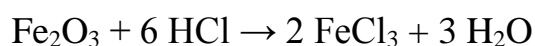


FIGURA 5.13 - Solos com diferentes concentrações de Hematita e Goethita

Fonte: <http://www.pedologiafacil.com.br/enquetes/enq41.php>

[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01\\_30\\_24112005115221.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_30_24112005115221.html)

A reação da hematita com ácido clorídrico produzindo cloreto de ferro (III) é uma reação que ocorre no solo:



Para a identificação e quantificação de ferro no solo foi utilizada, neste experimento, uma solução de tiocianato de potássio. Dependendo da concentração da solução utilizada do tiocianato de potássio pode ser obtida uma série de complexos de coloração vermelha e podem ser formulados como  $[\text{Fe}(\text{SCN})_n]^{3-n}$  ( $n= 1,2,\dots,6$ ). Na determinação colorimétrica usa-se um grande excesso de tiocianato de potássio, porque este aumenta a intensidade e também a estabilidade da cor para formação do  $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$  (VOGEL, 1981; VOGEL, 1989).

Para não ocorrer hidrólise a solução precisa estar ácida:



O objetivo do experimento aplicado foi extrair e quantificar íons de Fe (III) presentes em uma amostra de solo.

#### 5.3.2.1.1- Procedimento experimental “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo”

Duas amostras de solo foram distribuídas para as(os) estudantes, uma amostra foi coletada na Universidade Federal de São Carlos e a outra amostra foi de Terra roxa coletada na região de Batatais, interior de São Paulo.

Os grupos se organizaram para realizarem seu experimento de forma que metade utilizou a amostra coletada na universidade e a outra metade a de terra roxa.

Os(As) estudantes demonstraram interesse em comparar as quantidades de ferro nas diferentes amostras.

Para extração dos íons de ferro os(as) estudantes pesaram em balança analítica 0,500 g da amostra de solo, colocaram em um béquer de 100 mL e adicionaram cuidadosamente com auxílio de uma proveta, 20 mL de solução de ácido clorídrico 6 mol.L<sup>-1</sup>, para a agitação usaram uma barra magnética, cobriram com vidro de relógio e aqueceram moderadamente à temperatura de 50°C a 60°C, por uma hora e em seguida filtraram em funil analítico. Lavaram o resíduo remanescente do papel de filtro e do béquer, com de água destilada, transferiram o filtrado para um balão volumétrico de 500 mL e completaram com água destilada.

Os slides utilizados na apresentação estão dispostos na Figura 5.14.

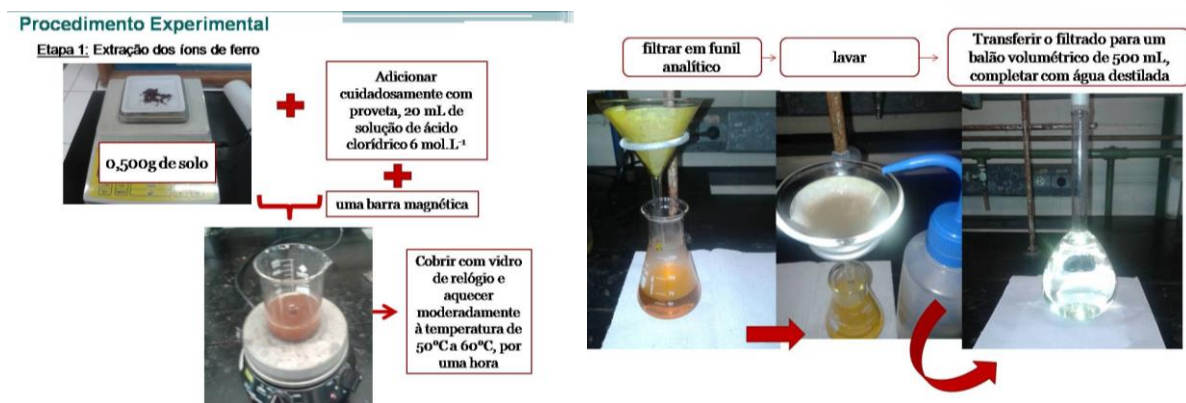


FIGURA 5.14- Slides contendo primeira parte do procedimento experimental

Para a construção da curva de calibração os(as) estudantes não prepararam a solução estoque de Cloreto de ferro (III) 0,001 mol.L<sup>-1</sup>, com tiocianato de potássio, para que menos resíduos fossem gerados.

Os(As) estudantes realizaram diluições da solução estoque com água destilada, a partir de: 1, 2, 3, 4, 5 mL, e utilizaram balões volumétricos de 10 mL e pipetas volumétricas.

Para construção da curva de calibração realizaram leituras das absorbâncias na região no visível, comprimento de onda 480 nm, usando água destilada como branco da medida (Figura 5.15).



FIGURA 5.15 – Soluções construção da curva de calibração

Para descobrir a quantidade de ferro (III) na amostra de solo os(as) estudantes amostraram inicialmente uma alíquota de 5 mL da solução produzida na primeira etapa e adicionaram 5 gotas de solução de tiocianato de potássio 2 mol.L<sup>-1</sup>. Observaram que a coloração avermelhada era muito mais forte que as colorações das soluções utilizadas para fazer o gráfico. A coloração foi visivelmente mais forte nas soluções referentes à terra roxa.

Diluições foram feitas, com a participação ativa dos(as) estudantes, que discutiram entre eles a intensidade de cor da solução ideal para a medida, para isso foram realizados vários testes.

No procedimento constava que a diluição deveria ser realizada utilizando balão volumétrico, inicialmente na proporção 1:1, usando água destilada, de modo que a absorbância fique entre os valores de absorbância da curva de calibração. Foi também orientado que a solução que seria o branco deveria ser a mesma solução utilizada, nas mesmas diluições que amostra contendo o tiocianato de potássio.

Os grupos realizaram cerca de duas diluições até que a leitura da absorbância no visível ficou entre os valores de absorbância da curva de calibração (curva realizada com valores obtidos pelos(as) estudantes está na Figura 5.16).

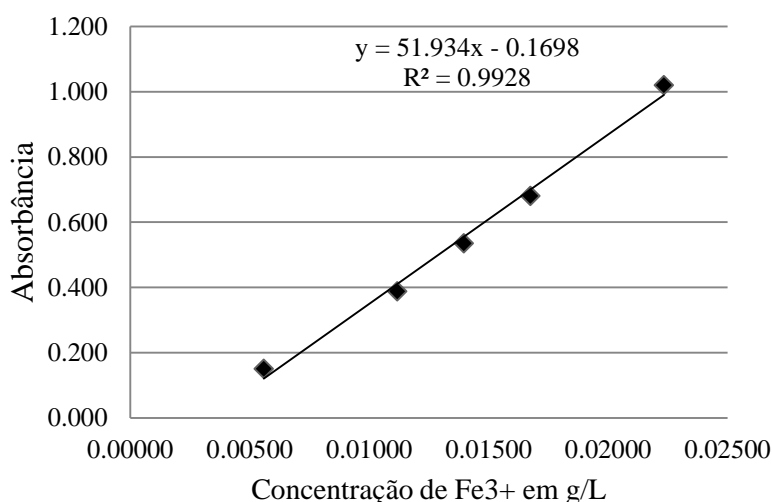


FIGURA 5.16- Gráfico da absorbância x concentração de Fe (III)

O cálculo da concentração de ferro (III) no solo pode ser observado no relatório entregue na aula seguinte, no qual pode-se perceber grande dificuldade na realização das cálculos. O valor médio da concentração de ferro (III) na amostra de Terra roxa foi de 30,3% enquanto que a amostra de solo coletada na Universidade foi de 15%. Logo, a amostra de Terra roxa é considerada solo férrico com teor de ferro entre 18 e <36%. Enquanto que a amostra da universidade é considerada de teor médio de óxidos de ferro entre 8 a <18% (MATA, 2007).

Com relação aos resíduos gerados, as soluções ácidas que não continham tiocianato de potássio (KSCN) foram neutralizadas e descartadas em esgoto comum, algumas continham íons ferro, mas em concentrações abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA que é de 0,3 mg/L de Fe (BRASIL, 2005).

As soluções contendo tiocianato de potássio (KSCN) foram armazenadas, rotuladas e encaminhadas à Departamento de Gestão de Resíduos da própria universidade (DGR). Mesmo sendo utilizada pequena concentração ( $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ ).

As informações toxicológicas encontradas na sua FISPQ foram: dose letal para ratos Toxicidade aguda LD50 (oral, rato) de 854mg/kg e menor dose letal para humanos LDLo (oral, humano)80mg/kg. Além de provocar irritação das mucosas, tosse e dificuldade em respirar; depois da ingestão de grandes quantidades: agitação, espasmos, alteração da coordenação motora; efeitos sistêmicos como perturbações do SNC e doenças cardiovasculares (FISPQ tiocianato de potássio, 2012).

### 5.3.2.2 - AVALIAÇÃO DO GRAU VERDE DO EXPERIMENTO “EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE ÍONS FE (III) EM AMOSTRAS DE SOLO”

Para avaliação do grau verde deste experimento foram analisados os princípios da EQV e atribuídos a eles um valor de grau verde, utilizando por base a Tabela 5.2, por meio dos critérios mais adequados ao experimento foi construída a Tabela 5.5. Nos critérios foram exemplificadas as justificativas da escolha dos valores de grau verde.



TABELA 5.5- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo”

Princípios da EQV	Critérios	Valores de grau verde
P1- Problematização/ Contextualização (abordagem CTS)	Incluiu problematização, contextualização com abordagem CTS, na qual foi discutida a importância do elemento Ferro na natureza	3
P2 - Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)	Possibilitou ao(à) estudante tomar decisões durante o experimento quando tiveram autonomia para realizar as diluições necessárias para a leitura no espectrofotometro	2
P3- Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)	Prática que utilizou/gerou pequenas quantidades	2
P4- Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos	A solução de ácido clorídrico 6 mol/L apresenta um risco moderado para a saúde e ambiente que determina este valor de grau verde A capela foi utilizada durante o aquecimento e agitação	2
P5- Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino	Utilizou solo como reagente natural	3
P6- Reduzir o consumo de Energia elétrica e água	Utilizou aparelho convencional de aquecimento e agitação por pequeno tempo	2

A partir da Tabela 5.5 construiu-se a Tabela 5.6 com os graus verdes referentes aos princípios da EQV usados para construção da estela verde, a qual pode ser observada pela Figura 5.17.

TABELA 5.6- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo”

Valores de grau verde	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	3	2	2	2	3	2
	1	1	1	1	1	1

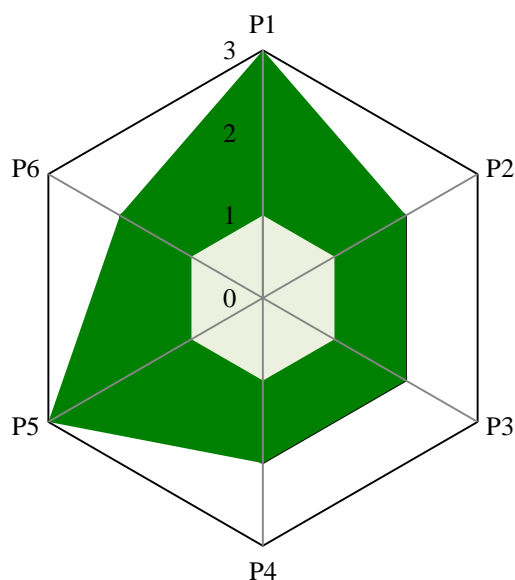


FIGURA 5.17- Estrela verde referente ao experimento “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo”

O grau verde quantitativamente deste experimento é 14. Analisando este valor pode-se concluir que o experimento em questão apresenta um alto grau verde já que o valor máximo é 18 e o mínimo 6.

### 5.3.3 - Química Inorgânica

A disciplina de inorgânica escolhida para ser acompanhada foi a “Química dos elementos de transição experimental” oferecida no primeiro semestre de 2013, na qual participaram 12 estudantes, organizados(as) em duplas. Cada dupla realizou experimentos distintos. Nesta disciplina, a construção de experimentos verdes foi gradual em conjunto com os(as) estudantes. No meio do semestre, a(o) docente sugeriu a leitura dos artigos,

“Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reacções laboratoriais – “Estrela verde” (RIBEIRO et al., 2010) e “Metal Acetylacetonate Synthesis Experiments: Which Is Greener?” (RIBEIRO e MACHADO, 2011), para que os(as) estudantes se aproximassem da QV em inorgânica, já que foi redigido por pesquisadores(as) desta área.

O diferencial desta experiência por parte da pesquisadora foi a participação junto as duplas na construção de experimentos mais verdes. Já em relação aos(às) estudantes, o convite para que atuassem como pesquisadores(as), na produção dos experimentos livres, e não como reprodutores(as), que aproximou ao segundo princípio da EQV que incita o incentivo à pesquisa.

E, até no pormenor da pesquisa científica, diante de uma experiência bem específica que possa ser consignada como tal, como verdadeiramente uma e completa, sempre será possível ao espírito científico variar-lhe as condições, em suma, sair da contemplação do *mesmo* para buscar o *outro*, para dialetizar a experiência. É assim que a química multiplica e completa suas séries homólogas, até *sair da Natureza* para materializar os corpos mais ou menos hipotéticos sugeridos pelo pensamento inventivo. É assim que, em todas as ciências rigorosas, um pensamento inquieto desconfia das *identidades* mais ou menos aparentes e exige sem cessar mais precisão e, por conseguinte, mais ocasiões de distinguir. Precisar, retificar, diversificar são tipos de pensamento dinâmico que fogem da certeza e da unidade, e que encontram nos sistemas homogêneos mais obstáculos do que estímulo. Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar. (BACHELARD, 1996, p.21)

De acordo com CASTO (2011), a pesquisa traz (às) aos estudantes conhecimentos, proporciona habilidades para saber planejar, ter foco, ter disciplina, senso crítico, saber escrever, entre tantas outras e “exercitar essas ações não restringe o papel da pesquisa ao de apenas dar sustentabilidade às atividades acadêmicas do aluno” (CASTO, 2011).

O pensamento científico não se forma nem se transforma apenas pelo experimento, pelo contrário, anterior à práxis científica estão a ideia, o pensamento, o “conhecimento do conhecimento”, a filosofia da ciência, que trazem à tona as discussões em torno da epistemologia, dos paradigmas, da ética, da moral, da política, enfim, características relacionadas e inter-relacionadas ao desenvolvimento do conhecimento e aos

possíveis desdobramentos e consequências que possam trazer. (FRANCELIN, 2004, p.27).

Foi determinado que metade das duplas (3) realizasse modificações nos experimentos tornando-os mais verdes. Entretanto, a pesquisadora acompanhou com maior frequência uma dupla no desenvolvimento de um experimento verde.

As três duplas optaram por realizarem modificações como: troca de cátions metálicos perigosos por menos perigosos e diminuição das quantidades de reagentes utilizados nos experimentos escolhidos, mantendo os conceitos envolvidos (Quadro 5.3).

QUADRO 5.3- Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos livres da disciplina de química inorgânica

<b>Experimento</b>	<b>Característica Verde</b>	<b>Princípio</b>
Experimentos livres	Liberdade para escolher experimentos e tomar decisões	Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)
	Apresentação de seminários	
	Troca de cátions metálicos	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
	Redução de Quantidades	Atenção aos produtos e processos

Paralelamente, foram testados alguns experimentos junto (às) aos estudantes como reações sólido-sólido (ácido aminoacético (Glicina) com acetato de cobre II), ou seja, reações que não utilizam solventes, também reações utilizando complexantes como aspirina (ácido acetilsalicílico) e realçador de sabor (glutamato monossódico) com cloreto de ferro e relacionando possíveis reações que podem ocorrer quando ingerimos essas substâncias.

Após a realização dos experimentos as(os) estudantes apresentaram seus seminários, na mesma aula foi apresentada, pela pesquisadora, às(aos)

estudantes uma introdução a EQV da mesma forma como nas disciplinas anteriores.

Durante os seminários os(as) estudantes relatam os motivos das substituições dos cátions metálicos, juntamente com suas opiniões, como a do(a) Estudante X que atribui periculosidade ao excesso de um reagente, no caso, o Ferro que é considerado perigoso pelo CONAMA 357 acima da concentração 0,3 mg/L Fe (BRASIL, 2005). Contudo, relata que um reagente contendo ferro podem ser utilizado como remédio. Percebe-se a compreensão da importância da ponderação e principalmente de que a química pode ser usada para poluir e tratar dependendo do uso que o ser humano faz dela.

Ambos em excesso, ambos são tóxicos (Estudante X falando sobre os cátions metálicos Ferro e Cromo)

O citrato de ferro é usado como remédio, suplemento de Ferro. (Estudante X)

Estudante F também faz uma observação quanto a periculosidade de um reagente, desta vez atribui perigo pelo cheiro forte que sente ao realizar o experimento. Deduz que a inalação também é um meio de contaminação, além do contato com a pele e ingestão.

Vou falar da periculosidade da etilenodiamina, porque vi que era necessário durante o experimento (Estudante F)

Contudo, o(a) estudante deveria conhecer os perigos a respeito deste reagente anteriormente ao experimento (quarto princípio da EQV), como por meio da “Ficha de informação de segurança de produtos químicos” da etilenodiamina, na qual é estabelecido que além de ser nocivo em contato com a pele e por ingestão provocando queimaduras, também pode causar sensibilização por inalação. Para seu manuseio é requerida ventilação mecânica ou ventilação local por exaustão e manter afastada do calor, faísca e chama aberta, e que seu armazenamento deve ser em recipientes fechados hermeticamente, sem contato com cobre (FISPQ etilenodiamina, 2008).

### 5.3.3.1 - EXPERIMENTO “SÍNTESE DO COMPLEXO TRIS(ETILENODIAMINA)FERRO (III)”

O experimento escolhido foi a síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III), que substituiu a “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)Cromo (III)” (PASS e SUTCHIFFE, 1974). A troca do cátion cromo pelo ferro (com mesmos estados de oxidação) e a diminuição das quantidades de reagentes utilizados, e diminuição do excesso de etilenodiamina conferiu ao experimento maior grau verde.

A verificação do maior grau verde é autenticada de acordo com CONAMA 357/2005, Art. 14. (BRASIL, 2005), que confere limites mais restritivos ao Cromo em comparação ao Ferro, ou seja, um limite máximo permitido para o Cromo total (0,05 mg/L Cr) seis vezes menor ao permitido de Ferro dissolvido (0,3 mg/L Fe). Como avaliado pela(o) Estudante X,

A partir da troca de centros metálicos/substâncias com um alto grau de toxicidade em substâncias com menor grau. E também pela quantidade utilizada e formada por essas substâncias. (Estudante X)

A autonomia que os(as) estudantes tiveram também contribui para maior grau verde (segundo princípio da EQV) no experimento, de acordo com a(o) docente responsável pela disciplina.

Este experimento é interessante, pois incentiva a pesquisa. (Docente)

#### 5.3.3.1.1 - Procedimento Experimental “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)”

Em um balão de fundo redondo, capacidade de 25 mL, adicionou-se 0,787 g (0,0033 mol) de citrato de ferro (III) e 0,74 mL de etilenodiamina (valor com 10% de excesso), acoplou-se um condensador de refluxo no balão, em seguida foi colocado em um banho de vapor por uma semana. A reação foi

transferida para uma cápsula de porcelana, e secou-se lentamente em banho-maria (dentro de uma capela de exaustão), obtendo a formação de cristais de coloração castanho-escuros.

Os resíduos não foram tratados pelos(as) estudantes, entretanto existe esta preocupação por parte dos(as) técnicos(as) deste laboratório que tratam todo o resíduo gerado no próprio laboratório evitando o envio à DGR.

#### 5.3.3.2 - AVALIAÇÃO DO GRAU VERDE DO EXPERIMENTO “SÍNTESE DO COMPLEXO TRIS(ETILENODIAMINA)FERRO (III)”

Para avaliação do grau verde deste experimento foram analisados os princípios da EQV e atribuídos a eles um valor de grau verde, utilizando por base a Tabela 5.2, por meio dos critérios mais adequados ao experimento foi construída a Tabela 5.7. Nos critérios foram exemplificadas as justificativas da escolha dos valores de grau verde.

TABELA 5.7- Atribuição do grau verde aos princípios de EQV relativo ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)”

Princípios da EQV	CrITÉrios	Valores de grau verde
P1- Problematização/Contextualização (abordagem CTS)	Experimento sem uso de Problematização/Contextualização e abordagem CTS	1
P2 - Incentivo à pesquisa (graus de abertura da experimentação)	Estudantes realizaram experimento livre e seminário para expor o processo de todo experimento, resultados e opiniões sobre QV	3
P3- Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)	Prática que utilizou/gerou pequenas quantidades	2
P4- Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos	A utilização de etilenodiamina confere alta periculosidade (DL50 Oral - ratazana - 1.200 mg/kg, FISPQ, 2010)  Realizado na capela de exaustão	1
P5- Dar preferência à utilização de reagentes de fontes renováveis e de fácil degradação, que sejam obtidos no entorno da situação de ensino	Etilenodiamina não é degradável nem renovável	1
P6- Reduzir o consumo de Energia elétrica e Água	Utilizou aparelho com consumo de energia por grande período	1

A partir da Tabela 5.7 construiu-se a Tabela 5.8 com os graus verdes referentes aos princípios da EQV usados para construção da estela verde, a qual pode ser observada pela Figura 5.18.



TABELA 5.8- Valores de grau verde atribuídos aos seis princípios da EQV em tabela, com as informações necessárias para produção do gráfico estrela verde, referente ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)”

Valores de grau verde	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	1	3	2	1	1	1
	1	1	1	1	1	1

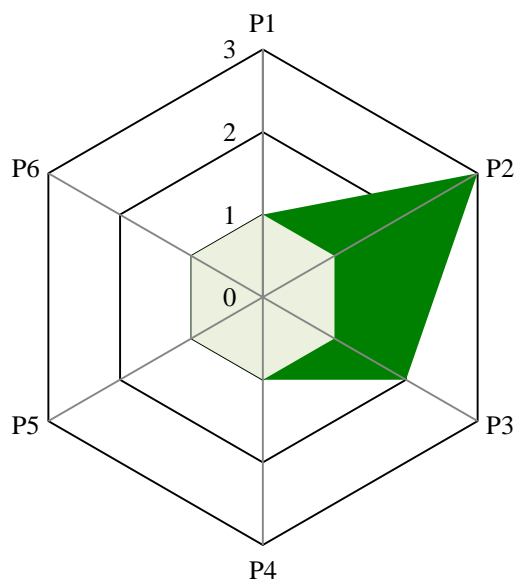


FIGURA 5.18- Estrela verde referente ao experimento “Síntese do complexo tris(etilenodiamina)ferro (III)”

Quantitativamente, o grau verde deste experimento é 9. Apenas com este valor obtido não é possível afirmar que este experimento é verde. No entanto, cabe discutir que houve modificação em seu roteiro anterior, que utilizava cátion metálico de muito maior periculosidade, bem como a redução das quantidades utilizadas de reagentes que era superior. Estas combinações atribuem um maior valor verde a este procedimento.

#### 5.3.4 - Química Orgânica

Nesta disciplina as quatro primeiras aulas foram experimentos sequenciais pré-determinados pelo docente. A sequência dos experimentos confere a eles um maior grau verde (terceiro princípio da EQV), pois é utilizado o produto como material de partida/reagente nos experimentos seguintes.

Como características verdes foram observadas também a utilização de luz solar como fonte de energia alternativa (sexto princípio da EQV) no primeiro experimento “Fotorredução da benzofenona” e utilização de micro-ondas (sexto princípio da EQV) na aula referente ao experimento “Acetilação do beta-naftol/rearranjo de Fries”, no qual o(a) docente apresentou aos(as) estudantes este método alternativo, cujas reações de 1h e meia em refluxo são realizadas em 4 minutos usando micro-ondas, e que sua utilização no ensino é mais segura na realização de reações sólido-sólido, pela utilização de aparelho de micro-ondas caseiro, e ainda para maior segurança, a amostra é introduzida em um pirex com sílica para absorver o calor e conseqüentemente evitar acidentes (quarto princípio da EQV) e ainda com a vantagem de que alguns experimentos que necessitariam de duas aulas poderem ser realizados mais rapidamente em uma.

Observou-se também como característica de uma disciplina mais verde a necessidade de maior comprometimento na preparação das placas cromatográficas, pois as(os) estudantes são responsáveis pela decisão “de quais solventes utilizar” de acordo com sua amostra (segundo princípio da EQV).

Nas aulas subseqüentes as(os) estudantes necessitavam trazer seus próprios procedimentos e estes tinham que ser verdes, com algumas instruções: teria que utilizar apenas reagentes e equipamentos presentes no laboratório de ensino, não utilizar refluxo (sexto princípio da EQV) e os 4 experimentos livres (segundo princípio da EQV) sequenciais (terceiro princípio da EQV) procurando aplicar os conceitos de QV.

Além disso, outra característica da disciplina a torna mais verde: a obrigatoriedade da pesquisa pelos(as) estudantes sobre os resíduos gerados e quais os possíveis tratamentos e/ou descartes, retratando nos relatórios suas observações (quarto princípio da EQV).

No Quadro 5.4 estão expostas as características verdes mais relevantes desta disciplina.

QUADRO 5.4- Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de química orgânica

Experimento	Característica Verde	Princípio
Acetilação do beta-naftol/rearranjo de Fries	Utilização de micro-ondas	Reduzir o consumo de Energia elétrica
	Reutilização do produto em aula seguinte/experimentos sequenciais	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)
Experimentos livres	Incentivo à pesquisa	Incentivo à pesquisa
	Não utilização de refluxo	Reduzir o consumo de Energia elétrica e água
	Experimentos sequenciais (reutilização do produto)	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)

Nesta disciplina a pesquisadora realizou exclusivamente observação, pois já era esperada a introdução da QV durante as aulas devido a presença do tema na ementa da disciplina. O motivo deste pioneirismo é em parte, devido à proximidade da QV com a química orgânica, por conta da origem da QV e da necessidade pela grande geração e variedade de resíduos da orgânica. O(A) docente responsável pela disciplina em questão comentou:

Na verdade acho que todas as áreas são afetadas, mas a orgânica é uma das que é mais influenciada, os conceitos são muito aplicados, porque na verdade a QV nasceu justamente com a área de química orgânica, envolvendo a questão de catálise, de solventes. Todos os princípios atingem diretamente a química orgânica, tem alguns que são bastante específicos mesmo, ... a questão de catálise por exemplo, claro que na Química inorgânica também se usa catálise, mas principalmente na química orgânica é muito usado. Fontes de energia alternativas, ... todos os conceitos são aplicados, acho que pouquíssimos deles não. A química orgânica é uma das áreas que mais precisa se envolver com o conceito. (Docente)

A química que mais polui é a que mais se preocupa. (Docente)

Além da maior inserção, a química orgânica abrange todos os doze princípios da QV, enquanto as demais áreas têm nisso uma dificuldade.

Com relação aos experimentos livres, os(as) estudantes relataram dificuldades para encontrá-los. Os experimentos localizados, com buscas principalmente pela internet em banco de dados, utilizavam reagentes ou equipamentos que o laboratório de ensino não possuía. Contudo, percebeu-se que em geral as duplas não procuraram adaptar um experimento tornando-o verde. Como pode ser observado pelas falas:

A busca por experimentos verdes nessa disciplina apresentou certas dificuldades, pois era necessário encontrar experimentos que utilizavam os reagentes presentes no laboratório de ensino e possuíssem mais de 1 etapa. As bases de consulta para os experimentos livres, assim como a verificação de seu caráter verde se deu por pesquisas na internet, em livros e em periódicos. A liberdade de propor experimentos é bastante interessante. Dessa forma, os alunos podem conhecer novas fontes de buscas e aprenderem a selecionar experimentos que possam ser realizados na prática. (Estudante Q)

A busca por experimentos verdes foi muito difícil nessa disciplina. As bases de consulta e verificação de caráter verde foram principalmente a internet e artigos consultados na biblioteca, além de livros específicos para experimentos de QV. (Estudante R)

Procuramos por experimentos em livros e artigos propostos pela professora e posteriormente em sites da internet. Observamos que existe uma certa dificuldade em encaixar um experimento verde as condições do laboratório (disponibilidade de reagentes, por exemplo). Procuramos experimentos que não consumisse muitos reagentes, não usassem refluxo ou gerassem resíduos muito tóxicos. (Estudante P)

Logo, a dificuldade das duplas está além da dificuldade de determinar o grau verde de um experimento, está no receio de arriscar, no receio de realizar pesquisa.

### 5.3.5 - Físico-Química

A disciplina experimental “Laboratório de Físico Química” acompanhada no segundo semestre de 2013, foi dividida em 10 aulas, a primeira sobre segurança no laboratório e 9 aulas experimentais. O primeiro experimento foi de química geral, com finalidade de revisar conteúdos e os demais oito experimentos foram de físico-química, sendo estes rotativos.

As 8 duplas de estudantes realizam experimentos diferentes, pois nas bancadas estão montados 8 sistemas para a realização da disciplina. Além do revezamento, existe um sistema de gerentes em que cada dupla se responsabiliza por um experimento. As duplas gerentes realizam suas práticas duas vezes para que possam otimizar a prática, sanar dúvidas, para que nas próximas aulas estejam aptas a orientar seus colegas (a próxima dupla) para realização do experimento.

O sistema de gerentes é um ensino colaborativo, (as)os próprias(os) estudantes se ajudam e com isso aprendem. Têm 15 minutos no início da aula para trocar experiências, mas durante a aula podem se ajudar quando surgem dúvidas.

Com relação ao primeiro experimento, a(o) docente demonstra preocupação com o aprendizado quando propõe a revisão de conteúdos (conceituais e procedimentais) a respeito da padronização de soluções. Os(As) estudantes desta disciplina estão no final do curso de química, disciplina oferecida no quinto semestre, mas demonstraram muita dificuldade para realizar a titulação: apresentaram dificuldade em fazer soluções, com números significativos, não saber qual indicador utilizar, como olhar o menisco, não saber se colocava o ácido acético na bureta ou no erlenmeyer.

Também mostrou interesse e preocupação com a geração de resíduos:

Na titulação o primeiro resíduo é o gasto com a ambientalização da bureta. (Docente)

As soluções padronizadas serão utilizadas nos próximos experimentos. São insumos. (Docente)

A reutilização dos produtos gerados, caracterizados como insumos pelo(a) docente, é caracterizado pela EQV como uma forma de prevenir a geração de resíduos.

Alguns dos experimentos aplicados nesta disciplina têm pelo menos uma característica verde, que estão apresentadas no Quadro 5.5.

O experimento “Eletrodeposição de níquel em aço” utiliza para a eletrodeposição, a solução eletrolítica “banho de watts”: 77,5g de sulfato de níquel, 12,5g de cloreto de níquel e 10g de ácido bórico em 250mL de solução aquosa. Logo, o resíduo gerado é considerado perigoso, pela alta concentração de níquel, entretanto esta solução é preparada no início do semestre por uma dupla e reutilizada pelas demais duplas (terceiro princípio da EQV).

No experimento “Entalpia e entropia de vaporização de líquidos puros” pode-se notar a preocupação ambiental e com a saúde, pois os solventes foram substituídos por solventes de menor perigo: tetracloreto de carbono pelo benzeno e o hexano por ciclohexano. Os solventes são reutilizados, mas parte deste solvente evapora e às vezes é necessário completar o volume. Essa perda não é significativa, mas deve ser considerada como resíduo, que fica presente no ambiente laboratorial em contato com estudantes, técnicos(as), docentes.

No experimento “Diagrama de equilíbrio de um sistema binário líquido-vapor” as quantidades foram reduzidas à metade. São utilizados o ciclohexano e acetato de etila, seus destilados são descartados separadamente possibilitando a reutilização. Uma observação importante é a recém-aquisição de uma bomba de água que evita o desperdício de água neste experimento (sexto princípio da EQV).

O experimento “Atividade e coeficiente de atividade de íons  $H^+$ ” não oferece grandes riscos, e também apresenta plena condição de total reaproveitamento dos resíduos gerados se armazenados separadamente de

acordo com sua concentração, como sugerido no terceiro princípio da EQV e assim ter maior grau verde.

QUADRO 5.5- Características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de físico-química

Experimento	Característica Verde	Princípio
Padronização de soluções	Reutilização dos produtos gerados nos experimentos seguintes	Atenção aos produtos e processos
Eletrodeposição de níquel em aço	O resíduo gerado é considerado perigoso, pela alta concentração de níquel, entretanto esta solução é preparada no início do semestre por uma dupla e reutilizada pelas demais duplas	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)
Entalpia e entropia de vaporização de líquidos puros	Substituição de Solventes tetracloreto de carbono pelo benzeno e o hexano por cicloexano  Estes solventes são sempre reutilizados	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos  Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)
Diagrama de equilíbrio de um sistema binário líquido-vapor	As quantidades de solventes utilizados foram reduzidas à metade, são utilizados o ciclohexano e acetato de etila, os destilados são descartados separadamente Reaproveitamento de água - recém-aquisição de uma bomba de água, a água circula e é resfriada pelo sistema, para refrigeração dos condensadores	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)  Reduzir o consumo de água
Todos	Experimentos são rotativos Sistema de gerentes é um ensino colaborativo	Incentivo à pesquisa

Dois dos experimentos desta disciplina sofreram modificações na forma de realizar o descarte (Quadro 5.6). No experimento “Decomposição

catalítica de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ” são utilizados três catalisadores heterogêneos:  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$  e  $\text{PbO}$ , estes eram descartados misturados em um mesmo frasco.

A sugestão foi a recuperação dos catalisadores por filtração simples, no qual o sobrenadante é água que pode ser descartada em esgoto comum. Assim, os filtrados podem ser reutilizados. Os papéis de filtro devem ter poro pequeno, principalmente para a filtração do  $\text{MnO}_2$  que deve ter menos que 3 micras. Os óxidos devem ser recolhidos separadamente para que possam ser reutilizados. As filtrações foram introduzidas durante o semestre (Figura 5.19).

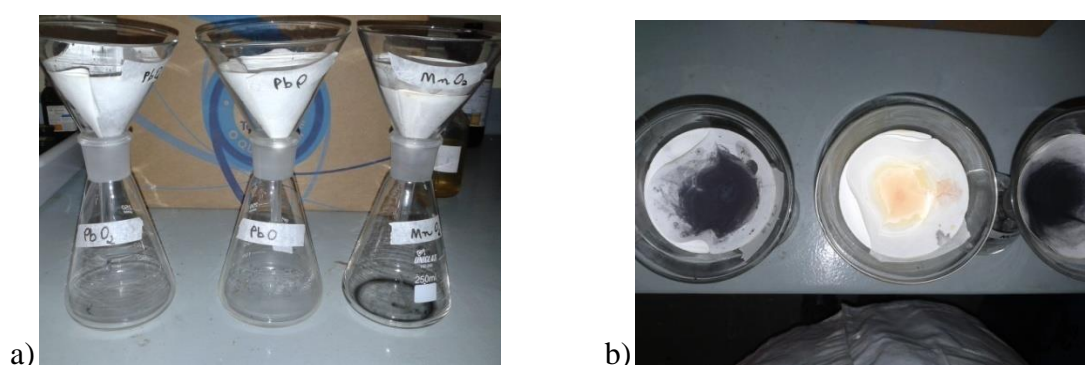


FIGURA 5.19- a) Filtração dos catalisadores  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$  e  $\text{PbO}$ ; b) Papéis de filtro contendo os catalisadores

A mudança realizada, após o experimento, o deixa mais verde, pois o resíduo que até então era descartado agora pode ser reaproveitado (terceiro princípio da EQV).

Algumas modificações foram sugeridas e inseridas também no experimento “Pilhas eletroquímicas”.

Os resíduos nitrato de prata, sulfato de cobre e sulfato de zinco deste experimento eram misturados em um recipiente e enviados ao DGR. Logo, a primeira modificação é a o armazenamento dos resíduos separadamente.

A segunda modificação é a inclusão da rotulagem. A correta rotulagem viabiliza que os resíduos/produtos possam ser identificados e reutilizados em outras práticas prevenindo o risco e a geração de resíduos (terceiro e quarto princípio da EQV).



Na rotulagem iniciou-se um questionamento por parte da pesquisadora “Quem é o responsável por estes resíduos?” (no rótulo - fornecido pela DGR, Figura 5.20- é pedido esta informação). Não sabiam responder, e não disponibilizaram seus nomes, e logo informaram que devia ser a(o) técnica(o) responsável por aqueles resíduos. Assim, os(as) estudantes transferem a responsabilidade da geração para outra pessoa.

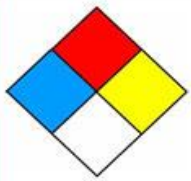
	<b>UNIDADE DE GESTÃO DE RESÍDUOS – UGR</b>				
	<b>CEMA / UFSCar</b>				
	Departamento e Laboratório:				
	Responsável:		Ramal:		
	e-mail:				
Controle Ficha:		Controle UGR:			
Composição do Resíduo:					
Nome do Gerador:			Data:		
Quantidade Estimada:			Data da Coleta:		
Solvente Orgânico Halogenado	Solvente Orgânico Não Halogenado	Compostos Orgânicos	Compostos Inorgânicos	Solução contendo METAIS	Outros Compostos

FIGURA 5.20 - Rótulo utilizado pelo DGR

Em aula, os(as) estudantes se consideram isentos(as) de responsabilidade já que “obedecem” docentes e técnicos(as). Como quando questionados(as) “o que você vai fazer com este resíduo?” respondem “o professor mandou descartar na pia” independentemente da periculosidade do mesmo. A orientação é uma ordem e exemplo para os(as) estudantes.

Enviar ao DGR. (Estudante L)

Quando o(a) Estudante L atribui o descarte ao DGR ele(a) não pensa em uma alternativa para este resíduo e não pensa o que vai ser feito com este resíduo lá no DGR.

Em geral, deseja terminar o experimento e obter o resultado esperado, sem se preocupar em saber o que acontece depois no laboratório com os seus resíduos gerados.

Um/a dos(as) estudantes questiona a inserção do conteúdo “diagrama de Hommel”, pois utiliza em seu estágio.

Poderia ser colocado na apostila o diagrama de Hommel, para os alunos preencherem. Os alunos tem que aprender, no estágio eu tive que aprender a força, pois na faculdade eu não tinha visto. É bom porque dá para visualizar rápido o risco do reagente. Os professores poderiam explicar e exigir no caderno, relatório. (Estudante 5)

Nesta fala percebe-se a importância que é dada a um conteúdo quando esse é necessário na vida profissional, num segundo plano porque facilita a identificação de perigo.

O diagrama de Hommel (Figura 5.21) é uma simbologia de risco empregada pela *National Fire Protection Association*, dos EUA, que é utilizada na rotulagem de produtos com a finalidade de facilitar o reconhecimento do risco. O diagrama é dividido em quatro partes que correspondem tipos de risco em graus que variam de 0 a 4, cada qual especificado por uma cor (branco, azul, amarelo e vermelho), que representam, respectivamente, riscos específicos, risco à saúde, reatividade e inflamabilidade (MACHADO e SALVADOR, 2005).

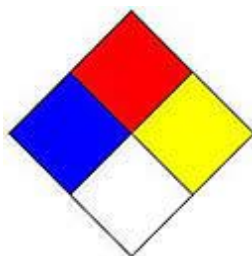


FIGURA 5.21- Diagrama de Hommel (MACHADO e SALVADOR, 2005)

O rótulo utilizado pela UFSCar, além do Diagrama de Hommel, contém outras informações como a composição do resíduo gerado (produto/resíduo principal e secundários). É importante descrever todas as substâncias presentes, mesmo as que apresentam concentrações muito baixas (traços de elementos) e inclusive água. Informações como o nome do responsável, procedência do material e data são de grande importância para uma precisa caracterização do material (MACHADO e SALVADOR, 2005; SAQUETO, 2010).

QUADRO 5.6- Quadro com as características verdes e respectivos princípios relativos aos experimentos realizados da disciplina de físico química que sofreram alterações

Experimento	Característica Verde	Princípio
Pilhas eletroquímicas	Correto armazenamento/segregação dos resíduos	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
	Possibilidade de reutilização dos resíduos	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)
Decomposição catalítica de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Filtração/separação dos reagentes	Evitar a geração e uso de quaisquer materiais perigosos
	Possibilidade de reutilização dos resíduos	Atenção aos produtos e processos (ressignificação dos sentidos de prevenção e minimização da geração de produtos principais, coprodutos e resíduos)

Nesta disciplina, a pesquisadora realizou junto (às) aos estudantes, além das modificações relatadas anteriormente: orientação na pesquisa de possíveis riscos/toxicidade dos reagentes, recuperação e reutilização dos resíduos, acondicionamento, rotulagem e descarte dos resíduos.

Muito foi discutido no decorrer do semestre a respeito do item que contém normas de segurança “Cuidados e descarte”, que deveria constar na composição de seus pré-laboratórios (caderno), nos quais relataram:

- Dificuldades em fazer este item em função da dificuldade para encontrar as informações;
- Em sua maioria, os perigos em relação à saúde (irritante aos olhos, lavar caso haja contato) e não ao meio ambiente;

- Pouco sobre tratamento, apenas um único tratamento foi proposto, a neutralização de ácidos;
- Sobre descarte, quando o resíduo apresentar perigo, apenas a possibilidade de enviar ao DGR;
- Alguns, não querem ter mais trabalho, ao se referirem a ter que pesquisar e escrever sobre os perigos, tratamentos, descarte dos resíduos.

Por meio desta disciplina pôde-se perceber a grande necessidade da introdução do quarto princípio da EQV. Os(As) estudantes precisam se conscientizar da elevada importância dos conteúdos contidos neste princípio antes da realização de qualquer experimento.

#### 5.4 – ASPECTOS CONVERGENTES ENTRE AS DISCIPLINAS

A segurança é tema altamente presente neste estudo, como pôde ser observado nas 5 disciplinas. Este é um cenário preocupante para a experimentação de química.

Pelo observado, há a introdução de elementos básicos de segurança em todas as disciplinas estudadas, que se resume na orientação de cuidados que devem ser tomados nos casos específicos dos experimentos envolvidos, como cuidados sobre a utilização dos EPIs (contido no quarto Princípio da EQV).

A ementa da disciplina de Química Geral contempla em seus objetivos: “manusear com segurança sólidos, líquidos voláteis e corrosivos; armazenar, correta e seguramente, produtos químicos”. Contudo, tais conteúdos não são abordados a contento. Apenas nesta ementa dentre as disciplinas estudadas são apresentados esses objetivos, logo se pode considerar que esta disciplina, por ser a primeira experimental dos cursos de Química, seria a

responsável pela educação experimental e estaria mais próxima do quarto princípio da EQV.

De modo geral, com relação ao armazenamento dos resíduos, existe apenas a comunicação aos(às) estudantes que o descarte deve ser realizado em um determinado frasco, sem conteúdos sobre rotulagem, incompatibilidade e destino do resíduo em questão.

Em alguns casos, resíduos distintos ainda são descartados em um mesmo frasco, ou quando são descartados separadamente, não são explicados quais os motivos desta segregação, os quais podem ser incompatibilidade, ou pela dificuldade em se tratar resíduos compostos por substâncias diferentes, ou até a não possibilidade do tratamento de misturas pela DGR e assim a único destino será a incineração. Também não é explicado que quando um resíduo não perigoso é misturado a outro resíduo perigoso ele todo se torna perigoso, gerando assim, um resíduo em maior quantidade, mais difícil de ser tratado e destinado, e o custo do tratamento será inevitavelmente maior (SAQUETO, 2010).

O ponto em comum, entre as disciplinas experimentais, é a introdução de normas de segurança na primeira aula de cada curso. Assim, no decorrer do semestre o(a) estudante é responsável pela busca por informações sobre segurança, periculosidade, descarte sobre os reagentes e resíduos.

As ementas das disciplinas de Química Geral e Físico Química contemplam a proposição de procedimentos de tratamento e descarte de resíduos químicos. Contudo, nas disciplinas acompanhadas, estes conteúdos não foram alcançados, existe apenas orientação se o resíduo pode ser descartado em esgoto ou lixo comum, ou a indicação de um recipiente específico quando o resíduo apresentar perigo ao meio ambiente.

De modo geral, as disciplinas que foram estudadas já veem apresentando mudanças em seus procedimentos experimentais, as principais mudanças são: a minimização das quantidades de reagentes utilizados e a

diminuição da utilização de reagentes de grande toxicidade e a preocupação em não descartar resíduos perigosos na pia.

Estas são as mudanças mais enfatizadas pelos(as) docentes, e como consequência os(as) estudantes observando as mudanças, as reconhecem como atitudes positivas/sustentáveis/de QV/ para prevenção da poluição.

Há pouco sobre QV nas ementas, contudo no perfil do profissional a ser formado, também contido no projeto pedagógico (UFSCar, 2005), o segundo princípio da EQV “Incentivo à pesquisa”, é muito impulsionado, como pode ser observado em vários trechos:

(ii) desenvolver metodologia e senso de responsabilidade que lhes permitam uma atuação consciente;

(iii) exercitar a criatividade na resolução de problemas;

(iv) trabalhar com independência;

(vi) desenvolver habilidades para tomar decisões, levando em conta os possíveis impactos ambientais ou de saúde pública, quando atuarem na implantação de novos processos industriais para a produção de substâncias de uso em larga escala. (UFSCar, 2005, p.12)

O incentivo à pesquisa foi mais pronunciado nas disciplinas de orgânica e inorgânica por meio de experimentos livres.

As aulas experimentais em geral ainda não utilizam todos os princípios da EQV, contudo foi notada a constante modificação dos procedimentos em busca de seus “esverdeamentos”.

## 5.5 – INTERAÇÕES ENTRE PRINCÍPIOS

O olhar mais comum, entre docentes e estudantes partícipes desta pesquisa, sobre a importância da QV está na proteção ao meio ambiente por meio dos princípios da QV (ANASTAS e WARNER, 1998).

A química verde é a aplicação de métodos para minimizar os impactos. Sejam eles ambientais ou pessoais de experimentos e pesquisas em diversos ramos. (Estudante N)

Contudo, alguns princípios da QV são mais utilizados, como é o caso da minimização e/ou não geração de resíduos e redução da utilização e geração de substâncias perigosas (princípios 1, 2 e 3 da QV).

Menor geração de resíduos, e/ou resíduos reutilizáveis. (Estudante 11)

Geração de pouco resíduo indica um experimento de Química Verde. (Estudante B)

Verificar se é possível utilizar menos reagentes, ou se há meio alternativo de processo que gere menos ou não gere resíduos. Se gerar quantidade mínima de resíduos e utilizar produtos não tóxicos (se possível) ele será verde. (Estudante 3)

Principal questão é a resíduos, minimização de resíduos, é o fundamental, por exemplo, antigamente, nas disciplinas a gente usava escalas muito grandes para fazer os experimentos, tem protocolos com 20 gramas de reagente, hoje a gente vai baixando, hoje se faz com um grama ou menos. Então se você trabalha com menor quantidade, você minimiza depois o resíduo gerado. (Docente)

Cerca de 18% da(os) estudantes trazem em seu discurso outros princípios, como os associados aos solventes, recursos renováveis, energia (soma das porcentagens referentes às unidades temáticas presentes na Tabela 5.9) .

Avaliando os produtos gerados numa reação e sua toxicidade assim como os solventes utilizados e até mesmo a periculosidade dos reagentes utilizados. (Estudante V)

Se possível usando de fontes renováveis. (Estudante 6)

Outro ponto a se destacar são energia elétrica e água. (Estudante 10)

...se pode ser feita utilizando menos energia. (Estudante S)

TABELA 5.9 - Unidades temáticas relativas à categoria “Conceituação da QV e seus princípios” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Conceituação da QV e seus princípios	Minimização de resíduos ou prevenção	18	27.3
	Menor periculosidade de substâncias	13	19.7
	Auxiliar e conscientizar geradores	8	12.1
	Recursos naturais renováveis	5	7.6
	Cuidado com o produto e o seu reaproveitamento	5	7.6
	Solução para os problemas causados pela química	4	6.1
	Solventes	4	6.1
	Energia	3	4.5
	Preocupação com o descarte	3	4.5
	Estudo do risco por meio de aulas experimentais de química seguras	3	4.5
	Total	66	100

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

São também relacionadas à QV e aos princípios, características que foram introduzidas pela pesquisadora, como a preocupação com o descarte.

Analisando os produtos gerados durante o experimento e a possibilidade de tratamento/recuperação destes. (Estudante 13)

Os produtos formados e seu descarte, bem como os reagentes utilizados, que preferivelmente têm concentrações menores (Estudante L).

#### O cuidado com o produto e o seu reaproveitamento.

Sim, porém alguns não tem impacto ambiental e outros podem ser reutilizados durante outros experimentos. (Estudante 11)

...mesmo que gere um produto, este é um resíduo. (Estudante A)

Todos os experimentos geram resíduo, porém alguns laboratórios foram efetuados experimentos de química verde, na tentativa de reaproveitar/reciclar/renovar os resíduos, talvez reutilizar transformando em matéria prima para outro experimento. (Estudante 6)

...há experimentos em que os supostos resíduos podem ser reaproveitados, e não necessariamente descartados. (Estudante 8)

Classicamente, aulas experimentais são procedimentos que geram grandes quantidades de resíduos, no entanto, no laboratório de físico-química, há uma prática que não gera



resíduo, uma vez que se estuda propriedades termodinâmicas de líquidos puros que são aproveitados nas práticas posteriores. (Estudante 4)

O estudo do risco por meio de aulas experimentais de química seguras para a prevenção de acidentes por meio do quarto princípio da EQV.

Não deixar de pesquisar como será feito o descarte desses reagentes e a quantidade máxima que pode ser descartada na pia. (Estudante 5)

Se houve um estudo antecipado, visando ensinar o conceito trabalhado no experimento, com o menor impacto ambiental, o experimento é verde. (Estudante E)

A QV também é entendida como fonte de conscientização para que a universidade e estudantes percebam a necessidade da introdução da QV no ensino, nos laboratórios e no cotidiano, a fim de transformar a sociedade, como pela fala do(a) Estudante P.

É um conceito que define práticas a serem tomadas nos laboratórios e até mesmo no cotidiano que leve a uma química mais sustentável, menos agressiva ao meio ambiente e a vida do homem. Sua relevância está em conscientizar, no sentido de dentro da universidade para a sociedade, ou seja, começar/implantar conhecimentos e práticas dentro da universidade que cheguem até a sociedade de modo a transformá-la. (Estudante P)

Paulo Freire considera a conscientização o conceito central de suas ideias sobre a educação que por sua vez ele considera como prática da liberdade e a conscientização como aproximação crítica da realidade (FREIRE, 2008).

A conscientização é, neste sentido, um teste de realidade. Quanto mais conscientização, mais se *des-vela* a realidade, mais se penetra na essência fenomênica do objeto, frente ao qual nos encontramos para analisá-lo. Por esta mesma razão, a conscientização não consiste em estar *frente à realidade* assumindo uma posição falsamente intelectual. A conscientização não pode existir fora da *práxis*, ou melhor, sem o ato ação-reflexão. Esta unidade dialética constitui, de maneira permanente, o modo de ser ou de transformar o mundo que caracteriza os homens. (FREIRE, 2008, p.30)

Por isso mesmo, a conscientização é um compromisso histórico. É também consciência histórica: inserção crítica na história, implica que os homens assumam o papel de sujeitos que fazem e refazem o mundo. Exige que os homens criem sua existência

com um material que a vida lhes oferece... (FREIRE, 2008, p.30)

Os(As) estudantes perceberam a importância da QV por meio das propostas experimentais, as quais foram apresentadas nas disciplinas com problematização/contextualização com abordagem CTS, a fim de torná-las mais verdes. O primeiro princípio da EQV aproxima a(o) estudante à realidade, também por meio da introdução de reagentes e reações que estão presentes em seu cotidiano. Tal aproximação faz com que a(o) estudante tome posse da realidade e assim possa perceber a importância da sustentabilidade e na química a importância da QV.

Aqueles que estão conscientizados apoderam-se de sua própria situação, inserem-se nela para transformá-la, ao menos com seu projeto e com seus esforços. (FREIRE, 2008, p.90)

No entanto, não é possível dizer que houve conscientização, pois não foram observadas mudanças de atitudes pelos(as) estudantes, mas ao menos iniciaram uma reflexão sobre suas práticas. Como observado na fala de Estudante P, que ao falar da aplicação da QV traz ela para seu cotidiano e sua aplicação na sociedade.

A QV também é considerada “Solução para os problemas causados pela química” por parte dos(as) estudantes que afirmam que a química é causadora de problemas ambientais, como ainda é vista, de acordo com SOUZA e colaboradores (2012), que relatam que a Química é “ao mesmo tempo produto e produtor, ou seja, os problemas são gerados e solucionados pela Química”.

É a química que visa reduzir os impactos ambientais causados pela Química, por exemplo, pelas indústrias, optando por medidas menos agressivas ao meio ambiente. Sua relevância é primordial. (Estudante L)

Está relacionada com o futuro e preservação. É alta a sua importância, visto que estamos sofrendo impactos da química “não verde” que era aplicada anteriormente. (Estudante 7)

Interessante a visão de dois(duas) estudantes que atribuíram a responsabilidade não à química, mas sim ao ser humano, ao contrário das falas anteriores que ao colocarem a culpa na química se isentam de responsabilidade.

Para minimizar o impacto ambiental do homem no planeta. (Estudante E)

É uma tentativa de reduzir os impactos ambientais causados pelos agentes químicos manipulados pelo homem. (Estudante 10)

Concordamos com WARDENCKI e colaboradores, (2005), quando afirmam que por meio “da aplicação e extensão dos doze princípios, a QV pode contribuir para o desenvolvimento sustentável” (WARDENCKI et al., 2005). Parte dos(as) estudantes identifica os princípios com a finalidade de avaliar um experimento quanto ao seu grau verde.

São aplicados de modo a diminuir riscos de vida aos experimentadores e são baseados na minimização da produção de resíduos e na minimização ou extinção da utilização de reagentes potencialmente abrasivos, diminuindo os impactos ambientais agregados a cada prática. (Estudante 4)

Para avaliar o grau verde foram citadas outras formas, além dos princípios, conforme Tabela 5.10.

TABELA 5.10 - Unidades temáticas relativas à categoria “Avaliação do grau verde” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Avaliação do grau verde	Pelos princípios, Prevenção, Redução de quantidades, Reagentes menos perigosos, Solventes, Energia, Fontes renováveis	38	69.1
	Reaproveitamento	4	7.3
	Custo	3	5.5
	Por comparação	3	5.5
	Preocupação com o destino do resíduo	3	5.5
	Por meio de métricas	2	3.6
	Segurança	2	3.6
	Total	55	100

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

O custo foi citado por três estudantes como forma de avaliar o grau verde.

Verificando seu custo, os resíduos gerados, métodos utilizados e equipamentos utilizados. (Estudante O)

Os materiais de baixo custo, embalagens de produtos já utilizados, geração de pouco resíduo indicam um experimento de Química Verde. (Estudante B)

Para Estudante B, o baixo custo pode estar relacionado à reutilização de embalagens como matéria-prima para a realização do experimento, a economia de reagente e o reaproveitamento são também importantes estratégias verdes. Também pode estar relacionando materiais de baixo custo a substâncias presentes no cotidiano, pois estes, muitas vezes não serão comprados, como o solo, para realização do experimento.

A interpretação de “custo” pode ser variada. Uma forma é considerar o maior custo por conta de transporte de reagentes implica em maior gasto de combustíveis, logo se tem um maior impacto ambiental. Como pode ser relacionado ao dinheiro, fator que estará presente no futuro profissional.

Na visão de GONÇALVES (2009) é importante analisar se a inclusão de valores oferece realmente algum ganho ao experimento.

A valorização dos aspectos economicos como justificativa para realizar determinado experimento precisa ser repensada. Nem sempre experimentos mais economicos são, obrigatoriamente, promotores de aprendizagem conceitual ou menos agressivos do ponto de vista ambiental. (GONÇALVES, 2009, p.74).

O custo, contido no quinto princípio da EQV, se inserido em uma disciplina pode aproximar o(a) estudante, pois aparentemente é de seu interesse.

O tema segurança é muito pouco citado pelos(as) estudantes, que ainda têm incerteza de relacionar a segurança à QV, como pode-se perceber na frase (Estudante N) com a utilização de “até mesmo a segurança”.

Um experimento é verde desde os materiais e reagentes utilizados, até mesmo a segurança do pesquisador e resíduos gerados. (Estudante N)

Percebe-se que os(as) estudantes têm dificuldade de se incluírem como parte do meio ambiente. Os(as) estudantes abarcam em seus discursos a segurança ambiental, ou seja, menores impactos ambientais e muito pouco os efeitos aos seres humanos, quase não relacionando este último com a QV.

O quarto princípio da EQV necessita ser ensinado e lembrado mais fortemente (às) aos estudantes. Segurança em primeiro lugar, que não seja apenas uma frase de efeito. A segurança é tão fundamental que faz parte do início da QV. Já nos “Processos com mais segurança inerente” era preconizado que a maior segurança inerente afasta os perigos proativamente, de forma permanente e inseparável do processo, em vez de deixá-los existir e ter de lidar com eles reativamente (KLETZ, 1996).

No entanto, toda esta discussão anterior seria desnecessária sem a existência de práticas experimentais, sejam elas reações em laboratório de ensino, ou em indústrias químicas. Entretanto, a sociedade depende destas práticas, conseqüentemente os(as) profissionais da área precisam saber, além dos conteúdos conceituais, os procedimentais (habilidades) e os atitudinais.

Os(As) estudantes percebem que a introdução da EQV no laboratório de ensino tem como um de seus objetivos os conteúdos atitudinais, dentre 38 estudantes, 25 fizeram esta associação.

Para menor geração de resíduos e conscientização dos alunos para que continuem aplicando os conceitos da química verde após o término de sua graduação. (Estudante 13)

As aulas experimentais tem profunda relação com a postura em formação de um químico. (Estudante V)

Mas os conteúdos procedimentais são os mais proeminentes para as(os) estudantes, quando questionadas(os) quais são as características mais relevantes de um experimento, em laboratórios de ensino, como pode ser observado pela Tabela 5.11.

Saber manusear instrumentos de laboratório, aprendizado, ser organizado, ter o hábito de fazer anotações, saber trabalhar em grupo. (Estudante R)

Utilização de equipamentos diferentes e técnicas analíticas (aparelhos) de identificação de compostos. (Estudante 10)

Acredito que a grande vantagem dos experimentos realizados nessa disciplina é o aprendizado das diferentes formas de análise de um mesmo componente. (Estudante H)

Saber manusear instrumentos de laboratório, aprendido.  
(Estudante R)

TABELA 5.11 - Unidades temáticas relativas à categoria “Características mais relevantes de um experimento em laboratórios de ensino” identificada no *corpus* da pesquisa

Categoria	Unidades Temáticas	Frequência	Porcentagem (%)
Características mais relevantes de um experimento em laboratórios de ensino	Conteúdos procedimentais	20	50,0
	Conteúdos conceituais	12	30,0
	Conteúdos atitudinais	8	20,0
	Total	40	100

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

Da mesma forma os(as) docentes participantes desta pesquisa acreditam que as práticas experimentais são insubstituíveis, ao menos que o conteúdo procedimental envolvido já tenha sido experimentados pelos(as) estudantes. Neste último caso acreditam que existe a possibilidade da inserção de demonstrações, aulas por vídeos, por exemplo.

Os conteúdos procedimentais estão relacionados com o saber fazer e nisso se assenta a sua importância. (GONÇALVES, 2009, p.75).

Para um químico, bacharel ou professor, é imprescindível a apropriação de técnicas relacionadas ao laboratório, se for escopo do processo educacional ao qual ele está submetido a formação de profissionais qualificados no uso de suas atribuições. (GONÇALVES, 2009, p.75)

A experimentação em química é grande parte composta pelo aprendizado de habilidades, sendo estas necessárias para a futura vida profissional dos(as) estudantes. Os(as) estudantes fazem esta relação, fato que se apresenta constante em suas falas.

Colocar a teoria aprendida em sala de aula em prática reforça a ideia e torna o ensino mais completo e assim, formando um profissional mais bem preparado. (Estudante O)

São muito importantes, pois é o primeiro contato do aluno com o laboratório, nos ensinando conceitos básicos essenciais para nosso futuro como químicos. (Estudante 13)

Aulas experimentais permitem aos aspirantes a químicos terem contato com o principal aspecto da química com ciência, uma vez que sua origem é experimental e sua essência é

experimental. Conforme o aluno atua em aulas experimentais, ele começa a perceber qual é o tipo de funções que ele pode ter ao trabalhar em indústrias químicas em geral, contribuindo dessa forma na formação acadêmica e profissional simultaneamente. (Estudante 4)

É importante à medida que tem relação direta com a formação de um profissional; as aulas experimentais tem profunda relação com a postura em formação de um químico. (Estudante V)

São bons meios para contato com situações que poderão ser recorrentes no meio profissional ou acadêmico. (Estudante N)

É possível analisar fatores aprendidos nas aulas teóricas. O que assemelha do que será feito na vida profissional. (Estudante F)

O(A) estudante leva consigo as experiências aprendidas. Da mesma forma, com a introdução da QV no ensino, podem levá-la para além da universidade.

Pois dessa maneira, os estudantes já ficam condicionados a utilizá-la futuramente. (Estudante O)

A educação não pode estar dissociada do preparo para o trabalho, conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (TÍTULO II, Art. 2º), em que

A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 1996, p.7)

Nas Diretrizes curriculares para cursos de química, bacharelado e licenciatura plena, estão contidas não somente competências e habilidades voltadas os procedimentos/técnicas, mas também aspectos como (BRASIL, 2001, p.6):

- Ter uma visão crítica com relação ao papel social da Ciência e à sua natureza epistemológica, compreendendo o processo histórico-social de sua construção
- Saber trabalhar em equipe e ter uma boa compreensão das diversas etapas que compõem uma pesquisa educacional
- Ter curiosidade, espírito investigativo, criatividade, iniciativa na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas com o ensino de Química, bem como para acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas oferecidas pela

interdisciplinaridade, como forma de garantir a qualidade do ensino de Química

- Ter formação humanística que permita exercer plenamente sua cidadania e, enquanto profissional, respeitar o direito à vida e ao bem estar dos cidadãos
- Ter habilidades que o capacitem para a preparação e desenvolvimento de recursos didáticos e instrucionais relativos à sua prática e avaliação da qualidade do material disponível no mercado, além de ser preparado para atuar como pesquisador no ensino de Química.

Na mesma vertente destas diretrizes, são propostos os princípios de incentivo à pesquisa e a de introdução de problematização/contextualização com abordagem CTS.

Os experimentos livres incentivam a pesquisa e levam ao conjunto: liberdade e compromisso. Os(As) estudantes gostam da liberdade, contudo não apreciam o alto comprometimento que essa liberdade proporciona.

É relevante para o aluno poder tomar decisões quanto ao experimento que deseja realizar, no entanto, as vezes é uma prática difícil de ser realizada ou muitos dados não estão bem definidos, esses e outros entraves, podem tornar a experiência do aluno conturbada. (Estudante P)

Os(As) estudantes entendem o objetivo do “Incentivo à pesquisa” e também que os experimentos livres são importantes para seu aprendizado, como uma oportunidade de desenvolver pesquisa, oportunidade de coordenar e refletir (Estudantes V e U).

Fundamental. Propor um experimento está muito além de apenas testar conhecimento; é uma oportunidade de coordenar, refletir e desenvolver algo do seu interesse. (Estudante V)

Propor experimentos é importante para que o aluno aprenda a ter a iniciativa sobre um experimento. (Estudante U)

Consideram importantes também por poderem escolher um experimento do seu interesse (Estudantes Z, X e R).

Uma oportunidade de pesquisa e aprofundamento em uma área escolhida pelo aluno, com o auxílio de um professor. (Estudante Z)

É uma oportunidade de desenvolver pesquisa, adquirir conhecimento sobre a área escolhida. (Estudante X)



É um ponto positivo para o aprendizado, pois é possível escolher uma área preferida pelo aluno ou aquela que ele queira aprender mais a respeito e estudá-la mais a fundo através de experimentos. Além disso, é possível desenvolver o projeto com mais liberdade, sendo capaz de fazer mudanças ou alterações em alguns aspectos e dar ênfase onde for necessário. (Estudante R)

Por outro lado, o desinteresse é consequência do fato do experimento livre ser considerado mais difícil e trabalhoso. Os(As) estudantes estão acostumados(as) a reproduzir, enquanto que os experimentos livres exigem maior dedicação.

O(A) Estudante T percebe que a liberdade gera uma responsabilidade grande, porque se sente na obrigação de saber o conteúdo.

É uma responsabilidade grande, pois temos que colocar em prática o conteúdo teórico. (Estudante T)

Com relação à prática experimental, a maioria dos(das) estudantes se preocupam com o resultado do experimento, dificultando o gosto por experimentos livres que geram insegurança e preocupações, como o medo do experimento “não dar certo”, não obter o produto esperado, ou rendimento alto.

Clareza no procedimento experimental, disponibilidade dos reagentes utilizados, conseguir entender, efetuar o experimento, para no final obter resultados satisfatórios, dando certo ou não o experimento, porém algum aprendizado no final. (Estudante Z)

O rendimento... (Estudante A)

O resultado obtido, e a maneira que foi feita a prática. (Estudante F)

Saber realizar o experimento, desde técnicas e métodos, entender o procedimento e conteúdo da prática, obter um bom resultado no final. (Estudante X)

Mesmo que o(a) docente diga que o resultado não é o que determina a sua avaliação.

Não se preocupem se der errado. (Docente)

Quando o resultado não é obtido (síntese não deu certo) é mais interessante e mais difícil de explicar. (Docente)

No entanto, os(as) estudantes sabem que em caso da não geração do produto esperado ele(a) precisará explicar o motivo que levou a outro produto.

O(A) estudante quer mais liberdade, mas deseja orientação.

Eu acho que poder escolher um experimento é uma boa iniciativa, mas em nenhum momento ela pode ser deixada de lado quanto ao acompanhamento do professor. (Estudante P)

Apesar dos experimentos livres serem uma excelente forma de incentivar a pesquisa, continua sendo necessário o auxílio da(o) docente.

A falta de interesse do(a) estudante, observada em alguns(mas) estudantes, dificulta todo o processo de reflexão e responsabilização.

Contudo, foi percebido em experimentos com contextualização/problematização e abordagem CTS, que as(os) estudantes mostraram maior interesse pelas práticas e em especial pela QV.

A contextualização e problematização por meio da prática, incentivo a pesquisa, sob orientação do(a) docente, pode fazer que o(a) estudante comece a se interessar, posicionar-se, responsabilizar-se e comprometer-se.

Sim, todos geram resíduos. Cabe a nós diminuí-los, tratá-los ou dar um destino/descarte correto. (Estudante C)

A responsabilidade é tema muito frequente nas discussões que rodeiam esta pesquisa.

Idealmente, este tema se relaciona com os princípios da EQV de forma que a problematização/contextualização (P1) de questões sociais e econômicas sejam inicialmente inseridas nas aulas propiciando maior interesse pelos(as) estudantes. Situações problema junto ao Incentivo à pesquisa (P2), que permite autonomia ao(à) estudante para tomada de decisão de sobre geração de produtos/resíduos (P3) avaliando e conhecendo os riscos envolvidos no experimento (P4) e assim tentar evitar a geração de produtos/resíduos perigosos ou não, priorizando a utilização de reagentes biodegradáveis e renováveis a fim de preservá-los (P5), como também o uso consciente de energia elétrica e água (P6).

O interesse e a aproximação com os princípios sugerem a possibilidade de que os(as) estudantes se tornem responsáveis por sua geração, uma nova geração consciente. Como um ciclo (Figura 5.22), depois de iniciado, os experimentos seguintes poderão fortalecer o objetivo de cada um dos 6 princípios, dispostos em um ciclo, para a responsabilização.

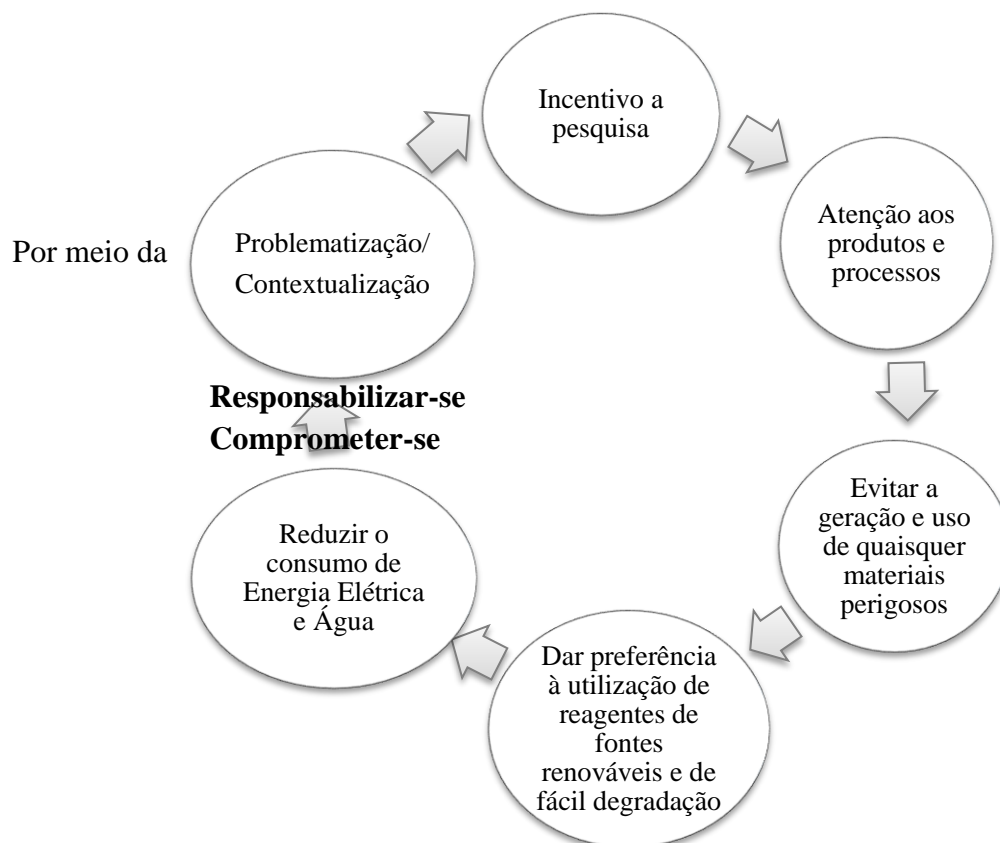


FIGURA 5.22 – Ciclo dos princípios da EQV

De acordo com BURMEISTER et al. (2012), o foco principal da educação para desenvolvimento sustentável é criar um senso de responsabilidade que leva em conta os efeitos sociais, econômicos e ambientais sobre as formas de vida humana.

Verifica-se então a importância/necessidade da inclusão dos princípios da EQV na educação experimental de química, que favorece a formação de estudantes com conhecimentos teórico, experimental e de valores para atuação ética na sociedade, para o desenvolvimento de um modo de vida sustentável.

## CAPÍTULO 6

---

*“O distraído, nela tropeçou,  
o bruto a usou como projétil,  
o empreendedor, usando-a construiu,  
o campônio, cansado da lida,  
dela fez assento.  
Para os meninos foi brinquedo,  
Drummond a poetizou,  
Davi matou Golias...  
Por fim;  
o artista concebeu a mais bela escultura.  
Em todos os casos,  
a diferença não era a pedra.  
Mas o homem.”*

*Antonio Pereira*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo proposto, foram identificadas as principais linhas de pesquisa, enfoques e tendências relacionadas à EQV desde a sua emergência. Com base em dados coletados em 336 artigos (1995 a 2014) realizou-se a categorização dos mesmos, sendo que a categoria com maior número de trabalhos foi a “Propostas de experimentação no ensino”, com 129, enquanto que “Propostas de experimentação didáticas”, com 30 artigos. Logo, com base nos resultados observou-se que a EQV é ainda representada fortemente pela publicação de artigos com propostas experimentais que não apresentam ênfase na educação. O Brasil apresenta contribuições por meio de instituições de pesquisa e ensino, indústrias de monitoramento e controle ambientais, órgãos governamentais e não governamentais, agronegócio, documentos/legislações, grupos de pesquisa, sites e publicações (livros e artigos) em QV e em EQV. Corroborando com este panorama, tem-se que na

tendência da EQV apresentada, o Brasil é o segundo país com maior número de publicações, com 30 trabalhos.

Nesta pesquisa buscou-se investigar as formas pelas quais a EQV se expressa no DQ-UFSCar, especialmente nas disciplinas experimentais de cursos de graduação. Inicialmente, foram analisados documentos referentes aos cursos de bacharelado e licenciatura de química, como as Diretrizes Curriculares Nacionais e Projetos pedagógicos, como também as Leis de Diretrizes e Bases, Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental e o Perfil do Profissional da UFSCar que partilham junto aos princípios da EQV a importância da introdução de conteúdos atitudinais no ensino, além dos conceituais e procedimentais. No entanto, atitudes não são objetivos presentes nas ementas das disciplinas em questão.

Na sequência foram analisadas 5 disciplinas experimentais (Técnicas Básicas em Química, Química Analítica Experimental, Química Orgânica Experimental II, Química dos Elementos de Transição Experimental e Físico-Química Experimental), em que se pôde perceber que todas estão sofrendo alterações nos roteiros nos últimos anos, principalmente em relação à utilização de reagentes perigosos em busca de seus “esverdeamentos”.

Ainda assim, a introdução de questões relacionadas à segurança é incipiente no ensino superior de química da UFSCar. Foi observada a dificuldade de relacionar que na proteção ambiental está inclusa a importância à segurança da vida humana. Logo, as(os) estudantes têm dificuldade de relacionar a QV com a problemática em questão. Foram propostos princípios específicos à educação experimental de química, com base nos princípios da QV propostos por ANASTAS e WARNER (1998). Os princípios da EQV poderão contribuir efetivamente no cenário da Educação em Química Verde, pois promovem uma nova perspectiva da QV.

Dentre os 6 princípios propostos, é importante ressaltar que dois são inovadores “Problematização/Contextualização (abordagem CTS)” e “Incentivo

à pesquisa (graus de abertura da experimentação)” no cenário da QV. Estes princípios têm por objetivo possibilitar a reflexão e o interesse dos(as) estudantes, etapas fundamentais para os profissionais da área, para que a QV seja de fato desenvolvida.

Para melhor visualização e compreensão, foi produzida uma figura contendo um ciclo com os princípios da EQV, com o objetivo de incentivar cada etapa e, sobretudo, incentivar a relação, a complementaridade entre elas na busca pela responsabilização e comprometimento das(os) estudantes.

A introdução dos experimentos “Identificação de Metais presentes no seu cotidiano” e “Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo” propiciou (às) aos estudantes o contato com alguns princípios da EQV. Foi observado que o primeiro princípio da EQV que inclui problematização/contextualização com abordagem CTS aproximou as(os) estudantes à prática, em que foi observado o crescente interesse das(os) estudantes pelos experimentos em questão. Para avaliação do grau verde foi utilizada a métrica Estrela Verde (RIBEIRO et al., 2010a; RIBEIRO et al., 2010b) empregando os princípios da EQV.

Os experimentos propostos foram avaliados quanto aos seus respectivos graus verdes, dentre eles, o experimento aplicado na disciplina de química geral apresentou maior grau verde, qualitativamente pela análise visual do gráfico Estrela Verde mais preenchido e quantitativamente pela soma dos valores atribuídos aos princípios.

Os experimentos livres propostos em duas das disciplinas acompanhadas são indiscutivelmente um grande passo na introdução de conteúdos atitudinais. Contudo, tais conteúdos devem ser apresentados conjuntamente com a aplicação da problematização/contextualização com abordagem CTS, como pela proposição de situações problema. A contribuição das propostas verdes quanto ao incentivo à introdução de conteúdos atitudinais tem como foco o desenvolvimento de valores, estímulo à reflexão crítica, visão

integrada, responsabilidade e exercício da cidadania para uma atuação profissional competente e compromissada com critérios humanísticos, éticos e de rigor científico por meio da introdução da EQV. É fato que a QV é fundamental para sustentabilidade e, a partir dos resultados desta pesquisa (discurso de docentes e estudantes), percebeu-se a importância da introdução da EQV, por meio da aplicação de seus princípios especialmente em disciplinas experimentais.

Este trabalho objetivou, para além da análise das proposições de práticas didáticas experimentais em QV, avaliar o potencial educativo destas, bem como levantar as iniciativas de docentes e interesse discente com foco na EQV, englobando as dimensões tecnocientíficas, sociais, ambientais e econômicas ao contexto de ensino. Com isso, foi possível observar o comprometimento da maior parte das atrizes/atores para modificar as perspectivas da educação atual naquilo com o que se relaciona a uma visão deturpada de “cuidado com o ambiente”. Neste sentido, espera-se também que a EQV não seja apenas *slogan* de uma educação aparentemente sustentável, mas, sobretudo, uma abordagem radical que surge com força na voz dos sujeitos partícipes desta pesquisa e seu contexto de atuação, os cursos de graduação do DQ-UFSCar.

## REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 2004. Resíduos Sólidos - Classificação - NBR 10.004. Rio de Janeiro: ABNT.

ACEVEDO, J.; VÁZQUEZ, A. & MANASSERO, M. “Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas”. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2 (2): 80, 2003.

AKTOUDIANKIS, E.; CHAN, E.; EDWARD, A. R.; JAROSZ, I.; LEE, V.; MUI, L.; THATIPAMALA, S. S. & DICKS, A. P. “Comparing the traditional with the modern: a greener, solvent-free dihydropyrimidone synthesis”. J.Chem. Educ., 86 (6): 730, 2009.

ALLEN, D. T. & SHONNARD, D. R. **Green engineering**: environmentally Conscious Design of Chemical Processes. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

ANELL. Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em 13/03/2015.

ANASTAS, P. & EGHBALI, N. “Green chemistry: principles and practice”. Chem. Soc. Rev., **39**: 301, 2010.

ANASTAS, P. T. & ZIMMERMAN, J. B. “Design through the twelve principles of green engineering”. Env Sci Tech., **37**: 94A, 2003.

ANASTAS, P. T. “Twenty years of green chemistry”. Chem. Eng. News., 89 (26): 62, 2011.

ANASTAS, P.; WOOD-BLACK, F.; MASCIANGIOLI, T.; MCGOWAN, E. & RUTH, L. **Exploring opportunities in green chemistry and engineering education**: a workshop summary to the chemical sciences roundtable. Washington DC: The National Academy Press, 2007.

ANASTAS, P.T. & WARNER, J. **Green chemistry**: theory and practice. Oxford: Oxford University Press, 1998.

ANATAS, P. T. & KIRCHHOFF, M. M. “Origins, current status, and future challenges of Green chemistry”. Acc. Chem. Res., **35**: 686, 2002.



ANDRADE, J. B. “Think like a scientist and act like a teacher”. *J.Braz. Chem. Soc.*, 20 (4): 575, 2009.

ANDRADE, L. S.; ROCHA-FILHO, R. C.; BOCCHI, N. & BIAGGIO, S. R. **Tecnologias verdes para a preservação do meio ambiente:** tratamento de efluentes aquosos. In: CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G. *Química verde: fundamentos e aplicações*. São Carlos: EdUFSCar, 2009. p. 15.

ANDRAOS, J. & DICKS, A. P. “Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices”. *Chem. Educ. Res. Pract.*, **13**: 69, 2012.

ANDRAOS, J. & SAYED, M. “On the use of ‘green’ metrics in the undergraduate organic chemistry lecture and lab to assess the mass efficiency of organic reactions”. *J.Chem. Educ.*, 84 (6): 1004, 2007.

ANDRAOS, J. **Designing a green organic chemistry lecture course**. In: DICKS A. P. (ed.), *Green organic chemistry in lecture and laboratory*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012, pp. 29–68.

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*, 32 (9): 2476, 2009.

ASFAW, N.; LICENCE, P.; NOVITSKII, A. A. & POLIAKOFF, M. “Green chemistry in Ethiopia: the cleaner extraction of essential oils from artemisia afra: a comparison of clean technology with conventional methodology”. *Green Chem.*, **7**: 352, 2005.

AULER, D. & DELIZOICOV, D. “Alfabetização científica e tecnológica para quê?” *Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências*, 3 (2): 105, 2001.

BACHELARD, G. **A noção de obstáculo epistemológico**. In: \_\_\_\_ *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. p. 17 -28. 316p.

BAKER, G. A.; BAKER, S. N.; PANDEY, S. & BRIGHT, F. V. “An analytical view of ionic liquids”. *Analyst*, **130**: 800, 2005.

BARBERÁ, O. & VELDÉS, P. “El trabajo practico en la enseñanza de las ciencias: uma revision”. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3): 365, 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições, 2004. 70p.

BAZZO, W.A. “A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica”. *Revista Iberoamericana de Educación*, **28**: 83, 2002.

BEKTESEVIC, S.; BEIER, J.; CHEN, L.; EGHBALI, N.; KING, S.; MEHTA, G.; MULLINS, R.; REINER, J.; WEIKEL, R.; XIE, S. & GUNN, E. "Green challenges: student perspectives from the 2004 ACS-PRF summer school on green chemistry". *Green Chemistry*, **6**: 403, 2005.

BEYOND THE MOLECULAR FRONTIER: challenges for chemistry and chemical engineering. National Research Council of the National Academies, Committee on Challenges for the Chemical Sciences in the 21<sup>st</sup> Century, Washington, The National Academies Press, 2003.

BEZERRA, M. C. L. & BURSZTYN, M. **Ciência e tecnologia para desenvolvimento sustentável**, Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: Consórcio CDS/UNB/Abipti, 2000.

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". *Quim. Nova*, **35** (6): 1260, 2012.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. São Paulo: Saraiva, 1988.

BRASIL. LEI Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 dez. 1996.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólidos.

BRASIL. 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, 9 de abril de 2002a.

BRASIL. Decreto número 4.281, de 25 de junho de 2002. Regulamenta a Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jun. 2002b.

BRASIL. Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012, Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 jun. 2012.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química, Ministério da Educação. Parecer CNE/CES 1.303/2001. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 dez. 2001, Seção 1, p. 25.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997. 126p.

BRAUN, B.; CHARNEY, R.; CLARENS, A.; FARRUGIA, J.; KITCHENS, C.; LISOWSKI, C.; NAISTAT, D. & O'NEIL, A. "Completing our education: green chemistry in the curriculum". J. Chem. Educ., 83 (8): 1126, 2006.

BRENNECKE, J. F. & STADTHERR, M. A. "A course in environmentally conscious chemical process engineering". Computers & chemical engineering, 26 (2): 307, 2002.

BRUNDTLAND, G., Ed., **Our Common Future**, The World Commission on Environment and Development, Oxford: Oxford University Press, 1987.

BURMEISTER, M.; RAUCH, F. & EILKS, I. "Education for sustainable development (ESD) and chemistry education". Chem. Educ. Res. Pract., 13(2), 2012.

CACCIATORE, K. L. & SEVIAN, H. "Teaching lab report writing through inquiry: a green chemistry stoichiometry experiment for general chemistry". J. Chem. Educ., 83 (7): 1039, 2006.

CALIXTO, J. B. "Biodiversidade como fonte de medicamentos". Cienc. Cult., 55 (3): 37, 2003.

CANELA, M. C.; RAPKIEWICZ, C. E. & SANTOS, A. F. "A visão dos professores sobre a questão ambiental no ensino médio do Norte Fluminense". Química Nova na Escola, **18**: 37, 2003.

CANN, M. C. & DICKNEIDER, T. A. "Infusing the chemistry curriculum with green chemistry using real-world examples, Web modules, and atom economy in organic chemistry courses". J. Chem. Educ., 81(7): 977, 2004.

CANN, M. C. J. "Bringing state-of-the-art, applied, novel, green chemistry to the classroom by employing the presidential green chemistry challenge awards". J. Chem. Educ., 76 (12): 1639, 1999.

CASTANHO, S. & CASTANHO, M. E. L. M. **O que há de novo na educação superior** – do Projeto Pedagógico à Prática Transformadora. Campinas – SP: Papirus, 2000.

CASTO, M. C. A. “O papel da pesquisa na formação do aluno da graduação”. Revista Gestão Tecnológica e Social, 1 (0): 1, 2011.

CFQ, Resolução Normativa do Conselho Federal de Química nº 36, de 25 de abril de 1974, publicada no DOU de 13 de maio de 1974.

CGEE. **Química Verde no Brasil: 2010-2030**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CHENEY, M. L.; ZAWOROTKO, M. J.; BEATON, S. & SINGER, R. D. “Cocrystal controlled solid-state synthesis. A green chemistry experiment for undergraduate organic chemistry”. J.Chem. Educ., 85 (12): 1649, 2008.

CLARK, J. H. “Green chemistry: challenges and opportunities”. Green Chem., 1: 1, 1999.

CLARK, J. Seminário Geral - From Waste to Wealth Using Green Chemistry, em São Carlos, UFSCar. Disponível em:  
<<http://www.youtube.com/watch?v=XUQAOR4cw3E>> Acesso em: 10/10/2014.

CNUMAD, Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, capítulo 19, dispõe sobre o manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas, incluída a prevenção do tráfico internacional ilegal dos produtos tóxicos e perigosos, 1992. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global/item/677>> Acesso em: 03/05/2013.

COELHO, J. C. & MARQUES, C. A. “Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de química”. Rev. Ensaio, 9: 1, 2007.

COLL, C. **Psicopedagógica à Elaboração do Currículo Escolar**. São Paulo: Ática, 1997.

COLLINS, T. J. “Introducing green chemistry in teaching and research”. J. Chem. Educ., 72 (11): 965, 1995.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução Nº 357, de 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 18/03/2005.

CONSTABLE, D. J. C.; CURZONS, A. D. & CUNNINGHAM, V. L. “Metrics to 'green' chemistry – which are the best?” Green Chem., 4: 521, 2002.

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G.; FERREIRA, V. & VAZQUEZ, P. “Green chemistry in Brazil”. Pure and Applied Chemistry (Print), p. 1, 2013.

CORRÊA, A. G. & ZUIN, V. G. **Química Verde: fundamentos e aplicações**, São Carlos: EdUFSCar, 2009. p 151-168.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. C. & MACHADO, A. A. S. C. “Uma revisão da bibliografia sobre o ensino da química verde”. *Química – Boletim SPQ*, **109**: 47, 2008.

COUPLAND, C. **Corporate identities on the web: an exercise in the construction and deployment of “morality”**. International Centre for Corporate Social Responsibility Research Paper Series No. 02-2003, Nottingham: ICCSR, 2003.

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”. *Quim. Nova*, **35** (3): 642, 2012.

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”. *Quim. Nova*, **35** (3), 638, 2012.

CURZONS, A. D.; CONSTABLE, D. J. C.; MORTIMER, D. N. & CUNNINGHAM, V. L. “So you think your process is green, how do you know? Using principles of sustainability to determine what is green – a corporative perspective”. *Green Chemistry*, **3** (1): 1, 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. & PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DOMIN, D. S. “A review of laboratory instruction styles”. *J. Chem. Educ.*, **76** (74): 543, 1999.

DUPONT, J. “Economia de átomos, engenharia molecular e catálise organometálica bifásica: conceitos moleculares para tecnologias limpas”. *Quim. Nova*, **23** (6): 825, 2000.

EBY, E. & DEAL, S. T. “A green, guided-inquiry based electrophilic aromatic substitution for the organic chemistry laboratory”. *J. Chem. Educ.*, **85** (10): 1426, 2008.

ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line, 2004. Disponível em:  
<<http://www.johnelkington.com/TBL-elkington-chapter.pdf> > Acesso em:  
26/04/2012.

EPA- Environmental Protection Agency. Disponível em:  
<<http://www2.epa.gov/green-chemistry/information-about-presidential-green-chemistry-challenge>> Acesso em: 18/02/2012.

FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.  
**Conhecimento e uso sustentável da biodiversidade brasileira: o programa BIOTA-FAPESP.** São Paulo: FAPESP, 2008. 204 p.

FARIAS, L. A. & FÁVARO, D. I. T. “Vinte anos de química verde: conquistas e desafios”. *Quim. Nova*, 34 (6): 1089, 2011.

FATIBELLO FILHO, O. & MARCOLINO Jr, L. H. **Metodologias Analíticas Limpas**, I Semana da Química, São Carlos: UFSCar, 2005.

FELISBERTO, R.; VIEIRA, L. O.; COUTO, A.; SCHUH, R.; ALBINO, C. T.; LIBARDI, D. B. & CUNHA, A. C. B. “De resíduo a insumo: a construção do caminho para uma química mais limpa através de um projeto de ensino”. *Quim. Nova*, 31 (1): 174, 2008.

FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R. & SILVA, F. C. “Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares”. *Quim. Nova*, 32 (3): 623, 2009.

FIKSEL, J. **Design for Environment**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1996.

FISPQ Acetona, 2009. Disponível em:  
<<http://www.setre.com.br/arquivos/ec02dd0c7f83FISPQ%20-%20Acetona.pdf>>  
Acesso em: 23/02/2013.

FISPQ Alizarina, 2014. FISPQ, tiocianato de potássio, 2012. Disponível em:  
<[http://www.sglab.com.br/fispq/FISPQ\\_Item\\_621.pdf](http://www.sglab.com.br/fispq/FISPQ_Item_621.pdf)> Acesso em: 15/04/2013.

FISPQ Eriocromo T, 2012. Disponível em:  
<[http://www.quimicamoderna.net.br/fispq/FISPQ\\_114305.pdf](http://www.quimicamoderna.net.br/fispq/FISPQ_114305.pdf)> Acesso em:  
23/02/2013.

FISPQ Etanol, 2014. Disponível em:  
<<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/3b33fe8043a79941b531bfec2d0136c/fispq-auto-alcool-alcool-etilico-hidratado-combustivel.pdf?MOD=AJPERES>>  
Acesso em: 23/02/2013.

FISPQ Etilenodiamina, 2008. Disponível em: <http://www.casquimica.com.br/fispq/etilenodiamina.pdf>. Acesso em: 10/05/2012.

FISPQ Fenolftaleina, 2014. Disponível em: <http://downloads.labsynth.com.br/FISPQ/rv2012/FISPQ-%20Fenolftaleina.pdf>. Acesso em: 23/02/2012.

FISPQ Murexida, 2010. Disponível em: <http://www.qeelquimica.com.br/fispqs/FISPQ-%20Murexida.pdf>. Acesso em: 20/06/2012.

FISPQ Tiocianato de potássio, 2012. Disponível em: [http://www.sglab.com.br/fispq/FISPQ\\_Item\\_621.pdf](http://www.sglab.com.br/fispq/FISPQ_Item_621.pdf). Acesso em: 20/11/2014.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164p.

FRANCELIN, M. M. “Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos”. Ci. Inf., 33 (3): 26, 2004.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. São Paulo: Centauro, 2008, 116p.

FREITAS, E. Os solos brasileiros. 2009. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com/geografia/os-solos-brasileiros.htm#comentarios>. Acesso em: 18/04/2011.

FROSCH, R. A. & GALLOPOULOS, N. E. “Strategies for manufacturing”. Scient. Am., 261(3): 144, 1989.

FROSCH, R. A.; **Industrial environmental performance metrics: challenges and opportunities**. Washington: National Academy Press, 1999.

GALEMBECK, F.; BARBOSA, C. A. S. & SOUSA, R. A. “Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química”. Quim. Nova, 32 (3): 571, 2009.

GALLEGO TORRES, A. P. & GALLEGUO BADILLO, R. “Acerca del carácter tecnológico de la nueva didáctica de las ciencias”. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 5 (1), 2006.

GARCÍA-SERNA, J.; PÉREZ-BARRIGÓN, L. & COCERO, M. J. “New trends for design towards sustainability in chemical engineering: green engineering”. Chemical Engineering Journal, 133(1-3): 7, 2007.

GASPARINI, F.; WEINERT, P. L.; LIMA, L. S.; PEZZA, L. & PEZZA, H. R. "A simple and green analytical method for the determination of formaldehyde". J. Braz. Chem. Soc., 19 (8): 1531, 2008.

GAVETTI, S. M. V. C. **Guia para utilização de laboratórios químicos e biológicos**. UNESP, 28p, 2013.

GIL PÉREZ, D.; MACEDO, B.; TORREGOSA, J. M.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P. & VILCHES, A. **¿Cómo promover el interés por la cultura científica?** Santiago: UNESCO. 2005.

GIL-PÉREZ, D. & CARVALHO, A. M. P. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez Ed., 1993.

GONÇALVES, F. P. & MARQUES, C. A. "Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química". IENCI (Online), 11( 1): 219, 2006.

GONÇALVES, F. P. A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de química, 2009. Tese de doutorado, 234p.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. & DELIZOICOV, D. "O desenvolvimento profissional dos formadores de professores de química: contribuições epistemológicas". RBPEC, 7: 51, 2007a.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A.; LINDEMANN, R. H.; COELHO, CARDOSO, J.; AMORIM, F. & ZAMPIRON, E. "Pesquisas acerca da inclusão das questões ambientais no ensino de química e na formação de professores". Anais do 30 RA SBQ, 2007, Águas de Lindóia. Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Química, 2007b.

GSCN - Green and Sustainable Chemistry Network. Disponível em: <<http://www.gscn.net/aboutE/index.html>> Acesso em 18/02/2012.

HEINHORST, S. & CANNON, G. "Nature: 'green' chemistry, natural antioxidants, and a DNA-fueled machine". J. Chem. Educ., 78 (2): 150, 2001.

HEISKANEN, E. "Institutionalization of life-cycle thinking in the everyday discourse of market actors". Journal of Industrial Ecology, 4 (4): 31, 2001.

HENDERSON, R. K.; CONSTABLE, D. J. C. & JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, C. **Green chemistry metrics**. In: DUNN, P. J.; WELLS, A. S. & WILLIAMS, M. T. (ed.), Green chemistry in the pharmaceutical industry. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2010. pp. 24–25.



HJERESEN, D. L.; SCHUTT, D. L. & BOESE, J. M. “Green Chemistry and Education”. J.Chem. Educ., **77**: 1543, 2000.

HOEKSTRA, A. Y. “Human appropriation of natural capital: a comparison of ecological footprint and water footprint analysis”. Ecological Economics, **68**: 1963, 2009.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The water footprint assessment manual: setting the global standard**. Earthscan, 2011. 224p. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/downloads/ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>> Acesso em: 20/09/2014.

HÖFER, R. **Sustainable Solutions for Modern Economies**. Cambridge: RSC Publishing, 2009. 497p, 1-11.

IMBERNÓN, F. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza**. São Paulo: Cortez, 2002.

INCA- Ambiente Consorzio Interuniversitario Nazionale Chimica per l'Ambiente. Disponível em: <<http://www.incaweb.org/inca/index.php>> Acesso em: 15/02/2012.

IUPAC, 2012. Disponível em: <<http://www.congresscentral.com.br/sbq/ufscar/icgc4/>> Acesso em: 20/03/2012.

JACOBI, P. R., “Educar na sociedade de risco: o desafio de construir alternativas”. Pesquisa em Educação Ambiental, 2 (2): 49, 2007.

JONAS, H. **El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica**, Ed. Herder, 1995.

JUSTINIANO, C. J. Os conteúdos conceituais em correlação com os eixos temáticos dos PCN. Portal educação, 2013. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/32203/os-conteudos-conceituais-em-correlacao-com-os-eixos-tematicos-dos-pcn#ixzz2zGOMg4Sq>> Acesso em: 18/03/2014.

KASSEBOEHMER, A. C. Formação Inicial de Professores: uma Análise dos Cursos de licenciatura em Química das Universidades Públicas do Estado de São Paulo. São Carlos, Departamento de Química – UFSCar, 2006. Dissertação de Mestrado.

KER, J. C. “Latossolos do brasil:uma revisão”. GEONOMOS, 5(1):17, 1997.

KIRCHHOFF, M. M. “Topics in Green Chemistry”. J. Chem. Educ., 78(12): 1577, 2001.

KLETZ, T. A. “Inherently safer design: the growth of an idea”. *Process Saf. Prog.*, **15**: 5, 1996.

KÖHNLEIN, J. F. K. & PEDUZZI, L. O. Q. “Sobre a concepção empirista-indutivista no ensino de ciências”. *Anais do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia*, p. 1-18, 2002. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=epef&cod=\\_sobreaconcepcaoempirista](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=epef&cod=_sobreaconcepcaoempirista)> Acesso em 20/02/2012.

LAIRD, T. “Green chemistry is good process chemistry”. *Org. Process Res. Dev.*, **16**: 1, 2012.

LEAL, A. L. & MARQUES, C. A. “O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente”. *QNEsc.*, **29**: 30, 2008.

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”. *Quim. Nova*, **26** (1): 123, 2003.

LICCO, E. A. *Desastres Naturais: riscos e vulnerabilidades*. São Paulo, Centro Universitário Senac, 2012. Relatório Final.

LINSINGEN, I.; PEREIRA, T. L. & BAZZO, W. **Introdução aos estudos CTS** (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madrid: OEI. 2003.

LÔBO, S. F. & MORADILLO, E. F. “Epistemologia e a Formação docente em química”. *Química Nova na Escola*, **17**, 2003.

LÜDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens Qualitativas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986.

MAAR, W. L. **À Guisa de Introdução: Adorno e a Experiência Formativa**. In: ADORNO, T. *Educação e Emancipação*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

MACHADO, A. A. S. C. “Alfred Nobel – O ‘primeiro químico verde’?” *Química – Boletim SPQ*, **103**: 45, 2006.

\_\_\_\_\_. “Da gênese ao ensino da química verde”. *Quim. Nova*, **34** (3): 535, 2011.

\_\_\_\_\_. “Da gênese do termo química verde às colorações discrepantes da química e da biotecnologia”. *Química – Boletim SPQ*, **108**: 43, 2008a.

\_\_\_\_\_. “Das dificuldades da química verde aos segundos doze princípios”. *Química- Boletim SPQ*, **110**: 33, 2008b.

\_\_\_\_\_. “Métricas da Química Verde – A produtividade atômica”. Química – Boletim SPQ, **107**: 47, 2007.

\_\_\_\_\_. “O Quadro de classificação periódica da sustentabilidade - uma metáfora para a química verde e ecologia industrial”. Química – Boletim SPQ, **98**: 21, 2005.

\_\_\_\_\_. “Química e desenvolvimento sustentável QV, QUIVES, QUISUS”. Química – Boletim SPQ, **95**: 59, 2004.

\_\_\_\_\_. “O Desastre de Bhopal no Contexto da Química Verde. A sua Causa Última: Um Retrocesso”. Química – Boletim SPQ, **118**: 41, 2010.

MACHADO, A. M. R. & SALVADOR, N.N. B., Normas Gerais – 01/2005: Procedimentos para Segregação, Identificação, Acondicionamento e Coleta de Resíduos Químicos, Biológicos e Radioativos Líquidos e Sólidos. Coordenadoria Especial para o Meio ambiente (CEMA): Unidade de Gestão de Resíduos (UGR), UFSCar, São Carlos. maio de 2005. 40p.

MANLEY, J. B.; ANASTAS, P. T. & CUE Jr, B. W. “Frontiers in green chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing”. Journal of Cleaner Production, **16**: 743, 2008.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; FERNANDES, C. S.; ROLOFF, F. B.; DREWS, F.; SILVA, R. M. G.; YUNES, S. F. & ZUIN, V. G. “A abordagem de questões ambientais no ensino de Química: uma investigação na formação inicial de professores”. Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ), Brasília, 2010.

MARQUES, C. A.; COELHO, J. C.; GONÇALVES, F. P.; LINDEMANN, R. H.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S. & ZANPIRON, E. A. “Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média”. Quim. Nova, **30**: 2043, 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”. Quim. Nova, **35** (8): 1696, 2012.

MARTELL, A. E.; DAVIES, J. A.; OLSON, W. W. & ABRAHAM, M. A. “Green chemistry and engineering: drivers, metrics, and reduction to practice”. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, **28**: 401, 2003

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

MASSI, L. Contribuições da Iniciação Científica na Apropriação da Linguagem Científica por Alunos de Graduação em Química. São Carlos, Instituto de Química de São Carlos - USP, 2008. Dissertação de mestrado.

MATA, J. D. V. Apostila de classificação de solos. Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2007.

MCKENZIE, L. C.; HUFFMAN, L. M. & HUTCHISON, J. E. “The evolution of a green chemistry laboratory experiment: greener brominations of stilbene”. *J. Chem. Educ.*, 82 (2): 306, 2005.

MELLO, M. R. Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Sócio-Ambientais na Formação de Professores de Química. São Paulo, Faculdade de Educação – USP, 2010. Tese de doutorado, 191p.

MELO, M. R. & VILLANI, A. Dificuldades dos licenciandos em adotar uma abordagem verde em seus projetos de ensino de química. *Anais do V ENPEC*, Bauru. 2005.

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*, 26 (5): 779, 2003.

MERCER, S. M.; ANDRAOS, J. & JESSOP, P. G. “Choosing the greenest synthesis: a multivariate metric green chemistry exercise”. *J. Chem. Educ.*, 89 (2): 215, 2012.

MOHRIG, J. R.; HAMMOND, C. N. & COLBY, D. A. “On the successful use of inquiry-driven experiments in the organic chemistry laboratory”. *J. Chem. Educ.*, 84 (6): 992, 2007.

MONTES, I.; SANABRIA, D.; GARCIA, M.; CASTRO, J. & FAJARDO, J.A. “Greener approach to aspirin synthesis using microwave irradiation”. *J. Chem. Educ.*, 83 (4): 628, 2006.

MOONEY, D. “Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach”. *Chemical Health and Safety of the American Chemical Society*, p.1074-9098, 2004.

- MORAES, R. “Análise de conteúdo”. Revista Educação, 22 (37): 7, 1999.
- MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A. & GONÇALVES, V. L. C. “Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel”. Quim. Nova, 32 (3): 639, 2009.
- MOZETO, A. A. & JARDIM, W. F. “A química ambiental no Brasil”. Quím. Nova, **25**: 7, 2002.
- MULHOLLAND, K. L. & DYER, J. A. **Pollution Prevention: Methodologies, Technologies and Practices**. Nova Iorque: AIChE, 1999.
- NR - 15 – Atividades e operações insalubres, Anexo nº 11 – Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, Aprova as Normas Regulamentadoras - NR – do Capítulo V do Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho  
[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3F9B201201407CE4F9BC105D/A\\_nexo%20n.%C2%BA%2011\\_%20Agentes%20Qu%C3%ADmicos%20-%20Toler%C3%A2ncia.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D3F9B201201407CE4F9BC105D/A_nexo%20n.%C2%BA%2011_%20Agentes%20Qu%C3%ADmicos%20-%20Toler%C3%A2ncia.pdf)
- OLABUENAGA, J. I. R. & ISPIZUA, M. A. **La descodificacion de La vida cotidiana: métodos de investigacion cualitativa**. Bilbao: Universidad de Deusto, 1989.
- OMORI, A. T.; PORTAS, V. B. & OLIVEIRA, C. S. “Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaldeído com pedaços de cenoura (*daucus carota*): um experimento simples na compreensão da biocatálise”. Quim. Nova, 35 (2): 435, 2012.
- PANIZZOLO, L.; PISTÓN, M.; TERÁN, M. & TORRE, M. H. **Aportes de la Química al Mejoramiento de la Calidad de Vida**. Primera edición, Montevideo: UNESCO, 2012. 306p.
- PASS, G. & SUTCHIFFE, H. **Practical inorganic chemistry**, 2 nd edition, Chapman and hall, 1974.
- PEIRÓ MUÑOZ, A. Nuevas Aportaciones a las Metodologías en Química Verde. Barcelona, Departamento de Química - Universidad Autònoma de Barcelona, 2003. Tese de doutorado, 126p.
- PÉREZ-GÓMEZ, A. **O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo**. In: Nóvoa, A. (org.). Os professores e sua formação. Lisboa: publicações Dom Quixote, 1992. 93-114.

PHONCHAIYA, S.; PANIJPAN, B.; RAJVIROONGIT, S.; BLANCHFIELD, J. T. & WRIGHT, T. "A facile solvent-free Cannizzaro reaction". J. Chem. Educ., 86 (1): 85, 2009.

PINHEIRO, A. N.; MEDEIROS, E. L. & OLIVEIRA, A. C. "Estudo de casos na formação de professores de química". Quím. Nova, 33 (9), 2010.

PINTO, A. C.; ZUCCO, C.; DE ANDRADE, J. B. & VIEIRA, P. C. "Recursos humanos para novos cenários". Quim. Nova, 32: 567, 2009.

PÓRLAN, R. & TOSCANO, J. M. **El saber práctico de los profesores especialistas**: aportaciones desde las didácticas específicas. In: MOROSINI, M. (Org.). Professor do Ensino Superior: identidade, docência e formação. Brasília: MEC, 2000. 35-42.

PORTAL BRASIL. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/fontes-hidraulicas-geram-a-maior-parte-da-energia-eletrica> > Acesso em: 27/11/2014.

PRADO, A. G. S. "Química verde, os desafios da química do novo milênio". Quim. Nova, 26 (5), 2003.

QSUSTENTAVEL. Blog Química Sustentável. Disponível em:

<<http://www.qsustentavel.com/>> Acesso em: 22/03/2012.

RAMOS, D. K. Os conteúdos de aprendizagem e o planejamento escolar. 2013. Disponível

em:[http://www.psicopedagogia.com.br/new1\\_artigo.asp?entrID=1582#.U1Fs2vl dX84](http://www.psicopedagogia.com.br/new1_artigo.asp?entrID=1582#.U1Fs2vl dX84)> Acesso em: 18/04/2014.

REED, S. M. & HUTCHISON, J. E. "Green chemistry in the organic teaching laboratory: an environmentally benign synthesis of adipic acid". J. Chem. Educ., 77 (12): 1627, 2000.

REZENDE, C. M. & ZUIN, V. G. "Química verde: convergências e potencialidades no cenário brasileiro". Revista Virtual de Química, 6: 1, 2014.

RIBEIRO, M. G. T. C. & MACHADO, A. A. S. C. "Metal acetylacetonate synthesis experiments: which is greener?" J. Chem. Educ., 88: 947, 2011.

\_\_\_\_\_. "Greenness of chemical reactions, limitations of mass metrics". Green Chemistry Letters and Reviews, 2012a.

\_\_\_\_\_. "Novas métricas holísticas para avaliação da veracidade de reações de síntese em laboratório". Quím. Nova, 35 (9): 1879, 2012b.

\_\_\_\_\_. “Holistic metrics for assessment of the greenness of chemical reactions in the context of chemical education”. J. Chem. Educ., 90 (4): 432, 2013.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A. & MACHADO, A. A. S. C. “Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reacções laboratoriais – ‘Estrela verde’ ”. Quim. Nova, v. 33, n. 3, p.759-764, 2010a.

\_\_\_\_\_. “ ‘Green star’: a holistic green chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments”. Green Chemistry Letters and Reviews, 3 (2): 149, 2010b.

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

SANSEVERINO A. M. “Microondas em síntese orgânica”. Quim. Nova, 25 (4): 660, 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, 32 (6): 1667, 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, 2 (2), 2002.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Concepções de Professores sobre Contextualização Social do Ensino de Química e ciências. Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas, MG. Livro de resumos. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 1999. 22.

SAQUETO, K. S. Estudo dos Resíduos Perigosos do *Campus* de Araras da Universidade Federal de São Carlos Visando a sua Gestão. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – UFSCar, 2010. Dissertação de mestrado.

SAUVAGE, X. & DELAUDE, L. “The synthesis of ‘n’-benzyl-2-azanorbornene via aqueous hetero Diels-Alder reaction: an undergraduate project in organic synthesis and structural analysis”. J.Chem. Educ., 85 (11): 1538, 2008.

SBQ. Sociedade Brasileira de Química, 2012. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/concursos/>> Acesso em: 15/06/2012.

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. 12 – 41.

SELVA, M. & PEROSA, A. “Green chemistry metrics: a comparative evaluation of dimethyl carbonate, methyl iodide, dimethyl sulfate and methanol as methylating agents”. *Green Chem.*, **10**: 457, 2008.

SHELDON, R. A. “Consider the environmental quotient”. *ChemTech.*, 24 (3): 38, 1994.

\_\_\_\_\_. **Organic synthesis: past, present and future**. London: Chem. Ind., 1992. 903–906.

SILENCE n° 304, dezembro de 2003.;  
<http://biobioalzheimer.blogspot.com.br/2010/08/o-papel-toxico-do-aluminio.html> Acesso em: 04/08/2014)

SILVA, F. M. & JONES JUNIOR, J. “Reações orgânicas em meio aquoso”. *Quim. Nova*, 24 (5): 646, 2001.

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B. & JONESJUNIOR, J. “Desenvolvimento sustentável e química verde”. *Quim. Nova*, 28 (1): 103, 2005.

SILVA, L. H. A. & ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de ciências**. In: SCHNETZLER, R. P. & ARAGÃO, R. M. R. Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000. p.120-153.

SILVA, R. M. G. & FERREIRA, T. Formação inicial de professores de química: identificando as necessidades formativas. Disponível em:  
<[http://www.pesquisa.uncnet.br/pdf/educacao/FORMACAO\\_INICIAL\\_PROFESSORES\\_QUIMICA\\_IDENTIFICANDO\\_NECESSIDADES\\_FORMATIVAS.pdf](http://www.pesquisa.uncnet.br/pdf/educacao/FORMACAO_INICIAL_PROFESSORES_QUIMICA_IDENTIFICANDO_NECESSIDADES_FORMATIVAS.pdf)>Acesso em 27/11/2012.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N. & ROCHA FILHO, R. C. **Introdução à química experimental**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA FILHO, R. C. & MACHADO, P. F. L. **Experimentos de química experimental geral**. São Carlos: UFSCar, 2011.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. & TUNES, E. **Experimentar sem medo de errar**. In: SANTOS, W. L. P. & MALDANER, O. A.(org) Ensino de Química em Foco. Ijuí: Editora Unijuí, 2010, 238p. 231-261p.

SOTO, L. F. C. Manual de Metodologia de La Enseñanza de La Química – Unesco, p. I-1 a I-37, 1987.



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*, 35 (9): 1891, 2012.

TICKNER, J. A.; GEISER, K. & COFFIN. “The US experience in promoting sustainable chemistry”. *Environmental science and pollution research*, 12 (2): 115, 2005.

TRIVINOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a Pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. 175p.

TROST, B. M. “Atom economy – a challenge for organic synthesis – homogeneous catalysis leads the way”. *Angew. Chem., Int. Ed.*, 34: 259, 1995.

TUNDO, P.; ANASTAS, P.; BLACK, D. S.; BREEN, J.; COLLINS, T.; MEMOLI, S.; MYIAMOTO, J.; POLYAKOFF, M. & TUMAS, W. “Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview”. *Pure Appl. Chem.*, 72(7): 1207, 2000.

UECE, Universidade Estadual do Ceará, 2007. Disponível em:  
<[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NPNF0e5NFOEJ:www.uece.br/nit/index.php%3Foption%3Dcom\\_docman%26task%3Ddoc\\_download%26gid%3D947%26Itemid%3D157+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:NPNF0e5NFOEJ:www.uece.br/nit/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D947%26Itemid%3D157+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>  
Acesso em: 07/10/2012.

UFSCar, Perfil do Profissional a ser Formado na UFSCar. São Carlos, Pró-Reitoria de Graduação da UFSCar, 2000.

\_\_\_\_\_. Projeto pedagógico do curso de Licenciatura em Química. São Carlos, 2004. Disponível em:  
<[http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto\\_licquimica.pdf](http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto_licquimica.pdf)> Acesso em 14/02/2012.

\_\_\_\_\_. Projeto pedagógico do curso de Licenciatura em Química. São Carlos, 2014. Disponível em:  
<[http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto\\_licquimica.pdf](http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto_licquimica.pdf)> Acesso em 15/10/2014.

\_\_\_\_\_. Projeto pedagógico do curso de bacharelado em Química/Química tecnológica. São Carlos, 2005. Disponível em:  
<[http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto\\_bqbqt.pdf](http://www.prograd.ufscar.br/projetoped/projeto_bqbqt.pdf)> Acesso em 14/02/2012.

\_\_\_\_\_. Universidade Federal de São Carlos, 2006. Disponível em:<<http://www.quimica.ufscar.br/EVQ2009/passado.htm#2006>> Acesso em: 10/02/2012.

\_\_\_\_\_. Perfil do Profissional a ser Formado na UFSCar. São Carlos, Pró-Reitoria de Graduação da UFSCar, 2008. Disponível em: <[http://www.prograd.ufscar.br/arquivos/perfil\\_profissional\\_ufscar.pdf](http://www.prograd.ufscar.br/arquivos/perfil_profissional_ufscar.pdf)> Acesso em: 27/04/2014.

\_\_\_\_\_. Catálogo de informações do curso de bacharelado em Química: Química tecnológica. São Carlos, 2011.

UNESCO, **Draft international implementation scheme for the United Nations decade of education for sustainable development (2005-2014)**. Paris: UNESCO, 2005. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001403/140372e.pdf>> Acesso em: 05/04/2013.

USEPA, United States Environmental Protection Agency. Method 3051a - Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Feb 2007. 30p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>>. Acesso em: 10/10/2013.

VAN ARNUM, S. D. “An approach towards teaching green chemistry fundamentals”. J. Chem. Educ., 82 (11): 1689, 2005.

VEIGA, I. P. A. **O cotidiano da aula universitária e as dimensões do projeto político-pedagógico**. In: CASTANHO, S. & CASTANHO, M. E (Org.). Temas e textos em metodologia do ensino superior. Campinas: Papirus, 2001.143-152.

VERVAEKE, M. “Life cycle assessment software for product and process sustainability analysis”. J. Chem. Educ., 89 (7): 884, 2012.

VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. 5 ed, Gimeno, A. (tradutor), Ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

\_\_\_\_\_. **Quantitative chemical analysis**, 5 ed. rev. I. Jeffery, G. H., 1989.

WARDENCKI, W; CURYLO, J. & NAMIESNIK, J. “Green chemistry - Current and future issues”. Polish Journal of Environmental Studies, 14 (4): 389, 2005.

WARNER, J. C.; CANNON, A. S. & DYE, K. M. “Green chemistry”. Environmental Impact Assessment Review, **24**: 775, 2004.

WARNER, M. G.; SUCCAW, G. L. & HUTCHISON, J. E. “Solventless syntheses of mesotetraphenylporphyrin: new experiments for a greener organic chemistry laboratory curriculum”. Green Chem., **3**: 267, 2001.

WINTERTON, N. “Twelve more green chemistry principles”. *Green Chem.*, **3**: G73, 2001.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo**: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZANDONAI, D. P. ; SAQUETO, K. C. ; ABREU, S. C. S. R. ; LOPES, A. P. & ZUIN, V. G. “Green chemistry and the training of chemists: a report of a didactic experience outside the learning laboratory”. *Revista Virtual de Química*, **6**: 73, 2014.

ZANDONAI, D. P. A Inserção da Química Verde no Curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCAR: Um Estudo de Caso. São Carlos, Departamento de Química - UFSCar, 2013. Dissertação de mestrado profissional.

ZUIN, V. G. & MARQUES, C. A. **Green Chemistry in Brazil**: contemporary tendencies and reflections at Secondary school level. In: *Worldwide Trends in Green Chemistry Education*, eds V. Zuin and L. Mammino, Cambridge: Royal Society of Chemistry, in press. 2015.

ZUIN, V. G. A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/ES de Química: um estudo de caso. São Paulo, Faculdade de Educação – USP, 2010. Tese de doutorado, 253p.

\_\_\_\_\_. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de química**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011.

\_\_\_\_\_. “A inserção da química verde nos programas de pós-graduação em química do brasil: tendências e perspectivas”. *RBPG. Revista Brasileira de Pós-Graduação*, **10**: 557, 2013.

ZUIN, V. G. & PACCA, J. L. A. “Formación docente en química y ambientación curricular: estudio de caso en una institución de enseñanza superior brasilera”. *Enseñanza de las Ciencias*, **31**: 77, 2013.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A

Tabela- Artigos não localizados, não categorizados

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	2012	ChemEs get schooled in sustainability	Allen, David T.; Shonnard, David R.	Chemical Engineering Progress, 108(8), 17-21.	EUA/ Inglês
2.	2012	Studies on healthy drinks. A Learning company as a didactic method	Marks, R.; Baune, C.; Siol, A.; Eilks, I.	Praxis der Naturwissenschaften, Chemie in der Schule, 61(3), 27-30.	Alemão
3.	2012	Educhino Innovar: sustainability of development and innovative chemical education in Novara	Fontaneto, Celestino	From Chimica e l'Industria (Milan, Italy), 94(2), 74-78.	Italiano
4.	2012	Green design on experiment of copper reacted with concentrated or dilute nitric acid	Tan, Wensheng	Huaxue Jiaoxue, (11), 45-46.	Chinês
5.	2012	Green synthesis of synthesizing 4-acetoxy benzoic acid	Kong, Xiangwen; Liu, Xiaopu; Tian, Liwen; Jin, Jiyu	Shiyan Jishu Yu Guanli, 29(10), 37-38, 50.	Chinês
6.	2012	Green improvement of cyclohexene synthesis experiment	Zhang, Ying; Jiang, Wenqing; Bian, Guoqing	Huaxue Jiaoyu, 33(3), 65-68.	Chinês
7.	2012	Synthesis of adipic acid: environmentally friendly synthesis and application of its green chemistry to education	Kirihara, Masayuki; Gono, Takashi; Aoki, Masao	Kagaku to Kyoiku, 60(6), 262-265.	Japonês
8.	2012	Circulation experimental mode construction and teaching practice	Liu, Kui; Wang, Jian-min	Shiyanshi Yanjiu Yu Tansuo, 31(3), 140-142.	Chinês
9.	2012	Chemistry and the Challenge of Sustainability	Fisher, Matthew A	Journal of Chemical Education, 89(2), 179-180.	
10.	2011	Microscale Chemistry--A Different Way for Students to Do Practical Work	Wooster, Mike	School Science Review, v93 n342 p69-75	
11.	2011	How Can We Use Carbon Dioxide as a Solvent?	Mohamed, Azmi; Eastoe, Julian	School Science Review, v93 n343 p73-80	

12.	2010	Green Science: Green Beauty	Palliser, Janna	Science Scope, v34 n4 p8-11	
13.	2005	Greener is Cleaner, and Safer	N/A	Science Scope, v28 n6 p50-52	
14.	2008	The Biorefinery--Challenges, Opportunities, and an Australian Perspective	Rowlands, William N.; Masters, Anthony; Maschmeyer, Thomas	Bulletin of Science, Technology & Society, v28 n2 p149-158	
15.	2008	The Most Economic, Socially Viable, and Environmentally Sustainable Alternative Energy	Vanderburg, Willem H.	Bulletin of Science, Technology & Society, v28 n2 p98-104	
16.	2007	Reusable Energy and Power Sources: Rechargeable Batteries	Hsiung, Steve C.; Ritz, John M.	Technology Teacher, v66 n6 p14-20	
17.	2010	Foi publicado 2 x 1. Integrating Environmental Education	Paterson, Jim	Education Digest: Essential Readings Condensed for Quick Review, v75 n7 p38-42 Mar	
18.	2009	Strategy study on implementing green chemistry education under the new chemistry curriculum	Wang, Chun	Huaxue Jiaoxue , (7), 7-9	China/chines
19.	2011	The penetrating green chemistry education into organic chemistry teaching of high vocation college	Tang, Xin-jun; Hu, Wei-zhong; Tan, Jing-hui	Guangzhou Huagong, 39(19), 137-139, 142	China
20.	2011	Education Modules for Teaching Sustainability in a Mass and Energy Balance Course	Zheng, Kai Liang; Bean, Doyle P., Jr.; Lou, Helen H.; Ho, Thomas C.; Huang, Yinlun	Chemical Engineering Education, v45 n4 p248-258 Fall 2011	
21.	2001	Penetration of Green Chemistry education into chemical teaching in university	Wang, Chaoyang; Li, Jingning	Daxue Huaxue , 16(2), 19-24.	China
22.	2003	Current status of green chemistry education and its challenges	Cai, Weiquan; Zhang, Yi; Li, Huiquan	Huaxue Tongbao, 66(9), 606-609.	China/chines

23.	2002	Sustainable chemistry in education and research	Bahadir M; Konig B	Fresenius environmental bulletin Volume: 11 Issue: 10A Special Issue: SI Pages: 736-742	Germany
24.	2008	To impenetrate green education through medicinal chemistry experiment teaching	Chen, Zhi-qiong; Yu, Yu; Shang, Jing-chuan; Mu, Zhao-de; Huang, Wei	Shiyan Jishu Yu Guanli, 25(11), 135-136, 143.	China
25.	2010	Search and practice for green chemistry education in chemistry experimental teaching	Zhang, Kang-hua; Cao, Xiao-hua; Xie, Bao-hua; Tao, Chun-yuan	Shiyanshi Yanjiu Yu Tansuo, 29(5), 123-125, 139.	China
26.	2011	Environmental nasty surprise, post-normal science, and the troubled role of experts in sustainable democratic environmental decision making	Jeff Howard	Futures 43, 182–195	USA/Inglês
27.	2004	Environmental protection A Shifting Focus	J. Venselaar	Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 82(A12): 1549–1556	Holanda/ Inglês
28.	2011	Renewable energy and sustainable chemistry across the undergraduate chemistry curriculum	Pappenfus, T.M.; Carpenter, N.E.; Soderberg, TJ ; Power, C ; Koehn, RE ; Schmidt, JA	Abstracts of papers of the american chemical society Volume: 241 Meeting Abstract: 122-CHED	EUA/ Inglês
29.	2010	Facilitation of sustainable teaching and learning through analysis of natural water in the chemistry curriculum	Dowd, RB	Abstracts of papers of the american chemical society Volume: 239 Meeting Abstract: 258-CHED	USA/Ingles
30.	2010	Sustainable research, development and teaching in chemistry.	Barek, J	Chemicke listy Volume: 104 Issue: 3 Pages: 137-137	Republica checa/ Língua tcheca
31.	2009	CHED 21 -Sustainable chemistry in undergraduate education: Practice what we preach	Abhyankar, SB	Abstracts of papers of the american chemical society Volume: 238 Meeting Abstract: 21-CHED	
32.	2009	Chemistry Education for Socially Responsible and	Hunma, V Editor(s): GuptaBhowon, M;	Chemistry education in the ict age Pages: 377-392	

		Sustainable Development: What are the Challenges for a Developing Country?	JhaumeerLaulloo, S; Wah, HLK; Ramasami, P		
33.	2008	CHED 55-Is chemistry education sustainable?	Kirchhoff, MM	Abstracts of papers of the american chemical society Volume: 235 Meeting Abstract: 55-CHED	USA/Ingles
34.	2008	The renewable chemicals industry	Christensen, CH ; Rass-Hansen, J ; Marsden, CC ; Taarning, E ; Egeblad, K	Chemsuschem Volume: 1 Issue: 4 Pages: 283-289 DOI: 10.1002/cssc.200700168 Published: 2008	
35.	2006	Energy futures and green chemistry: competing for carbon	Steinfeld, JI	Sustainability science Volume: 1 Issue: 1 Pages: 123-126	EUA
36.	2000	Green chemistry laboratory for education and research in sustainable innovation.	Warner, JC	Abstracts of papers of the american chemical society Volume: 220 Pages: U178-U178 Part: Part 1 Meeting Abstract: 313-CHED	ingles

## APÊNDICE B

Tabela - Artigos classificados como Proposta de Experimentação em ensino, os respectivos autores e periódico classificados pelo ano de publicação e área de atuação

n.	Ano	Área	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade/ Língua de publicação
1.	1999		Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies	Mono M. Singh, Zvi Szafran and R. M. Pike	J. Chem. Educ., 76 (12), p 1684	EUA/Inglês
2.	2000	Orgânica	Green chemistry in the organic teaching laboratory: An environmentally benign synthesis of adipic acid	Reed SM; Hutchison JE	J. Chem. Educ., Volume: 77 Issue: 12 Pages: 1627-1629	EUA/Inglês
3.	2001	Orgânica	Solventless syntheses of mesotetraphenylporphyrin: new experiments for a greener organic chemistry laboratory curriculum	Marvin G. Warner, Gary L. Succaw and James E. Hutchison	Green Chem., 3, 267-270	EUA/Inglês
4.	2002	Orgânica	Chiral Compounds and Green Chemistry in Undergraduate Organic Laboratories: Reduction of a Ketone by Sodium Borohydride and Baker's Yeast	Nicola Pohl, Allen Clague and Kimberly Schwarz	J. Chem. Educ., 79 (6), p 727	EUA/Inglês
5.	2002	Orgânica	Aqueous-Phase Palladium-Catalyzed Coupling. A Green Chemistry Laboratory Experiment	Brandy A. Harper, J. Chance Rainwater, Kurt Birdwhistell and D. Andrew Knight	J. Chem. Educ., 79 (6), p 729	EUA/Inglês
6.	2003	Orgânica	Inserção do conceito de economia atômica no programa de uma disciplina de química orgânica experimental	Merat, Leila Maria Oliveira Coelho; San Gil, Rosane Aguiar da Silva	Quím. Nova 26(5): 779-781, ILUS, TAB.	Brasil/ Português
7.	2003	Demos- tração	Greening the Blue Bottle	Whitney E. Wellman and Mark E. Noble, Tom Healy	J. Chem. Educ., 80 (5), p 537	EUA/Inglês



8.	2003	Orgânica	Micelle-Mediated Extraction of Heavy Metals from Environmental Samples: An Environmental Green Chemistry Laboratory Experiment	Dimosthenis L. Giokas, Evangelos K. Paleologos and Miltiades I. Karayannis	J. Chem. Educ., 80 (1), p 61	Grécia/Inglês
9.	2004	Inorganic a	Microscale Syntheses, Reactions, and <sup>1</sup> H NMR Spectroscopic Investigations of Square Planar Macrocyclic Tetraamido-N Cu(III) Complexes Relevant to Green Chemistry	Erich S. Uffelman, Jonathan R. Doherty, Carl Schultze, Amy L. Burke, Kristen R. Bonnema, Tanya T. Watson and Daniel W. Lee III	J. Chem. Educ., 81 (2), p 182	EUA/Inglês
10.	2004	Inorg.	Microscale Syntheses, Reactions, and <sup>1</sup> H NMR Spectroscopic Investigations of Square Planar Macrocyclic Tetraamido-N Co(III) Complexes Relevant to Green Chemistry	Erich S. Uffelman, Jonathan R. Doherty, Carl Schulze, Amy L. Burke, Kristen R. Bonnema, Tanya T. Watson, and Daniel W. Lee,	J. Chem. Educ., Vol. 81 No. 3 Pag 325	EUA/Inglês
11.	2004	Orgânica	Patterning self-assembled monolayers on gold - Green materials chemistry in the teaching laboratory	McKenzie LC; Huffman LM; Parent KE; et al.	J. Chem. Educ. Volume: 81 Issue: 4 Pages: 545-548	EUA/Inglês
12.	2004	Orgânica	A simplified green chemistry approach to the Biginelli reaction using <u>_Grindstone Chemistry_</u>	Ajay K. Bose, Suhas Pednekar, Subhendu N. Ganguly, Goutam Chakraborty and Maghar S. Manhas	Tetrahedron Letters 45 8351-8353	EUA/Inglês
13.	2004	Orgânica	Solvent-Free Conversion of alpha-Naphthaldehyde to 1-Naphthoic Acid and 1-Naphthalenemethanol: Application of the Cannizzaro Reaction	John J. Esteb, Keith M. Gligorich, Stacy A. O'Reilly and Jeremy M. Richter	J. Chem. Educ., 81 (12), p 1794	EUA/Inglês

14.	2004	Orgânica	Solvent-Free Synthesis of Chalcones	Daniel R. Palleros	J. Chem. Educ., 81 (9), p 1345	EUA/Inglês
15.	2004	Orgânica	One-Pot Synthesis of 7-Hydroxy-3-carboxycoumarin in Water	Francesco Fringuelli, Oriana Piermatti and Ferdinando Pizzo	J. Chem. Educ., 81 (6), p 874	Itália/Inglês
16.	2004	Orgânica	Solvent-Free Wittig Reaction: A Green Organic Chemistry Laboratory Experiment	Sam H. Leung and Stephen A. Angel	J. Chem. Educ., 81 (10), p 1492	EUA/Inglês
17.	2004	Inorg.	Microscale Synthesis, Reactions, and (Super 1)H NMR Spectroscopic Investigations of Square Planar Macrocyclic, Tetramido-N Co(III) Complexes Relevant to Green Chemistry	Watson, Tanya T.; Uffelman, Erich S.; Lee, Daniel W., III; Doherty, Jonathan R.; Schulze, Carl; Burke, Amy L.; Bonnema, Kristen, R.	J. Chem. Educ., v81 n3 p325-329	EUA/Inglês
18.	2004		Some Exercises Reflecting Green Chemistry Concepts	Yu-min Song, Yong-cheng Wang and Zhi-yuan Geng	J. Chem. Educ., 81 (5), p 691	China/Inglês
19.	2004	Orgânica	Green chemical processing in the teaching laboratory: a convenient liquid CO <sub>2</sub> extraction of natural products	Lallie C. McKenzie, John E. Thompson, Randy Sullivan and James E. Hutchison	Green Chem., 6, 355-358	EUA/Inglês
20.	2005	Orgânica Com Métricas	The Evolution of a Green Chemistry Laboratory Experiment: Greener Brominations of Stilbene	Lallie C. McKenzie, Lauren M. Huffman and James E. Hutchison	J. Chem. Educ., 82 (2), p 306	EUA/Inglês
21.	2005	Orgânica	A Microwave-Assisted Reduction of Cyclohexanone Using Solid-State-Supported Sodium Borohydride	Lori L. White and Kevin W. Kittredge	J. Chem. Educ., 82 (7), p 1055	EUA/Inglês
22.	2005	Orgânica	Green Chemistry in Ethiopia: the cleaner extraction of essential oils from Artemisia afra: a comparison of clean	Nigist Asfaw, Peter Licence, Alexander A. Novitskii and Martyn	Green Chem., 7, 352-356	Etiópia/Inglês

			technology with conventional methodology	Poliakoff		
23.	2005	Orgânica	A Green Starting Material for Electrophilic Aromatic Substitution for the Undergraduate Organic Laboratory	Elizabeth A. Burtch, T. Michelle Jones-Wilson	J. Chem. Educ., 82 (4), p 616	EUA/Inglês
24.	2005	Orgânica	A Green Polymerization of Aspartic Acid for the Undergraduate Organic Laboratory	George D. Bennett	J. Chem. Educ., 82 (9), p 1380	EUA/Inglês
25.	2005	Físico Química	A Greener Approach for Measuring Colligative Properties	Sean M. McCarthy and Scott W. Gordon-Wylie	J. Chem. Educ., 82 (1), p 116	EUA/Inglês
26.	2005	Orgânica	A Template-Controlled Solid-State Reaction for the Organic Chemistry Laboratory	Tomislav Friscic, Tamara D. Hamilton, Giannis S. Papaefstathiou and Leonard R. MacGillivray	J. Chem. Educ., 82 (11), p 1679	EUA/Inglês
27.	2005	Com métricas	An approach towards teaching green chemistry fundamentals	Van Arnum SD	J. Chem. Educ., Volume: 82 Issue: 11 Pages: 1689-1692	EUA/Inglês
28.	2005	Orgânica	Green Chemistry Laboratory: Benign Synthesis of 4,6-Diphenyl[2,2']bipyridine via Sequential Solventless Aldol and Michael Addition Reactions	Colin L. Raston, Gareth W. V. Cave	J. Chem. Educ., 82 (3), p 468	Austrália/Inglês
29.	2006	Orgânica	Mannich Reactions in Room Temperature Ionic Liquids (RTILs): An Advanced Undergraduate Project of Green Chemistry and Structural Elucidation	Kendrew K. W. Mak, Jane Siu, Y. M. Lai and Pak-kei Chan	J. Chem. Educ., 83 (6), p 943	China/Inglês
30.	2006	Orgânica	Microwave-Assisted Synthesis of a Natural Insecticide on Basic	Matthew R. Dintzner, Paul R. Wucka and Thomas W.	J. Chem. Educ., 83 (2), p 270	EUA/Inglês

			Montmorillonite K10 Clay. Green Chemistry in the Undergraduate Organic Laboratory	Lyons		
31.	2006	Orgânica	Enantioselective Reduction by Crude Plant Parts: Reduction of Benzofuran-2-yl Methyl Ketone with Carrot ( <i>Daucus carota</i> ) Bits	Silvana Ravía , Daniela Gamenara , Valeria Schapiro , Ana Bellomo , Jorge Adum , Gustavo Seoane and David Gonzalez	J. Chem. Educ., 83 (7), p 1049	Uruguai/ Inglês
32.	2006	Orgânica	Environmentally Responsible Redox Chemistry: An Example of Convenient Oxidation Methodology without Chromium Waste	Robyn L. Crumbie	J. Chem. Educ., 83 (2), p 268	Austrália/ Inglês
33.	2006	Orgânica	A Greener Approach to Aspirin Synthesis Using Microwave Irradiation	Ingrid Montes , David Sanabria , Marilyn García , Joaquin Castro and Johanna Fajardo	J. Chem. Educ., 83 (4), p 628	Porto Rico/ Inglês
34.	2006	Orgânica	Synthesis of meso-Diethyl-2,2'-dipyrrromethane in Water. An Experiment in Green Organic Chemistry	Abilio J. F. N. Sobral	J. Chem. Educ., 83 (11), p 1665	Portugal/ Inglês
35.	2006	Orgânica	A Green Enantioselective Aldol Condensation for the Undergraduate Organic Laboratory	George D. Bennett	J. Chem. Educ., 83 (12), p 1871	EUA/Inglês
36.	2007	Orgânica	Oxidation of Aromatic Aldehydes Using Oxone	Rajani Gandhari, Padma P. Maddukuri and Thottumkara K. Vinod	J. Chem. Educ., 84 (5), p 852	EUA/Inglês
37.	2007	Orgânica	A Green Alternative to Aluminum Chloride Alkylation of Xylene	Grigoriy A. Sereda and Vikul B. Rajpara	J. Chem. Educ., 84 (4), p 692	EUA/Inglês
38.	2007	Orgânica	Greening Wittig Reactions: Solvent-Free Synthesis of Ethyl trans-Cinnamate and trans-3-(9-Anthryl)-2-Propenoic Acid Ethyl Ester	Kim Chi Nguyen and Haim Weizman	J. Chem. Educ., 84 (1), p 119	EUA/Inglês

39.	2008	Orgânica	"Greening Up" the Suzuki Reaction	Evangelos Aktoudianakis, Elton Chan, Amanda R. Edward, Isabel Jarosz, Vicki Lee, Leo Mui, Sonya S. Thatipamala and Andrew P. Dicks	J. Chem. Educ., 85 (4), p 555	Canadá/Inglês
40.	2008	Orgânica	Interdisciplinary Chemistry Experiment: An Environmentally Benign Extraction of Lycopene	Jie Zhu, Mingjie Zhang and Qingwei Liu	J. Chem. Educ., 85 (2), p 256	China/Inglês
41.	2008	Orgânica	The discovery-oriented approach to organic chemistry. 7. Rearrangement of trans-stilbene oxide with bismuth trifluoromethanesulfonate and other metal triflates - A microscale green organic chemistry laboratory experiment	Christensen James E.; Huddle Matthew G.; Rogers Jamie L.; et al.	J. Chem. Educ., Volume: 85 Issue: 9 Pages: 1274-1275	EUA/Inglês
42.	2008	Analítica	Total lipid extraction of food using d-limonene as an alternative to n-hexane	Virost Matthieu; Tomao Valerie; Ginies Christian; et al.	CHROMATOGRAPHIA Volume: 68 Issue: 3-4 Pages: 311-313	França/Inglês
43.	2008	Orgânica	Green chemistry tools to influence a medicinal chemistry and research chemistry based organisation	Kim Alfonsi, Juan Colberg, Peter J. Dunn, Thomas Fevig, Sandra Jennings, Timothy A. Johnson, H. Peter Kleine, Craig Knight, Mark A. Nagy, David A. Perry and Mark Stefaniak	Green Chem., 10, 31-36	EUA/Inglês
44.	2008	Orgânica	Ring-Opening Polymerization of Lactide To Form a Biodegradable Polymer	Jennifer L. Robert and Katherine B. Aubrecht	J. Chem. Educ., 85 (2), p 258	EUA/Inglês

45.	2008	Orgânica	Synthesis of Imidazolium Room-Temperature Ionic Liquids. Exploring Green Chemistry and Click Chemistry Paradigms in Undergraduate Organic Chemistry Laboratory	Sergei V. Dzyuba, Katherine D. Kollar and Salil S. Sabnis	J. Chem. Educ., 86 (7), p 856	EUA/Inglês
46.	2008	Orgânica com métricas	Cocrystal Controlled Solid-State Synthesis. A Green Chemistry Experiment for Undergraduate Organic Chemistry	Miranda L. Cheney and Michael J. Zaworotko, Steve Beaton and Robert D. Singer	J. Chem. Educ., 85 (12), p 1649	EUA/Inglês
47.	2008	Orgânica	Determination of the Formula of a Hydrate: A Greener Alternative	Marc A. Klingshirn, Allison F. Wyatt, Robert M. Hanson and Gary O. Spessard	J. Chem. Educ., 85 (6), p 819	EUA/Inglês
48.	2008	Orgânica	Teaching Sustainable Development Concepts in the Laboratory: A Solid-Liquid Extraction Experiment	Parajo, Juan Carlos; Dominguez, Herminia; Santos, Valentin; Alonso, Jose Luis; Garrote, Gil	J. Chem. Educ., v85 n7 p972-975	Espanha/Inglês
49.	2008	Analítica e Inorg.	Greener Alternative to Qualitative Analysis for Cations without H <sub>2</sub> S and Other Sulfur-Containing Compounds	Indu Tucker Sidhwani and Sushmita Chowdhury	J. Chem. Educ., 85 (8), p 1099	Índia/Inglês
50.	2008	Orgânica	A greener organic chemistry experiment: reduction of citronellal to citronellol using poly(methylhydro)siloxane	O'Brien Kathryn E.; Wicht Denyce K.	Green chemistry letters and reviews Volume: 1 Issue: 3 Pages: 149-154	EUA/Inglês
51.	2009	Orgânica	A Facile Solvent-Free Cannizzaro Reaction	Sonthi Phonchaiya and Bhinyo Panijpan, Shuleewan Rajviroongit, Joanne T.	J. Chem. Educ., 86 (1), p 85	Tailândia/Inglês

				Blanchfield, Tony Wright		
52.	2009	Orgânica	Comparing the Traditional with the Modern: A Greener, Solvent-Free Dihydropyrimidone Synthesis	Evangelos Aktoudianakis, Elton Chan, Amanda R. Edward, Isabel Jarosz, Vicki Lee, Leo Mui, Sonya S. Thatipamala and Andrew P. Dicks	J. Chem. Educ., 86 (6), p 730	Canadá/Inglês
53.	2009	Orgânica	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	Maria, Teresa M. R.; Nunes, Rui M. D.; Pereira, Mariette M.; Eusébio, M. Ermelinda S.	Quím. Nova 32(8): 2225-2229, ILUS, GRA, TAB.	Portugal/ Português
54.	2009	Analítica	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	Aragão, Nádia Machado de; Veloso, Márcia Cristina da Cunha; Andrade, Jailson Bittencourt de	Quím. Nova 32(9): 2476-2481	Brasil/ Português
55.	2009	Orgânica	Greener "Solutions" for the Organic Chemistry Teaching Lab: Exploring the Advantages of Alternative Reaction Media	MaKenzie Lallie C.; Huffman Lauren M.; Hutchison James E.; et al.	J. Chem. Educ., Volume: 86 Issue: 4 Pages: 488-493	EUA/Inglês
56.	2009	Analítica	Greening Up Auto Part Manufacturing: A Collaboration between Academia and Industry	Kneas Kristi A.; Armstrong Drew L.; Brank Alice R.; et al.	J. Chem. Educ., Volume: 86 Issue: 2 Pages: 212-215	EUA/Inglês
57.	2009	Orgânica	A Green Multicomponent Reaction for the Organic Chemistry Laboratory.	Matthew M. Hooper and Brenton DeBoef	J. Chem. Educ., 86 (9), p 1077	EUA/Inglês

			The Aqueous Passerini Reaction			
58.	2009	Orgânica	Oxidação do borneol à cânfora com água sanitária - um experimento simples, de baixo custo e limpo	Santos, Ana Paula Bernardo dos; Gonçalves, Idila Rafaela Carvalho; Pais, Karla Ceodaro; Martinez, Sabrina Teixeira; Lachter, Elizabeth Roditi; Pinto, Angelo C.	Quím. Nova 32(6): 1667-1669	Brasil/Português
59.	2009	Orgânica	Palladium-Catalyzed Synthesis of a Benzofuran: A Case Study in the Development of a Green Chemistry Laboratory Experiment	Gary L. Succaw and Kenneth M. Doxsee	Educación química de aniversario, 433-440	EUA/Inglês
60.	2010	Orgânica	Green, Enzymatic Syntheses of Divanillin and Diapocynin for the Organic, Biochemistry, or Advanced General Chemistry Laboratory	Rachel T. Nishimura, Chiara H. Giammanco and David A. Vosburg	J. Chem. Educ., 2010, 87 (5), pp 526-527	EUA/Inglês
61.	2010	Analítica	Microwave Instruments: Green Machines for Green Chemistry?	Edward P. Zovinka and Anne E. Stock	J. Chem. Educ., 87 (4), pp 350-352	EUA/Inglês
62.	2010	Orgânica Com Métricas	Ionic Liquids and Green Chemistry: A Lab Experiment	Annegret Stark, Denise Ott, Dana Kralisch, Guenter Kreisel and Bernd Ondruschka	J. Chem. Educ., 87 (2), pp 196-201	Alemanha/Inglês
63.	2010	Orgânica	Methylation of 2-Naphthol Using Dimethyl Carbonate under Continuous-Flow Gas-Phase Conditions	Pietro Tundo, Anthony E. Rosamilia, and Fabio Aricò	J. Chem. Educ., 87 (11), pp 1233-1235	Itália/Inglês
64.	2010	Orgânica	A Green, Enantioselective Synthesis of Warfarin for the Undergraduate Organic Laboratory	Terence C. Wong, Camille M. Sultana and David A. Vosburg	J. Chem. Educ., 87 (2), pp 194-195	EUA/Inglês
65.	2010	Inorg.	Using the Chemistry of Fireworks To Engage	Georg Steinhauser, Thomas M.	J. Chem. Educ., 87 (2), pp 150-	Áustria/Inglês



			Students in Learning Basic Chemical Principles: A Lesson in Eco-Friendly Pyrotechnics	Klapötke	156	
66.	2010	Orgânica	pH-Controlled Oxidation of an Aromatic Ketone: Structural Elucidation of the Products of Two Green Chemical Reactions	C. Eric Ballard	J. Chem. Educ., 87 (2), pp 190–193	EUA/Inglês
67.	2010	Físico química	How "Green" Is Your Fuel? Creation and Comparison of Automotive Biofuels	Wagner, Eugene P.; Koehle, Maura A.; Moyle, Todd M.; Lambert, Patrick D.	J. Chem. Educ, v87 n7 p711-713	EUA/Inglês
68.	2010	Orgânica	Foam Fractionation of Lycopene: An Undergraduate Chemistry Experiment	Wang, Yan; Zhang, Mingjie; Hu, Yongliang	J. Chem. Educ, v87 n5 p510-511	China/Inglês
69.	2010	Orgânica	Obtención de alquenos aplicando los principios de la química verde	J. Gustavo Ávila-Zárraga, Susana Cano e Irma Gavilán-García	Educ. quím., 21(2), 183-189(3ª forros)	México/Espanhol
70.	2011	Orgânica	Qualitative Organic Analysis: An Efficient, Safer, and Economical Approach to Preliminary Tests and Functional Group Analysis	Dhingra Sunita; Angrish Chetna	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 5 Pages: 649-651	Índia/Inglês
71.	2011	Orgânica	Simple Microwave-Assisted Claisen and Dieckmann Condensation Experiments for the Undergraduate Organic Chemistry Laboratory .	Horte Javier E	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 7 Pages: 1014-1015	EUA/Inglês
72.	2011	Orgânica	Recycling of Waste Acetone by Fractional Distillation	Nicholas A. Weires, Aubrey Johnston, Don L. Warner, Michael M. McCormick, Karen	J. Chem. Educ., 88 (12), pp 1724–1726	EUA/Inglês

				Hammond, and Owen M. McDougal		
73.	2011	Orgânica	A Simple, Safe Method for Preparation of Biodiesel	Behnia Mahin S.; Emerson David W.; Steinberg Spencer M.; et al.	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 9 Pages: 1290-1292	EUA/Inglês
74.	2011	Físico Química	Demonstrating the Temperature Dependence of Density via Construction of a Galilean Thermometer	Priest Marie A.; Padgett Lea W.; Padgett Clifford W.	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 7 Pages: 983-985	EUA/Inglês
75.	2011	Físico Química	Synthesis of Copper Pigments, Malachite and Verdigris: Making Tempera Paint	Sally D. Solomon, Susan A. Rutkowsky, Megan L. Mahon, and Erica M. Halpern	J. Chem. Educ., 88 (12), pp 1694-1697	EUA/Inglês
76.	2011	Orgânica	Solvent-Free Synthesis of 2,2'-Dinitrobiphenyl: An Ullmann Coupling in the Introductory Organic Laboratory	Gregor Richard W.; Goj Laurel A.	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 3 Pages: 331-333	EUA/Inglês
77.	2011	Orgânica	Solventless and One-Pot Synthesis of Cu(II) Phthalocyanine Complex: A Green Chemistry Experiment	R. K. Sharma, Chetna Sharma, and Indu Tucker Sidhwani	J. Chem. Educ., 88 (1), pp 86-87	Índia/Inglês
78.	2011	Orgânica	Recycling of Waste Acetone by Fractional Distillation	Nicholas A. Weires, Aubrey Johnston, Don L. Warner, Michael M. McCormick, Karen Hammond, and Owen M. McDougal	J. Chem. Educ., 88 (12), pp 1724-1726	EUA/Inglês
79.	2011	Orgânica	Chemoselective Reactions of Citral: Green Syntheses of Natural Perfumes for the Undergraduate Organic Laboratory	Cunningham Anna D.; Ham Eun Y.; Vosburg David A.	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 3 Pages: 322-324	EUA/Inglês

80.	2011	Físico química	Demonstration of a Runaway Exothermic Reaction: Diels–Alder Reaction of (2E,4E)-2,4-Hexadien-1-ol and Maleic Anhydride	Brendon A. Parsons and Veljko Dragojlovic	J. Chem. Educ., 88 (11), 1553–1557	EUA/Inglês
81.	2011	Análítica	Determination of Mercury in Milk by Cold Vapor Atomic Fluorescence: A Green Analytical Chemistry Laboratory Experiment	Sergio Armenta and Miguel de la Guardia	J. Chem. Educ., 88 (4), pp 488–491	Espanha/Inglês
82.	2011	Orgânica	Oxidation of Cyclohexene to trans-1,2-Cyclohexanediol Promoted by p-Toluenesulfonic Acid without Organic Solvents	Rosatella Andreia A.; Afonso Carlos A. M.; Branco Luis C.	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 7 Pages: 1002-1003	Portugal/Inglês
83.	2011	Orgânica	Microwave-Assisted Synthesis of N-Phenylsuccinimide	Shell Thomas A.; Shell Jennifer R.; Poole Kathleen A.; et al.	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 10 Pages: 1439-1441	EUA/Inglês
84.	2011	Físico Química	The Equilibrium Constant for Bromothymol Blue: A General Chemistry Laboratory Experiment Using Spectroscopy	Klotz Elsbeth; Doyle Robert; Gross Erin; et al.	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 5 Pages: 637-639	EUA/Inglês
85.	2011	Orgânica e Inorg.	Green Reductive Homocoupling of Bromobenzene	C. Eric Ballard	J. Chem. Educ., 88 (8), pp 1148–1151	EUA/Inglês
86.	2011	Orgânica	Green Synthesis of a Fluorescent Natural Product	Young Douglas M.; Welker Jacob J. C.; Doxsee Kenneth M.	J. Chem. Educ., Volume: 88 Issue: 3 Pages: 319-321	EUA/Inglês
87.	2011	Orgânica	A Greener Chemiluminescence Demonstration	Osman Jilani, Trisha M. Donahue, and Miguel O. Mitchell	J. Chem. Educ., 88 (6), pp 786–787	EUA/Inglês
88.	2011	Orgânica com	Importância da logística	Machado, Adélio A. S. C	Quím. Nova 34(7): 1291-	Portugal/Português

		Métricas	da via de síntese em Química Verde		1297	
89.	2011	Analítica	Microscale chemistry-based design of eco-friendly, reagent-saving and efficient pharmaceutical analysis: A miniaturized Volhard's titration for the assay of sodium chloride	Theerasak Rojanarata, Krissadecha Sumran, Paksupang Nateetaweewat, Weerapath Winotapun, Sirarat Sukpisit, Praneet Opanasopit, Tanasait Ngawhirunpat	Talanta 85 1324-1329	Tailândia/ Inglês
90.	2012	Físico Química	Microchemical and microelectrochemical synthesis of copper(II) acetate starting from vinegar: a green chemistry approach/  Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre(II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde	Arroyo-Carmona, Rosa Elena; Bernes, Sylvain; Gonzalez-Vergara, Enrique; Mendez-Rojas, Miguel Angel; Perez-Benitez, Aaron	Educacion Quimica 23 (Extrao.1), 1 27-135.	México/ Espanhol
91.	2012	Orgânica	Synthesis of Ethyl Nalidixate: A Medicinal Chemistry Experiment	Leslie Ray; Leeb Elaine; Smith Robert B.	J. Chem. Educ., Volume: 89 Issue: 1 Pages: 144-146	Reino Unido/ Inglês
92.	2012	Bio química	Releasing Stored Solar Energy within Pond Scum: Biodiesel from Algal Lipids	Blatti Jillian L.; Burkart Michael D.	J. Chem. Educ., Volume: 89 Issue: 2 Pages: 239-242	EUA/Inglês
93.	2012	Analítica	A Multicomponent UV Analysis of alpha- and beta-Acids in Hops	Egts Haley; Durben Dan J.; Dixson John A.; et al.	J. Chem. Educ., Volume: 89 Issue: 1 Pages: 117-120	EUA/Inglês
94.	2012	Inorg.	Metalloporphyrins as Oxidation Catalysts: Moving Toward "Greener" Chemistry in the Inorganic Chemistry Laboratory	Clark Rose A.; Stock Anne E.; Zovinka Edward P.	J. Chem. Educ., Volume: 89 Issue: 2 Pages: 271-275	EUA/Inglês

95.	2012	Bio química	The Nose Knows: Biotechnological Production of Vanillin	Winter Remko T.; van Beek Hugo L.; Fraaije Marco W.	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 2 Pages: 258-261	Holanda/ Inglês
96.	2012	Orgânica	Biomassa em aula prática de Química Orgânica Verde: cravo-da-índia como fonte simultânea de óleo essencial e de furfural/ Biomass in undergraduate Green Organic Chemistry experiment: essential oil and furfural from clove bud	Cunha, Silvio; Lustosa, Danilo Machado; Conceição, Nathan Dias; Fascio, Miguel; Magalhães, Vinícius	Quím. Nova 35(3): 638-641, ILUS, TAB.	Brasil /Português
97.	2012	Orgânica	Síntese da Epoxone a partir de D-frutose: um experimento didático em laboratório de Química Orgânica com foco nos princípios da Química Verde/ Synthesis of Epoxone from D-fructose: a didactic experiment for organic chemistry laboratory courses focusing on green chemistry principles	Bisol, Tula Beck; Marques, Marcelo Volpatto; Rossa, Thaís Andreia; Nascimento, Maria da Graça; Sá, Marcus Mandolesi	Quím. Nova 35(6): 1260-1263, ILUS.	Brasil /Português
98.	2012	Orgânica	Reações multicomponentes de biginelli e de mannich nas aulas de química orgânica Experimental. Uma abordagem didática de conceitos da química verde	Marcelo Volpatto Marques, Tula Beck Bisol e Marcus Mandolesi Sá	Quim. Nova, Vol. 35, No. 8, 1696-1699	Brasil /Português
99.	2012	Orgânica	Biomassa em aula prática de química orgânica verde: cravo-da-índia como fonte Simultânea de óleo essencial e de furfural	Silvio Cunha, Danilo Machado Lustosa e Nathan Dias Conceição	Quim. Nova, Vol. 35, No. 3, 638-641	Brasil /Português
100.	2012	Orgânica	Redução enzimática do 4-(dimetilamino) benzaldeído com pedaços	Álvaro Takeo Omori, Viviane Barbosa Portas e	Quim. Nova, Vol. 35, No. 2, 435-437	Brasil /Português

			de cenoura ( <i>Daucus carota</i> ): um experimento simples na compreensão da biocatálise	Camila de Souza de Oliveira		
101.	2012	Orgânica	Adição de anilinas à naftoquinona em água e em fase sólida/ Addition of amines to naphthoquinone in water and solid phase	Martinez, Sabrina T.; Silva, Bárbara V.; Pinto, Angelo C.; Ferreira, Vitor F.; Silva, Fernando de Carvalho da	Quím. Nova 35(4): 858-860, ILUS.	Brasil /Português
102.	2012	Orgânica	Condensação de Knoevenagel de aldeídos aromáticos com o ácido de Meldrum em água: uma aula experimental de Química Orgânica Verde/ Knoevenagel condensation of aromatic aldehydes with Meldrum's acid in water: an experimental class on Green Organic Chemistry	Cunha, Silvio; Santana, Lourenço Luis Botelho de	Quím. Nova 35(3): 642-647, ILUS, GRA, TAB.	Brasil /Português
103.	2012	Físico Química	Preparation of Gold Nanoparticles Using Tea: A Green Chemistry Experiment	R. K. Sharma, Shikha Gulati, and Shilpa Mehta	J. Chem. Educ., 89 (10), pp 1316–1318	Índia/inglês
104.	2012	Orgânica	Discovering Green, Aqueous Suzuki Coupling Reactions: Synthesis of Ethyl (4-Phenylphenyl)acetate, a Biaryl with Anti-Arthritic Potential	Nancy E. Costa, Andrea L. Pelotte, Joseph M. Simard, Christopher A. Syvinski, and Amy M. Deveau	J. Chem. Educ., 89 (8), pp 1064–1067	EUA/inglês
105.	2012	Orgânica e Inorg.	Synthesis of Well-Defined Copper N-Heterocyclic Carbene Complexes and Their Use as Catalysts for a “Click Reaction”: A Multistep Experiment That Emphasizes the Role of Catalysis in	Elon A. Ison and Ana Ison	J. Chem. Educ., 89 (12), pp 1575–1577	EUA/inglês

			Green Chemistry			
106.	2012	Orgânica	The Petasis Reaction: Microscale Synthesis of a Tertiary Amine Antifungal Analog	Katherine J. Koroluk , Derek A. Jackson , and Andrew P. Dicks	J. Chem. Educ., 89 (6), pp 796–798	Canadá/inglês
107.	2012	Orgânica	Green Oxidation of Menthol Enantiomers and Analysis by Circular Dichroism Spectroscopy: An Advanced Organic Chemistry Laboratory	H. Cristina Geiger and James S. Donohoe	J. Chem. Educ., 89 (12), pp 1572–1574	EUA/inglês
108.	2012	Orgânica	Supercritical Fluid Extraction versus Traditional Solvent Extraction of Caffeine from Tea Leaves: A Laboratory-Based Case Study for an Organic Chemistry Course	Peter M. Schaber, Judith E. Larkin, Harvey A. Pines, Kelly Berchou, Elizabeth Wierchowski, Andrew Marconi, and Allison Suriani	J. Chem. Educ., 2012, 89 (10), pp 1327–1330	EUA/inglês
109.	2012		A green chemistry approach to synthesize CTAB templated silica xerogels from sodium silicate	Pirzada, Tahira; Demirdoogen, Ruken Esra; Shah, Syed Sakhawat	Journal of the Chemical Society of Pakistan 34(1), 177-183.	Paquistão/inglês
110.	2012	Orgânica	"In situ" extraction of essential oils by use of Dean-Stark glassware and a Vigreux column inside a microwave oven: a procedure for teaching green analytical chemistry	Chemat, Farid; Perino-Issartier, Sandrine; Petitcolas, Emmanuel; et al.	Analytical and bioanalytical chemistry Volume: 404 Issue: 3 Pages: 679-682	França/inglês
111.	2012	Orgânica	A Sustainable Protocol for the Aqueous Multicomponent Petasis Borono-Mannich Reaction	Candeias, NR; Paterna, R; Cal, PMSD; Gois, PMP.	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 6 Pages: 799-802	Portugal/inglês
112.	2012	Orgânica	Synthesis of Bisphenol Z: An Organic Chemistry Experiment	Gregor, RW (Gregor, Richard W.)	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 5 Pages: 669-671	EUA/inglês
113.	2012	Orgânica	The Cyclohexanol Cycle	Dintzner,	J. Chem. Educ.	EUA/inglês

			and Synthesis of Nylon 6,6: Green Chemistry in the Undergraduate Organic Laboratory	Matthew R.; Kinzie, Charles R.; Pulkrabek, Kimberly; Arena, Anthony F.	89(2), 262-264.	
114.	2012	Orgânica	Evaluating Sustainability: Soap versus Biodiesel Production from Plant Oils	Nicola L. B. Pohl, Jennifer M. Streff, and Steve Brokman	J. Chem. Educ., 89 (8), pp 1053–1056	EUA/inglês
115.	2013	Orgânica	Aerobic Alcohol Oxidation Using a Copper(I)/tempo Catalyst System: A Green, Catalytic Oxidation Reaction for the Undergraduate Organic Chemistry Laboratory	Nicholas J. Hill, Jessica M. Hoover, and Shannon S. Stahl	J. Chem. Educ., 90 (1), pp 102–105	EUA/inglês
116.	2013	Analítica	A Simple Paper-Based Microfluidic Device for the Determination of the Total Amino Acid Content in a Tea Leaf Extract	Longfei Cai, Yuning Wu, Chunxiu Xu, and Zefeng Chen	J. Chem. Educ., 90 (2), pp 232–234	China/inglês
117.	2013	Orgânica	Síntese e hidrólise de azalactonas de erlenmeyer-plöchl mediadas por radiação Micro-ondas em aparelhos doméstico e dedicado: experimentos de química orgânica Para a graduação	Silvio Cunha, Raimundo Francisco dos Santos Filho e Valéria Belli Riatto, Glauber Antonio Albuquerque Dourado	Quim. Nova, Vol. 36, No. 1, 190-194	Brasil/português
118.	2013	Orgânica	A Green Approach To Separate Spinach Pigments by Column Chromatography	Aubrey Johnston, Jon Scaggs, Chris Mallory, Andrea Haskett, Don Warner, Eric Brown, Karen Hammond, Michael M. McCormick, and Owen M. McDougal	J. Chem. Educ., 90 (6), pp 796–798	EUA/Inglês
119.	2013	Analítica	Fitting It All In: Adapting a Green Chemistry Extraction Experiment for Inclusion	Buckley, Heather L.; Beck, Annelise R.; Mulvihill,	J. Chem. Educ, v90 n6 p771-774	EUA/Inglês



			in an Undergraduate Analytical Laboratory	Martin J.; Douskey, Michelle C.		
120.	2013	Orgânica	“Click” and Olefin Metathesis Chemistry in Water at Room Temperature Enabled by Biodegradable Micelles	Bruce H. Lipshutz , Zarko Bošković , Christopher S. Crowe, Victoria K. Davis, Hannah C. Whittemore, David A. Vosburg, and Anna G. Wenzel	J. Chem. Educ., 90 (11), pp 1514–1517	EUA/Inglês
121.	2013	Orgânica	An Operationally Simple Aqueous Suzuki–Miyaura Cross-Coupling Reaction for an Undergraduate Organic Chemistry Laboratory	Alaina E. Hamilton , Audrey M. Buxton , Christopher J. Peeples , and Justin M. Chalker	J. Chem. Educ., 90 (11), pp 1509–1513	EUA/Inglês
122.	2013	Orgânica	Green Oxidative Homocoupling of 1-Methylimidazole	C. Eric Ballard	J. Chem. Educ., 90 (10), pp 1368–1372	EUA/Inglês
123.	2013	Orgânica	A Two-Step Synthesis of the Laundry Detergent Perfume Additive $\beta$ -Citronellyl Tosylate	Cheryl M. Mascarenhas	J. Chem. Educ., 2013, 90 (9), pp 1231–1234	EUA/Inglês
124.	2013	Análítica	Substitution of Mercury Electrodes by Bismuth-Coated Screen-Printed Electrodes in the Determination of Quinine in Tonic Water	Alberich, A; Serrano, N; Diaz-Cruz, JM; Arino, C; Esteban, M	J. Chem. Educ. Volume: 90 Edição: 12 Páginas: 1681-1684	Espanha/ Inglês
125.	2013	Orgânica	Solvent-Free Synthesis and Fluorescence of a Thiol-Reactive Sensor for Undergraduate Organic Laboratories	Patterson, A.L. ; May, M.D.; Visser, B.J. ; Kislukhin, A.A.; Vosburg, D.A.	J. Chem. Educ. Volume: 90 Edição: 12 Páginas: 1685-1687	EUA/Inglês
126.	2013	Análítica e Orgânica	Batch and Flow Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) from Fructose as a Bioplatfrom Intermediate: An Experiment for the Organic or Analytical	Simeonov, S.P.; Afonso, C.A.M.	J. Chem. Educ Volume: 90 Edição: 10 Páginas: 1373-1375	Portugal/ Inglês

			Laboratory			
127.	2013	Orgânica	Synthesis of Imidazolium Room-Temperature Ionic Liquids: A Follow-Up to the Procedure of Dzyuba, Kollar, and Sabnis	Williamson, CL; Maly, KE; MacNeil, SL	J. Chem. Educ. Volume: 90 Edição: 6 Páginas: 799-801	Canadá/Inglês
128.	2014	Orgânica	Green Chemistry Decision-Making in an Upper-Level Undergraduate Organic Laboratory	Landon J. G. Edgar , Katherine J. Koroluk , Mehrnaz Golmakani , and Andrew P. Dicks	J. Chem. Educ., Article ASAP Publication Date (Web): April 18	EUA/Inglês
129.	2014	Orgânica	Green Aqueous Wittig Reaction: Teaching Green Chemistry in Organic Teaching Laboratories	Layne A. Morsch, Leanne Deak , Dyllan Tiburzi , Harrison Schuster , and Brittney Meyer	J. Chem. Educ., 91 (4), pp 611–614	EUA/Inglês

## APÊNDICE C

Tabela - Artigos de propostas experimentais didática, autores e periódico classificados pelo ano de publicação

n.	Ano	Área	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	2005		Introducing undergraduates to green chemistry: an interactive teaching exercise	Steven Grant, Andrew A. Freer, John M. Winfield, Craig Gray and David Lennon	Green Chem., 7, 121-128	Reino Unido /Inglês
2.	2006		Teaching lab report writing through inquiry: A green chemistry stoichiometry experiment for general chemistry	Cacciatore KL; Sevian H	J. Chem. Educ. Volume: 83 Issue: 7 Pages: 1039-1041	EUA/Inglês
3.	2006		The challenge to develop CFC (chlorofluorocarbon) replacements: a problem based learning case study in green chemistry	Alan Heaton, Simon Hodgson, Tina Overton and Richard Powell	Chem. Educ. Res. Pract., 7, 280-287	Reino Unido /Inglês
4.	2008	Orgânica	Solvent free microwave extraction of essential oils - Green chemistry in the teaching laboratory	Ferhat Mohamed A.; Meklati Brahim Y.; Visinoni Franco; et al.	Chimica oggi-chemistry today Volume: 26 Issue: 2 Pages: 48-50	Argélia/ Inglês
5.	2008	Química geral	Connecting Solubility, Equilibrium, and Periodicity in a Green, Inquiry Experiment for the General Chemistry Laboratory	Kristen L. Cacciatore, Jose Amado and Jason J. Evans, Hannah Sevian	J. Chem. Educ., 85 (2), p 251	EUA/Inglês
6.	2008	Orgânica	A Green, Guided-Inquiry Based Electrophilic Aromatic Substitution for the Organic Chemistry Laboratory	Eric Eby and S. Todd Deal	J. Chem. Educ., 85 (10), p 1426	EUA/Inglês
7.	2009	Educação	Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de	Flavio A. Maximiano, Paola Corio, Paulo Alves Porto y Carmen Fernandez	Educación química -de aniversario, 398-404	Brasil/ Português

			graduação em Química da Universidade de São Paulo			
8.	2010	Orgânica	The Question-Driven Laboratory Exercise: A New Pedagogy Applied to a Green Modification of Grignard Reagent Formation and Reaction	Jennifer M. Teixeira, Jessie Nedrow Byers, Marilu G. Perez and R. W. Holman	J. Chem. Educ., 87 (7), pp 714–716	EUA/Inglês
9.	2010	Orgânica	Rapid and Convenient Synthesis of the 1,4-Dihydropyridine Privileged Structure	Lawrence L. W. Cheung, Sarah A. Styler and Andrew P. Dicks	J. Chem. Educ., 87 (6), pp 628–630	Canadá/Inglês
10.	2011		JCE Classroom Activity #110: Artistic Anthocyanins and Acid_Base	Jenna Lech and Vladimir Dounin	J. Chem. Educ. 88, 1684–1686	Canadá/Inglês
11.	2011	Orgânica	Oxidation of Borneol to Camphor Using Oxone and Catalytic Sodium Chloride: A Green Experiment for the Undergraduate Organic Chemistry Laboratory	Lang Patrick T.; Harned Andrew M.; Wissinger Jane E.	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 5 Pages: 652-656	EUA/Inglês
12.	2012	Com métricas	Choosing the Greenest Synthesis: A Multivariate Metric Green Chemistry Exercise	Mercer Sean M.; Andraos John; Jessop Philip G.	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 2 Pages: 215-220	Canadá/Inglês
13.	2012	Análítica	Exploring the potential for using inexpensive natural reagents extracted from plants to teach chemical analysis	Supaporn Kradtap Hartwell	Chem. Educ. Res. Pract., 13, 135–146	EUA/Inglês
14.	2012	Orgânica	A Research-Based Undergraduate Organic Laboratory Project: Investigation of a One-Pot, Multicomponent, Environmentally Friendly Prins-Friedel-Crafts-Type Reaction	Dintzner Matthew R.; Maresh Justin J.; Kinzie Charles R.; et al.	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 2 Pages: 265-267	EUA/Inglês
15.	2012	Com métricas	Sustainable production of chemicals – an	Marco Eissen	Chem. Educ. Res.	Alemanha/Inglês

			educational perspective		Pract., 13(2), 103– 111	
16.	2012		Introducing education for sustainable development in the undergraduate laboratory: quantitative analysis of bioethanol fuel and its blends with gasoline by using solvatochromic dyes	Paula D. Galgano, Carina Loffredo, Bruno M. Sato, Christian Reichardt and Omar A. El Seoud	Chem. Educ. Res. Pract., 13, 147-153	Brasil/Inglês
17.	2012	Orgânica	The Cyclohexanol Cycle and Synthesis of Nylon 6,6: Green Chemistry in the Undergraduate Organic Laboratory	Dintzner Matthew R.; Kinzie Charles R.; Pulkrabek Kimberly; et al.	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 2 Pages: 262-264	EUA/Inglês
18.	2012	Orgânica	Nitration of Phenols Using Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> : Green Chemistry Laboratory Experiment	Yadav Urvashi; Mande Hemant; Ghalsasi Prasanna	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 2 Pages: 268-270	Índia/Inglês
19.	2012	Educação	An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching	Mareike Burmeister and Ingo Eilks	Chem. Educ. Res. Pract., 13(2), 93–102	Alemanha/Inglês
20.	2012	Orgânica	A Multistep Synthesis Incorporating a Green Bromination of an Aromatic Ring	Cardinal, P (Cardinal, Pascal) <sup>[11]</sup> ; Greer, B (Greer, Brandon) <sup>[11]</sup> ; Luong, H (Luong, Horace) <sup>[11]</sup> ; Tyagunova, Y (Tyagunova, Yevgeniya) <sup>[11]</sup>	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 8 Pages: 1061-1063	Canadá/Inglês
21.	2012	Orgânica	Synthesis of a Near-Infrared Emitting Squaraine Dye in an Undergraduate Organic Laboratory	): Marks, P (Marks, Patrick) <sup>[11]</sup> ; Levine, M (Levine, Mindy	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 9 Pages: 1186-1189	EUA/Inglês
22.	2012	Educação e	Integrating sustainable	Montanes, M. T.;	Chemistry Education	Espanha/Inglês

		Engenharia	development in chemical engineering education: the application of an environmental management system	Palomares, A. E.; Sanchez-Tovar, R.	Research and Practice, 13 (2), 128-134.	
23.	2012	Educação com métrica	Sustainable production of chemicals - an educational perspective	Eissen, Marco	Chemistry Education Research and Practice 13(2), 103-111.	Alemanha/ Inglês
24.	2012		Fostering Pre-Service Teachers' Self-Determined Environmental Motivation through Green Chemistry Experiments	Karpudewan, Mageswary; Ismail, Zurida; Roth, Wolff-Michael	Journal of Science Teacher Education, v23 n6 p673-696	Malásia/ Inglês
25.	2012	Físico química	A Hands-On Approach to Teaching Environmental Awareness and Pollutant Remediation to Undergraduate Chemistry Students	Salman Ashraf, S.; Rauf, M. A.; Abdullah, Fatema H.	Research in Science & Technological Education, v30 n2 p173-184	Emirados Árabes Unidos /Inglês
26.	2012	Educação ambiental	Promoting Pro-Environmental Attitudes and Reported Behaviors of Malaysian Pre-Service Teachers Using Green Chemistry Experiments	Karpudewan, Mageswary; Ismail, Zurida; Roth, Wolff-Michael	Environmental Education Research, v18 n3 p375-389	Malásia/ inglês
27.	2013	Educação	German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development—An interview case study	Mareike Burmeister, Sabine Schmidt-Jacob and Ingo Eilks	Chem. Educ. Res. Pract., Advance Article	Alemanha/ Inglês
28.	2013		Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química	Luciane Fernandes de Goes, Sérgio Henrique Leal, Paola Corio, Carmen Fernandez	Educ. quím., 24 (núm. extraord. 1), 113-123	Brasil/ Espanhol

29.	2013		Addressing environmental issues: the contribution of teacher-trainers of chemistry teaching curricular components/a abordagem de questões ambientais: contribuições de formadores de professores de componentes curriculares da área de ensino de química	Marques, CA (Marques, Carlos Alberto); da Silva, RMG (Ghisolfi da Silva, Rejane Maria); Goncalves, FP (Goncalves, Fabio Peres); Fernandes, CD (Fernandes, Carolina dos Santos); Sangiogo, FA (Sangiogo, Fabio Andre); Regiani, AM (Regiani, Anelise Maria)	QUIMICA NOVA Volume: 36 Edição: 4 Páginas: 600-606	Brasil/ Português
30.	2013	Educação	Sustentabilidade ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no Brasil/ Environmental sustainability: a study involving chemical researchers in Brazil	Carlos Alberto Marques; Fábio Peres Gonçalves e Santiago Francisco Yunes; Adélio A. S. C. Machado	Quím. Nova vol.3 6 no.6	Brasil/ Português

## APÊNDICE D

Tabela - Artigos classificados como Currículo, autores e periódico classificados pelo ano de publicação

n.	Ano	Área	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	1995		Introducing green chemistry in teaching and research	Collins TJ	J. Chem. Educ. Volume: 72 Issue: 11 Pages: 965-966	EUA/ Inglês
2.	2000		A course in environmentally conscious chemical process design	Brennecke JF; Stadtherr MA	Computers & chemical engineering Volume: 24 Issue: 2-7 Pages: 1375-1380	EUA /Inglês
3.	2000		Environmental chemistry education for the 21st Century	Tanaka H	Journal of the indian chemical society Volume: 77 Issue: 11-12 Pages: 531-538	Japão/ inglês
4.	2001		Teaching green chemistry. Third-year-level module and beyond	Raston CL; Scott JL	Pure and applied chemistry Volume: 73 Issue: 8 Pages: 1257-1260	Austrália/ Inglês
5.	2001		Greening the curriculum. American Chemical Society education programs	Ware A.S.	PURE AND APPLIED CHEMISTRY Volume: 73 Issue: 8 Pages: 1247-1250	EUA /Inglês
6.	2002		Science studies and activism: Possibilities and problems for reconstructivist agendas	Woodhouse E; Hess D; Breyman S; et al.	Social studies of science Volume: 32 Issue: 2 Pages: 297-319	EUA /Inglês



7.	2002	Engenharia	A course in environmentally conscious chemical process engineering	Brennecke JF; Stadtherr M.A.	Computers & chemical engineering Volume: 26 Issue: 2 Pages: 307-318 Article Number: PII S0098-1354(01)00748-7	EUA /Inglês
8.	2003	Engenharia	Green Engineering Education through a U.S. EPA/Academia Collaboration	David R. Shonnard, David T. Allen, Nhan Nguyen, Sharon Weil Austin, and Robert Hesketh	Environ. Sci. Technol., 37 (23), pp 5453-5462	EUA /Inglês
9.	2003	Engenharia	Sustainability Science and Engineering: The Emergence of a New Metadiscipline	James R. Mihelcic, John C. Crittenden, Mitchell J. Small, David R. Shonnard, David R. Hokanson, Qiong Zhang, Hui Chen, Sheryl A. Sorby, Valentine U. James, John W. Sutherland, and Jerald L. Schnoor	Environ. Sci. Technol., 37 (23), pp 5314-5324	EUA /Inglês
10.	2003	Engenharia	Forty-nine shades of green: ecology and sustainability in the academic formation of engineers	David J. Painter	Ecological Engineering 20 267_/273	Nova Zelândia/ Inglês
11.	2004	Engenharia	A Program to Help in Designing Courses to Integrate Green Engineering Subjects	Robert P. Hesketh, C. Stewart Slater, Mariano J. Savelski, Kathryn Hollar and Stephanie Farrell	Int. J. Engng Ed. Vol. 20, No. 1, pp. 113±123	EUA /Inglês
12.	2004		Infusing the chemistry curriculum with green chemistry using real-world examples, Web modules, and atom economy in organic chemistry courses	Cann M.C.; Dickneider T.A.	J. Chem. Educ. Volume: 81 Issue: 7 Pages: 977-980	EUA /Inglês
13.	2004		An undergraduate teaching exercise that explores contemporary issues	Steven Grant, Andrew A. Freer, John M. Winfield, Craig Gray, Tina L.	Green Chem., 6, 25-32	Reino Unido/ Inglês

			in the manufacture of titanium dioxide on the industrial scale	Overton and David Lennon		
14.	2004		An asymptotic approach to the development of a green organic chemistry laboratory	Goodwin TE	J. Chem. Educ., Volume: 81 Issue: 8 Pages: 1187-1190	EUA /Inglês
15.	2004		An Asymptotic Approach to the Development of a Green Organic Chemistry Laboratory	Goodwin, Thomas E.	J. Chem. Educ., v81 n8 p1187	EUA/Inglês
16.	2005		Going Green: Lecture Assignments and Lab Experiences for the College Curriculum	Irvin J. Levy , Julie A. Haack , James E. Hutchison , Mary M. Kirchoff	J. Chem. Educ., 82 (7), p 974	EUA /Inglês
17.	2005		Green chemistry in sustainable national development	Kidwai M; Thakur R	Journal of the indian chemical society Volume: 82 Issue: 12 Pages: 1103-1111	Índia/inglês
18.	2006	Publicou duas vezes o mesmo artigo	Toxicology and the environment: An IUPAC teaching program for chemists	Duffus John H.; Worth Howard G. J.	Pure and applied chemistry Volume: 78 Issue: 11 Pages: 2043-2050	Escócia/ Inglês
19.	2006		Completing Our Education. Green Chemistry in the Curriculum	Christopher Kitchens , Reagan Charney, David Naistat, Jennifer Farrugia, Andres Clarens, Adam O'Neil, Carmen Lisowski, Birgit Braun	J. Chem. Educ., 83 (8), p 1126	EUA / Inglês
20.	2006		Toxicology and the environment - An IUPAC teaching programme for chemists	Duffus John H.; Worth Howard G. J.	Indian Journal of Chemistry Vol. 45B, pp. 2346-2352	Reino Unido/  Inglês
21.	2006		Within the portals of green chemistry:	Bhanumati S.; Deep Harsh	Indian journal of	Índia/Inglês

			Green strategies to manage curriculum induced hazards in chemistry laboratories		chemistry section b-organic chemistry including medicinal chemistry Volume: 45 Issue: 10 Pages: 2353-2360	
22.	2007		Toward the Greening of Our Minds: A New Special Topics Course	Anne E. Marteel-Parrish	J. Chem. Educ., 84 (2), p 245	EUA /Inglês
23.	2007	Engenharia	Expanding the frontiers for chemical engineers in green engineering education	Slater C. Stewart; Hesketh Robert P.; Fichana Daniel; et al.	International journal of engineering education Volume: 23 Issue: 2 Pages: 309-324	EUA /Inglês
24.	2007		Sustaining the green revolution through education	Gron Liz U.	Chimica Oggi-chemistry today Volume: 25 Issue: 6 Supplement: S Pages: 11-13	EUA /inglês
25.	2007		Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média	Marques, Carlos Alberto; Gonçalves, Fábio Peres; Zampiron, Eduardo; Coelho, Juliana Cardoso; Mello, Ligia Catarina; Oliveira, Paulo Roberto Silva; Lindemann, Renata Hernandez	Quím. Nova 30(8): 2043-2052, GRA, TAB.	Portugal /Português
26.	2008	Engenharia	Environmental engineering education in Iran: needs, problems and solutions	Moghaddam Mohammad Reza Alavi; Maknoun Reza; Tahershamsi Ahmad	Environmental engineering and management journal Volume: 7 Issue: 6 Pages: 775-779	Iran/Inglês
27.	2008		A new motto in environmental	Yuecel A. Seda	Egitim arastirmalari	Turquia/ Inglês

			protection: Green chemistry		-eurasian journal of educational research Volume: 8 Issue: 32 Pages: 143-154	
28.	2008	Engenharia	Trends in chemical engineering education: Process, product and sustainable chemical engineering challenges	Eric Favre, V´eronique Falk, Christine Roizard, Eric Schaer	education for chemical engineers 3, e22–e27	França/ Inglês
29.	2009		A green clean curriculum to instruct homeschoolers on the safe handling of chemicals	Yamaira I. Gonzalez	Health and Safety of the American Chemical Society 1871—5532	EUA/ Inglês
30.	2009		Recursos humanos para novos cenários	Pinto, Angelo C.; Zucco, Cesar; Andrade, Jailson B. de; Vieira, Paulo C.	Quím. Nova 32(3): 567-570, ILUS, TAB.	Brasil/ Português
31.	2009		The Integration of Green Chemistry Experiments with Sustainable Development Concepts in Pre-Service Teachers' Curriculum: Experiences from Malaysia	Karpudewan, Mageswary; Ismail, Zurida Hg; Mohamed, Norita	International Journal of Sustainability in Higher Education, v10 n2 p118-135	Malásia/ inglês
32.	2009		Implementación de algunas de las técnicas de la Química Verde (o Química Sustentable) en docencia	Fernando León-Cedeño	Educación química de aniversario, 441-446	México/ Espanhol
33.	2011	Educação	Sustainability Education: Approaches for Incorporating Sustainability into the Undergraduate Curriculum	Aurandt Jennifer L.; Butler Elizabeth C.	Journal of professional issues in engineering education and practice Volume: 137 Issue: 2 Pages:	EUA / Inglês

					102-106	
34.	2011		Greening a Chemistry Teaching Methods Course at the School of Educational Studies, Universiti Sains Malaysia	Karpudewan, Mageswary; Hj Ismail, Zurida; Mohamed, Norita	Journal of Education for Sustainable Development, v5 n2 p197-214	Malásia/inglês
35.	2011		The efficacy of a green chemistry laboratory-based pedagogy: changes in environmental values of Malaysia PRE-service teachers	Mageswary Karpudewan, Zurida Ismail and Wolff-Michael Roth	International Journal of Science and Mathematics Education	Malásia/Inglês
36.	2012	Engenharia	Implementing a systematic process for rapidly embedding sustainability within chemical engineering education: a case study of James Cook University, Australia	Madoc Sheehan, Phil Schneider and Cheryl Desha	Chem. Educ. Res. Pract., 13(2), 112-119.	Austrália/Inglês
37.	2012		Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs)	Mageswary Karpudewan, Zurida Ismail and Wolff-Michael Roth	Chem. Educ. Res. Pract., 13(2), 120-127	Austrália/Inglês
38.	2012	Engenharia	Sustainability in chemical engineering education: Identifying a core body of knowledge	Allen, David T.; Shonnard, David R.	AIChE Journal 58 (8), 2296-2302.	EUA/Inglês
39.	2012		Science Education for Global Sustainability: What Is Necessary for Teaching, Learning, and Assessment Strategies?	Zoller, Uri	J. Chem. Educ., 89(3) 297-300.	Israel/Inglês
40.	2012		Exploration on infiltrating the sense of green chemistry in university teaching of organic chemistry	Han, Lai	Advanced Materials Research v.488-489(Key Engineering	China/Inglês

					Materials II), p.1062-1065.	
41.	2013		ConfChem Conference on Educating the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry—An Online Conference	Robert E. Belford and Loyd D. Bastin	J. Chem. Educ., Article ASAP	EUA/Inglês
42.	2013		ConfChem Conference on Educating the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry—Solar Energy: A Chemistry Course on Sustainability for General Science Education and Quantitative Reasoning	Scott D. Cummings	J. Chem. Educ., Article ASAP	EUA/Inglês
43.	2013		ConfChem Conference on Educating the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry—Teaching Green Chemistry: The Driving Force behind the Numbers!	Dalila G. Kovacs	J. Chem. Educ., Article ASAP	EUA/Inglês
44.	2013		Green Goggles: Designing and Teaching a General Chemistry Course to Nonmajors Using a Green Chemistry Approach	Sarah Prescott	J. Chem. Educ., Article ASAP	EUA/Inglês
45.	2013		ConfChem Conference on Educating the Next Generation: Green and Sustainable Chemistry—Development of Greener Laboratory	Sally A. Henrie	J. Chem. Educ., Article ASAP	EUA/Inglês

			Manuals for Introductory Chemistry Courses			
46.	2013		Green Chemistry and Sustainability: An Undergraduate Course for Science and Nonscience Majors	Erin M. Gross	J. Chem. Educ., Article 90, 429–431	EUA/Inglês
47.	2013		Green Chemistry for Postgraduates	Louise Summerton, Andrew J. Hunt and James H. Clark	Educ. quím., 24 (núm. extraord. 1), 150-155	Reino Unido /inglês
48.	2013		Green Goggles: Designing and Teaching a General Chemistry Course to Nonmajors Using a Green Chemistry Approach	Prescott, Sarah	J. Chem. Educ., v90 n4 p423-428	EUA/Inglês
49.	2013		Embedding Environmental Sustainability in the Undergraduate Chemistry Curriculum: A Case Study	Schultz, Madeleine	Journal of Learning Design, v6 n1 p20-33	Austrália/ Inglês
50.	2013		How to Recognize Success and Failure: Practical Assessment of an Evolving, First-Semester Laboratory Program Using Simple, Outcome-Based Tools	Gron, Liz U.; Bradley, Shelly B.; McKenzie, Jennifer R.; Shinn, Sara E.; Teague, M. Warfield	J. Chem. Educ., v90 n6 p694-699	EUA/Inglês
51.	2013		Designing and Incorporating Green Chemistry Courses at a Liberal Arts College To Increase Students' Awareness and Interdisciplinary Collaborative Work	Renuka Manchanayakage	J. Chem. Educ., 90 (9), pp 1167–1171	EUA/Inglês
52.	2013		Development of educational material for the secondary schools in Greece focusing on the utilisation of biomass	Kapassa, M; Abeliotis, K	Fresenius environmental bulletin Volume: 22 Edição: 12C	Grécia/ Inglês

			as a raw material		3797-3802 Publicado: 2013	
53.	2013		Challenges for chemical education: traversing the chemical sciences / materials science interface	Hill, J (Hill, John); Verma, RK (Verma, Ranjit K.); Kumar, DD (Kumar, David Devraj)	Journal of materials education  Volume: 35 Edição: 1-2 Páginas: 1-15	Austrália/ Inglês
54.	2013		Formation of teachers in chemistry and curricular environmentalization : a case study in a tertiary education institution in Brazil	Zuin, VG (Zuin, Vania Gomes) <sup>[11]</sup> ; Pacca, JLD (de Almeida Pacca, Jesuina Lopes)	Ensenanza de las ciencias  Volume: 31, Edição: 1, P.79-93	Brasil/ Espanhol
55.	2014		Using Green Chemistry Principles As a Framework To Incorporate Research into the Organic Laboratory Curriculum	Nancy E. Lee, Rich Gurney , and Leonard Soltzberg	J. Chem. Educ., Article ASAP Publication Date (Web): March 31, 2014	EUA/Inglês



## APÊNDICE E

Tabela - Artigos classificados como História, Introdução e Definição da QV, autores e periódico classificados pelo ano de publicação

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	1999	Green chemistry: challenges and opportunities	James H. Clark	Green Chem., 1, 1-8	Reino Unido/Inglês
2.	1999	Bringing State-of-the-Art, Applied, Novel, Green Chemistry to the Classroom by Employing the Presidential Green Chemistry Challenge Awards	Michael C. Cann	J. Chem. Educ., 76 (12), p 1639	EUA/Inglês
3.	2000	Green Chemistry and Education	Dennis L. Hjeresen , Janet M. Boese , David L. Schutt	J. Chem. Educ., 77 (12), p 1543	EUA/Inglês
4.	2000	Sustainability: Waste minimization, green chemistry and inherently safer processing	Mulholland KL; Sylvester RW; Dyer JA	Environment al progress Volume: 19 Issue: 4 Pages: 260-268	EUA/Inglês
5.	2000	The Philosophy of Green Chemistry as Applied to the Microscale Inorganic Chemistry Laboratory	Zvi Szafran, Mono M. Singh, Ronald M. Pike	Educación Química, segunda época, 11[1] 172-173 2000	EUA/Inglês
6.	2003	The importance of sustainability ethics, toxicity and ecotoxicity in chemical education and research	Terry Collins	Green Chemistry G51-52	EUA/Inglês
7.	2003	Sustainable chemistry: starting points and prospects	Stefan B_schen · Dieter Lenoir · Martin Scheringer	Naturwissenschaften 90:93–102	Alemanha/Inglês
8.	2003	Química verde, os desafios da química do novo milênio	Prado, Alexandre G. S.	Quím. Nova 26(5): 738-744, ILUS.	Brasil/Português
9.	2003	"Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa	Lenardão, Eder João; Freitag, Rogério Antônio; Dabdoub, Miguel J.; Batista, Antônio C. Ferreira; Silveira, Claudio da Cruz	Quím. Nova 26(1): 123-129, ILUS, TAB.	Brasil/Português
10	2004	Green chemistry	John C. Warner, Amy S. Cannon, Kevin M. Dye	Environment al Impact Assessment Review	EUA/Inglês

				24, 775–799	
11	2004	A brief structured view of green chemistry issues	Ramon Mestres	Green Chem., 2004, 6, G10-G12	Espanha/ Inglês
12	2004	Chemistry and sustainable development: from technological and correction approaches to a transdisciplinary prevention approaches	Garrigues, P; Zoller, U.	L'actualité chimique Supplement: 277-78 Pages: 77-79	França/ Francês
13	2004	Principles and perspectives	Steinhauser, KG; Richter, S; Greiner, P.; Penning, J; Angrick, M.	Environmental science and pollution research Volume: 11 Issue: 5 Pages: 284-290	Alenhanha/ inglês
14	2005	Green chemistry - Current and future issues	Wardencki, W; Curylo, J.; Namiesnik, J.	POLISH JOURNAL OF ENVIRONMENTAL STUDIES Volume: 14 Issue: 4 Pages: 389-395	Polônia/ inglês
15	2005	El color verde predomina en el futuro de la Química	Juan Méndez Vivar	Educación Química 16 [x], 192-198	México/ Espanhol
16	2005	Desenvolvimento sustentável e química verde	Silva, Flavia Martins da; Lacerda, Paulo Sérgio Bergo de; Jones Junior, Joel	Quím. Nova 28(1): 103-110, ILUS.	Brasil/ Português
17	2006	Green chemistry: today (and tomorrow)	James H. Clark	Green Chem., 8, 17-21	Reino Unido/ Inglês
18	2007	New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering	J. García-Serna, L. Pérez-Barrigón, M.J. Cocero	Chemical Engineering Journal 133 7–30	Espanha/ Inglês
19	2008	Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing	Julie B. Manley, Paul T. Anastas, Berkeley W. Cue Jr.	Journal of Cleaner Production 16 743e750	EUA/Inglês
20	2008	Chemistry and the sustainable development at FFC: the project "Chemistry for a Sustainable	Azemar, M	L'actualité chimique Issue: 325 Pages: 21-	França/ Francês

		Development (R)"		23	
21	2009	Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente	Ma. del Carmen Doria Serrano1	Educación química, de aniversario 412-420	México/ espanhol
22	2010	Green Chemistry: Principles and Practice	Paul Anastas and Nicolas Eghbali	Chem. Soc. Rev., 2010, 39, 301-312	EUA/Inglês
23	2011	Da génese ao ensino da química verde	Machado, Adélio A. S. C.	Quím. Nova 34(3): 535-543, ILUS, TAB.	Brasil/ Português
24	2011	Vinte anos de química verde: conquistas e desafios	Farias, Luciana A.; Fávoro, Déborah I. T.	Quím. Nova 34(6): 1089-1093, TAB.	Brasil/ Português
25	2012	Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices	John Andraos and Andrew P. Dicks	Chem. Educ. Res. Pract., 13, 69-79	Canadá/ Inglês
26	2012	Sustainable development and green chemistry in chemistry education	Ingo Eilks, Franz Rauch	Chem. Educ. Res. Pract., 13, 57-58	Alemanha/ Inglês
27	2012	Green chemistry's providence and outlook	Rani, Bina; Maheshwari, Raaz; Chauhan, A. K.; Yadav, A. K.	International Archive of Applied Sciences and Technology 3(1), 119-121	Rajastão /Inglês
28	2012	Green chemistry's contribution in the construction of socially responsible science/  Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable	Reyes-Sanchez, Laura Bertha	Educacion Quimica 23 (2), 222-229	México/ Espanhol

## APÊNDICE F

Tabela - Artigos classificados como Revisão, autores e periódicos classificados pelo ano de publicação

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	2001	Flow analysis strategies to greener analytical chemistry. An overview	Fábio R. P. Rocha, Joaquim A. Nóbrega and Orlando Fatibello Filho	Green Chem., 3, 216-220	Brasil/Inglês
2.	2004	News from Online: Green Chemistry	Erich S. Uffelman	J. Chem. Educ., 81 (2), p 172	USA/Inglês
3.	2004	Products and processes for a sustainable chemical industry: a review of achievements and prospects	Jean F. Jenck, Frank Agterberg and Michael J. Droescher	Green Chem., 6, 544-556	Bélgica/Inglês
4.	2005	An analytical view of ionic liquids	Gary A. Baker, Sheila N. Baker, Siddharth Pandey and Frank V. Bright	Analyst, 130, 800-808	EUA/Inglês
5.	2006	Polymers and sustainable development: integration of environmental questions in research and training courses	Massardier-Nageotte, V ; Verney, V	L'ACTUALITÉ CHIMIQUE Supplement: 300 Pages: 47-53	França/Francês
6.	2008	Sustainability as an emerging design criterion in nanoparticle synthesis and applications	Catherine J. Murphy	J. Mater. Chem., 18, 2173-2176	USA/Inglês
7.	2008	Biofuels: a technological perspective	Rafael Luque, Lorenzo Herrero-Davila, Juan M. Campelo, James H. Clark, Jose M. Hidalgo, Diego Luna, Jose M. Marinas and Antonio A. Romero	Energy Environ. Sci., 1, 542-564	Espanha/Inglês
8.	2009	Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos	Rafael Silva, Shirani K. Haraguchi, Edvani C. Muniz e Adley F. Rubira	Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 661-671	Brasil/Português
9.	2013	Reacciones asimétricas organocatalizadas en ausencia de disolvente: una estrategia para hacer más "verde" la organocatálisis	José G. Hernández 1 y Eusebio Juaristi	Educ. quím., 24 (núm. extraord. 1), 96-102	México/Espanhol
10	2010	Environmental and resource	Francisco Vilaplana,	Polymer	Suécia/

		aspects of sustainable biocomposites	Emma Strömberg, Sigbritt Karlsson	Degradation and Stability 95, 2147 e 2161	inglês
11	2010	Solid-phase spectroscopy from the point of view of green analytical chemistry	Molina-Díaz, Juan F. García-Reyes, Bienvenida Gilbert-Lopez	Trends in Analytical Chemistry, Vol. 29, No. 7	Espanha/Inglês
12	2010	Green analytical chemistry—theory and practice	Marek Tobiszewski, Agata Mechlińska and Jacek Namieśnik	Chem. Soc. Rev.,39, 2869-2878	Polónia/Inglês
13	2010	The case for the use of unrefined natural reagents in analytical chemistry—A green chemical perspective	Kate Grudpan, Supaporn Kradtap Hartwell, Somchai Lapanantnoppakhun and Ian McKelvie	Anal. Methods, 2, 1651-1661	Tailândia/Inglês
14	2010	Green Chemistry in Organic Synthesis	Deligeorgiev T.; Gadjev N.; Vasilev A.; et al.	Mini-reviews in organic chemistry Volume: 7 Issue: 1 Pages: 44-53	Bulgária/Inglês
15	2010	Green chemistry by nano-catalysis	Vivek Polshettiwar and Rajender S. Varma	Green Chem., 12, 743-754	USA/Inglês
16	2011	Industrial biotechnology—the future of green chemistry?	Stefanie Wenda, Sabine Illner, Annett Mell and Udo Kragl	Green Chem., 13, 3007-3047	Alemanha/Inglês
17	2011	Embodying the chemical water treatment in the green chemistry—A review	Djamel Ghernaout , Badiaa Ghernaout, Mohamed Wahib Naceur	Desalination 271, 1–10	Argélia/Inglês
18	2012	The importance of Green Chemistry in Process Research and Development	Peter J. Dunn	Chem. Soc. Rev., 41, 1452-1461	Reino Unido /Inglês
19	2012	Desenvolvimento sustentável e pensamento complexo – estudo de caso: o uso de Argilas como catalisadores	Soraia P. L. de Souza e Mônica R. da C. Marques, Marcio C. S. de Mattos	Quim. Nova, Vol. 35, No. 9, 1891-1894	Brasil /Português
20	2012	Green chemistry in analytical atomic spectrometry: a review	C. Bendicho, I. Lavilla, F. Pena-Pereira and V. Romero	J. Anal. At. Spectrom., 27, 1831-1857	Espanha/Inglês

21	2012	Heterogeneous Catalytic Chemistry by Example of Industrial Applications	Heveling, J	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 12 Pages: 1530-1536	África do Sul/Inglês
22	2013	Life cycle assessment in green chemistry: overview of key parameters and methodological concerns	Tufvesson, LM; Tufvesson, P; Woodley, JM; Borjesson, P	International journal of life cycle assessment Volume: 18 Issue: 2 Pages: 431-444	Suécia/inglês
23	2013	Fatos e tendências da biocatálise/Biocatalysis: facts and trends	Caroline da C. S. Gonçalves; Anita J. Marsaioli	Quím.Nova vol.36 no.10	Brasil/ Português
24	2013	Química Sem Fronteiras: o desafio da energia/Chemistry without borders: the energy challenges	Gisele Olímpio da Rocha; Jailson Bittencourt de Andrade; Aline Lefol Nani Guarieiro; LÍlian Lefol Nani Guarieiro; Luiz Pereira Ramos	Quím. Nova vol.36 n.10	Brasil/ Português

## APÊNDICE G

Tabela - Artigos classificados como Propostas articuladas entre Universidade, Indústria e/ou Governo, autores e periódico classificados pelo ano de publicação.

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade /Língua de publicação
1.	1999	Improving the sustainability of regional cleaner production programs	J. Petek, P. Glavic	Resources, Conservation and Recycling 29, 19–31	Eslovenia/Inglês
2.	2002	Green chemistry in Indian context - Challenges, mandates and chances of success	Bora U; Chaudhuri MK; Dehury SK	Current science Volume: 82 Issue: 12 Pages: 1427-1436	Índia/Inglês
3.	2004	Effectively minimizing hazardous waste in academia: The Green Chemistry approach	Dana Mooney	Chemical Health and Safety of the American Chemical Society 1074-9098	EUA/Inglês
4.	2004	Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits	Samuel B. Moore, Larry W. Ausley	Journal of Cleaner Production 12, 585–601	EUA/Inglês
5.	2004	Caring for the Environment while Teaching Organic Chemistry	Santos, Elvira Santos; Gavilan Garcia, Irma Cruz; Lejarazo Gomez, Eva Florencia	J. Chem. Educ., v81 n2 p232	México/inglês
6.	2005	The US experience in promoting sustainable chemistry	Tickner JA; Geiser K; Coffin	Environmental science and pollution research Volume: 12 Issue: 2 Pages: 115-123	EUA/Inglês
7.	2005	Promoting sustainability through green chemistry	Mary M. Kirchhoff	Resources, Conservation and Recycling 44, 237–243	EUA/Inglês
8.	2006	Green chemistry in perspective—models for GC activities and GC policy and knowledge areas	Jesper Sjöström	Green Chem., 2006, 8, 130-137	Suécia/Inglês
9.	2006	Letramento em química, educação planetária e inclusão social	Wildson Luiz Pereira dos Santos	Quim. Nova, Vol. 29, No. 3, 611-620	Brasil/Português

10.	2007	The DBU: promoting sustainable chemistry	Maximilian Hempel	Green Chem., 9, 15–17	Alemanha/ Inglês
11.	2007	Chemistry at the heart of sustainable development: a message to get across in education and society	Auge Jacques	L'actualité chimique Issue: 314 Pages: 44-50	França/ Francês
12.	2010	Green Chemistry: Cresting a Summit toward Sustainability	Tucker John L.	Organic process research & development Volume: 14 Issue: 2 Pages: 328-331	EUA/Inglês
13.	2012	Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education	Mareike Burmeister, Franz Rauch and Ingo Eilks	Chem. Educ. Res. Pract., Advance Article	Alemanha/ Inglês
14.	2012	Strengthening competency linkage to innovation at Korean universities	Lee Yong-Gil	Scientometrics Volume: 90 Issue: 1 Pages: 219-230	Coréia do Sul/ Inglês
15.	2012	Barriers to the Implementation of Green Chemistry in the United States	Kira J. M. Matus, William C. Clark, Paul T. Anastas, and Julie B. Zimmerman	Environ. Sci. Technol., 46 (20), pp 10892–10899	EUA/Inglês
16.	2012	Green chemistry and green engineering in China: drivers, policies and barriers to innovation	Kira J.M. Matus, Xin Xiao, Julie B. Zimmerman	Journal of Cleaner Production 32, 193e203	China/Inglês
17.	2013	Diffusion of Emerging Technologies for Sustainable Development: Prospective Assessment for Public Policies	Maria Fatima Ludovico de Almeida, Carlos Augusto Caldas de Moraes	Journal of Technology Management & Innovation vol.8 supl.1 Santiago	Brasil/Inglês
18.	2013	Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo/Sustainability Science: A New Knowledge Domain to which Chemistry and Chemistry Education are contributing	Amparo Vilches y Daniel Gil Pérez	Educación química vol.24 n.2	Espanha/ Espanhol



## APÊNDICE H

Tabela - Artigos classificados como Métricas no Ensino, autores e periódico classificados pelo ano de publicação.

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade/ Língua de publicação
1.	2007	On the Use of "Green" Metrics in the Undergraduate Organic Chemistry Lecture and Lab To Assess the Mass Efficiency of Organic Reactions	John Andraos and Murtuzaali Sayed	J. Chem. Educ., 84 (6), p 1004	Canadá/ Inglês
2.	2010	"Green Star": a holistic Green Chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments	Ribeiro M. Gabriela T. C.; Costa Dominique A.; Machado Adelio A. S. C.	Green chemistry letters and reviews Volume: 3 Issue: 2 Pages: 149-159	Portugal/ Inglês
3.	2010	Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reacções laboratoriais - "Estrela Verde"	Ribeiro, M. Gabriela T. C.; Costa, Dominique A.; Machado, Adélio A. S. C.	Quím. Nova 33(3): 759-764, ILUS, TAB.	Portugal/ Português
4.	2011	Metal-Acetylacetonate Synthesis Experiments: Which Is Greener?	Ribeiro M. Gabriela T. C.; Machado Adelio A. S. C.	J. Chem. Educ. Volume: 88 Issue: 7 Pages: 947-953	Portugal/ Inglês
5.	2011	¿Qué tan verde es un experimento?	Marina L. Morales Galicia, <sup>1</sup> Joel O. Martínez, <sup>1</sup> Laura Bertha Reyes-Sánchez, <sup>1</sup> Osneski Martín Hernández, <sup>2</sup> Gabriel A. Arroyo Razo, <sup>1</sup> Adolfo Obaya Valdivia <sup>1</sup> y René Miranda Ruvalcaba <sup>1</sup>	Educ. quim., 22(3), 240-248	México/ Espanhol
6.	2012	Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde/ From the first to the second twelve principles of Green Chemistry	Machado, Adélio A. S. C.	Quím. Nova 35(6): 1250-1259	Brasil /Português
7.	2012	Novas métricas holísticas para avaliação da verdura de reacções de síntese em laboratório/ New	Ribeiro, Maria Gabriela T. C.; Machado, Adélio A. S. C.	Quím. Nova 35(9): 1879-1883, ILUS, TAB.	Portugal /Português

		holistic metrics for assessing greenness of chemical reactions in the laboratory			
8.	2013	Holistic Metrics for Assessment of the Greenness of Chemical Reactions in the Context of Chemical Education	M. Gabriela T. C. Ribeiro and Adélio A. S. C. Machado	J. Chem. Educ., Article ASAP	Portugal/ Inglês
9.	2013	Thinking about More Sustainable Products: Using an Efficient Tool for Sustainability Education, Innovation, and Project Management To Encourage Sustainability Thinking in a Multinational Corporation	David A. M. Russell, Dawn L. Shiang	ACS Sustainable Chem. Eng. 1, 2-7	Suíça/inglês
10	2013	Greenness of chemical reactions - limitations of mass metrics	Ribeiro, MGTC; Machado, AASC	Green chemistry letters and reviews  v. 6, 1 p. 1-18	Portugal/ Inglês

## APÊNDICE I

Tabela - Artigos classificados como Informática/tecnologia, autores e periódico classificados pelo ano de publicação.

n.	Ano	Nome do artigo	Autores	Periódico	Nacionalidade/ Língua de publicação
1.	2004	The influence of computer-assisted education on Environmental knowledge and environmental awareness	İnci Morgil, Seçil Arda, Nilgün Seçken, Soner Yavuz, and Özge Özyalçın Oskay	Chemistry education: Research and practice Vol. 5, No. 2, pp. 99-110	Turquia/ Inglês
2.	2006	Creating and managing a virtual inter-organizational learning network for greener production: a conceptual model and case study	Manring SL; Moore SB	Journal of cleaner production Volume: 14 Issue: 9-11 Special Issue: SI Pages: 891-899	EUA/Inglês
3.	2008	Developing and Disseminating NOP: An Online, Open-Access, Organic Chemistry Teaching Resource To Integrate Sustainability Concepts in the Laboratory	Marco Eissen , Müfit Bahadır , Burkhard König , Johannes Ranke	J. Chem. Educ., 85 (7), p 1000	Alemanha /Inglês
4.	2012	Collaboration Across Disciplines for Sustainability: Green Chemistry as an Emerging Multistakeholder Community	Alastair Iles and Martin J. Mulvihill	Environ. Sci. Technol., 46 (11), pp 5643–5649	EUA/inglês
5.	2012	Life Cycle Assessment Software for Product and Process Sustainability Analysis	Vervaeke, M (Vervaeke, Marina)	J. Chem. Educ. Volume: 89 Issue: 7 Pages: 884-890	Bélgica/inglês
6.	2014	Chemistry in context: analysis of thematic chemistry videos available online	Camilla Christensson and Jesper Sjöström	Chem. Educ. Res. Pract., 2014,15, 59-69	Suécia/Inglês

## APÊNDICE J

Tabela- Número de publicações de cada categoria no decorrer dos anos

	Proposta experimental	Proposta experimental Didática	Currículo	História	Revisão	Academia Indústria Governo	Métricas	Informática Tecnologia	Total
1995			1						1
1999	1			2		1			4
2000	1		2	3					6
2001	1		2		1				4
2002	2		2			1			5
2003	3		3	4					10
2004	11		5	4	2	3		1	26
2005	9	1	2	3	1	2			18
2006	7	2	4	1	1	2		1	18
2007	3		4	1		2	1		11
2008	12	3	3	2	2			1	23
2009	9	1	4	1	1				16
2010	10	2		1	6	1	2		22
2011	20	2	3	2	2		2		31
2012	25	15	5	4	4	4	2	2	61
2013	13	4	14		4	2	3		39
abr/14	2		1					1	4
Total	129	30	55	28	24	18	10	6	300

## APÊNDICE K

### Questionário (Estudantes)

1. O que é Química Verde e qual a sua relevância?
2. Para que servem os princípios da Química Verde?
3. Por que realizar experimentos de Química Verde nos laboratórios de ensino?
4. Como saber se um experimento é verde?
5. Qual a importância de aulas experimentais para você?
6. Todos os experimentos conduzidos em laboratórios de ensino geram resíduos?
7. Quais características você considera mais relevantes em um experimento realizado em laboratórios de ensino?
8. Qual/quais experimentos verdes você realizou nas aulas de laboratório desta disciplina?
9. Nesta disciplina, como foi a busca por experimentos verdes? Quais as bases de consulta e verificação de seu caráter verde? (Pergunta extra somente para disciplina de Orgânica)
10. Como é ter liberdade para propor experimentos? (Pergunta extra somente para disciplina de Orgânica e Inorgânica)

## APÊNDICE L

### Entrevista (Professores)

1. Como professor, você considera importante introduzir Química Verde nas aulas experimentais?
2. O que é Química Verde na sua área de atuação?
3. Na sua opinião, introduzir Química Verde nesta disciplina é fácil/possível? Como/por onde?
4. Nesta disciplina, o que pode ser feito para tornar os experimentos verdes, sem comprometer os conteúdos?
5. Que atitudes considerando a dimensão ambiental podem ser tomadas nas aulas experimentais?
6. É possível uma aula experimental não gerar resíduo, ou não gerar resíduo perigoso?
7. As aulas experimentais convencionais podem ser substituídas por demonstração, vídeo ou simulação para abordagem dos conteúdos abordados?
8. Como podemos inserir as relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente em aulas experimentais e/ou teóricas?

# APÊNDICE M

## Roteiro Experimental

### Identificação de Metais presentes no seu cotidiano

**Objetivo da experiência:** Separar e identificar íons Fe (III) e Al (III) em amostras de solo e embalagens plásticas alimentícias respectivamente.

**Objetivo de ensino:** Abrir amostra de solo, preparar soluções, realizar reação de neutralização, utilizar agitador magnético, utilizar papel indicador de pH, conhecer métricas verdes.

#### **Materiais e reagentes:**

- Tubo de ensaio;
- Proveta de 20 mL;
- Béquer de 50 mL;
- Agitador magnético;
- Bastão de vidro;
- Funil analítico;
- Aro para funil;
- Papel de filtro;
- Papel indicador de pH;
- Barra magnética;
- Amostra de solo;
- Embalagens alimentícias;
- HCl concentrado;
- NaOH;
- Solução de alizarina;
- Solução de tiocianato de potássio.

#### **Procedimento experimental:**

##### Etapa 1:

- Prepare 20 mL de soluções NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> e HCl 3 mol.L<sup>-1</sup>;

##### Etapa 2:

- Pese 5,0 g de solo em um béquer de 50 mL;
- Com auxílio de uma proveta meça 20 mL da solução de HCl 3 mol.L<sup>-1</sup> e transfira para o béquer contendo a amostra de solo, introduza uma barra magnética;
- Agite por aproximadamente 1h a solução, com auxílio de um agitador magnético;
- Filtre a solução utilizando um funil analítico;
- Transfira a solução para 2 tubos de ensaio;

##### Etapa 3:

- Pese 0,5 g de embalagens, previamente recorte-as em tamanho aproximado a 1cmx1cm;

- Com auxílio de uma proveta meça 20 mL da solução de NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> e transfira para o béquer contendo a amostra;
- Agite com auxílio de um bastão de vidro;
- Filtre a solução utilizando um funil analítico;
- Transfira a solução para 2 tubos de ensaio;

Etapa 4:

- Ao primeiro tubo de ensaio, teste a solução com 3 gotas de solução de alizarina e ao segundo com 3 gotas de solução de tiocianato de potássio;

Etapa 5:

- Analise o grau verde do experimento;

Etapa 6: Tratamento de resíduos

- Em um béquer, misturar ambas soluções geradas a fim de neutralizá-las;
- Meça o pH da solução gerada com papel indicador de pH e adicione solução ácida ou básica conforme necessidade;
- Descarte a solução.

**Cuidados e descartes:**

Cuidados são necessários ao manipular reagentes concentrados ácidos e básicos, deve-se utilizar equipamentos de segurança durante todo o tempo de permanência no laboratório. Os resíduos líquidos devem ser neutralizados e descartados em pia comum e os sólidos em lixo comum.

Referências Bibliográficas

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. 5ª ed, Gimeno, A. (tradutor), Ed. Mestre Jou: São Paulo, 1981.



# APÊNDICE N

## Roteiro Experimental

### Extração e quantificação de íons Fe (III) em amostras de solo

O conhecimento do solo auxilia na previsão do potencial produtivo das culturas e permite conhecer as razões pelas quais se desenvolvem melhor em determinado local em comparação a outro sob as mesmas condições agro meteorológicas e de manejo.

Entre os óxidos de ferro dos solos e dos sedimentos, hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e goethita,  $\text{FeO}(\text{OH})$ , são os mais comuns. Goethita ocorre em quase todos os tipos de solos e regiões climáticas e é responsável pela cor amarelada dos solos. Em muitos solos avermelhados, goethita é associada à hematita que é o segundo óxido de ferro mais abundante nos solos. Hematita confere aos solos a cor avermelhada e tem um grande efeito pigmentante mesmo em baixa concentração.

Este experimento procura introduzir uma prática menos agressiva e mais acessível, ao invés da utilização de uma metodologia certificada para abertura de amostra de solo (3051A-USEPA, 1998), por utilizar ácido mais diluído e materiais disponíveis em laboratório para ser aplicado no ensino.

**Objetivo:** Extrair e quantificar íons Fe (III) presentes no solo.

**Objetivos de ensino:** Preparo de soluções; curva de calibração, diluição de solução; espectrofotometria molecular na região no visível; lei de Lambert-Beer; identificação de Fe (III) em solução.

#### Materiais e reagentes:

- Bequer
- Balança
- Espátula
- Agitador com aquecimento
- Barra magnética
- Erlenmeyer
- Balões volumétricos
- Funil Analítico
- Papel de filtro
- Pipetas volumétricas
- Proveta
- Amostras de solo
- Ácido clorídrico  $6 \text{ mol.L}^{-1}$
- Tiocianato de potássio
- Cloreto de ferro III
- Pisseta com Água destilada
- Sol. Tiocianato de potássio  $2 \text{ mol.L}^{-1}$

#### Procedimento experimental:

##### Etapa 1: Extração dos íons de ferro

- Pesar em balança analítica 0,500 g de uma amostra de solo e transferi-la para um béquer de 100 mL;
- Adicionar cuidadosamente com proveta, 20 mL de solução de ácido clorídrico  $6 \text{ mol.L}^{-1}$
- Colocar uma barra magnética para a agitação. Cobrir com vidro de relógio e aquecer moderadamente à temperatura de  $50^\circ\text{C}$  a  $60^\circ\text{C}$ , por uma hora (na capela) e filtrar em funil analítico;
- Lavar o resíduo remanescente do papel de filtro e do béquer, com de água destilada;
- Transferir o filtrado para um balão volumétrico de 500 mL, completar com água destilada.

### Etapa 2: Construção da curva de calibração

Preparo da solução estoque de Cloreto de ferro (III)  $0,001 \text{ mol.L}^{-1}$ , com tiocianato de potássio:

- Em um balão volumétrico de 1L adicionar 0,2703 g de cloreto de ferro (III), 1,000 g de tiocianato de potássio, 20 mL de ácido clorídrico concentrado e completar com água destilada; (solução preparada anteriormente)
- Realizar diluições em balões volumétricos de 10 mL com água destilada, nas seguintes proporções: 1, 2, 3, 4, 5, 6 mL, com auxílio de pipetas volumétricas, da solução estoque;
- Realizar leituras das absorbâncias na região no visível, comprimento de onda 480 nm, usando água destilada como branco da medida;
- Construir um gráfico com os valores obtidos (absorbância x concentração).

### Etapa 3:

- Amostrar uma alíquota de 5 mL da solução produzida na Etapa 1 e adicionar 5 gotas de solução de tiocianato de potássio  $2 \text{ mol.L}^{-1}$ ;
- Utilizando balão volumétrico, fazer diluições necessárias, inicialmente na proporção 1:1, usando água destilada, de modo que a absorbância fique entre os valores de absorbância da curva de calibração;
- Para fazer o branco, refazer a diluição necessária sem adicionar a solução de tiocianato de potássio;
- Realizar as leituras da absorbância no visível;
- Calcular a concentração de ferro nas amostras de solo utilizando a curva de calibração;
- Repetir para demais amostras de solo.

### **Cuidados e descartes:**

Cuidados são necessários ao manipular reagentes concentrados ácidos, deve-se utilizar equipamentos de segurança durante todo tempo de permanência no laboratório. Os resíduos gerados deverão ser armazenados corretamente e se possível tratados ou encaminhados à central de resíduos.

### **Referências Bibliográficas:**

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**, 5 ed. rev. G. Svehla. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1981.

VOGEL, A. I. **Quantitative Chemical Analysis**, 5 ed. rev. I. Jeffery, G. H., 1989.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Method 3051a - Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Fev 2007. 30p. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>. Acesso em 10 de out de 2013.

# ANEXOS

## ANEXO A



### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.665-905 - São Carlos - SP - Brasil

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

[cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)

<http://www.propq.ufscar.br>

### Parecer Nº. 393/2011

**Título do projeto:** PROPOSTA DIDÁTICA DE INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

**Área de conhecimento:** 1.00 - Ciências Exatas e da Terra / 1.06 - Química

**Pesquisador Responsável:** KARLA CAROLINA SAQUETO

**Orientador:** Vânia Gomes Zuin

**CAAE:** 0087.0.135.000-11

**Processo número:** 23112.001251/2011-00

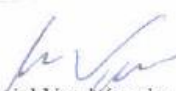
**Grupo:** III

#### Conclusão

A pesquisadora atendeu prontamente as exigências apresentadas pelo CEP e com sucesso, adequando o projeto as normas pertinentes. Portanto, 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.1.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.
  - O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos 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 aprobatório 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 a partir desta dada e ao término do estudo.
- São Carlos, 16 de novembro de 2011.

  
Prof. Dr. Daniel Vendruscolo  
Coordenador do CEP/UFSCar

## ANEXO B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado/a Professor/a,

1. Você está sendo convidado/a para participar da pesquisa “Proposta didática de inserção da Química Verde no ensino superior de Química”.
2. Você foi selecionado/a pelo fato de ministrar disciplinas experimentais do curso de Química, foco deste trabalho de pesquisa, e sua participação não é obrigatória.
3. Os objetivos deste estudo são primeiramente o desenvolvimento de material didático voltado às práticas laboratoriais do ensino superior de Química com a finalidade de inserir conteúdos de Química Verde e, por conseguinte, inserir as práticas em disciplinas de Química Geral Experimental, avaliando tanto os aspectos conceituais, quanto procedimentais e atitudinais das mesmas, por meio de observação das situações de ensino, questionários e entrevistas semi-estruturadas com estudantes e professores/as do DQ-UFSCar.
4. A sua participação nesta pesquisa consistirá em participar de uma entrevista.
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. Esta pesquisa é benéfica no sentido de que o desenvolvimento do material didático (experimentos) propõe o debate dos princípios da Química Verde nos currículos universitários voltados à formação de profissionais do campo da Química.
7. Você pode retirar seu consentimento a qualquer momento, encerrando a sua participação nesta pesquisa.
8. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora (Karla Carolina Saqueto).
9. As informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.
10. No futuro, quando os dados forem divulgados na tese, ou em eventos e periódicos científicos, isso será feito de modo a preservar a identidade dos/as participantes na pesquisa.
11. No final do trabalho a pesquisadora se compromete a divulgar os resultados para as/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.

---

Karla Carolina Saqueto - Doutoranda  
karlasaqueto@yahoo.com.br  
(16) 91396745  
Universidade Federal de São Carlos  
Programa de Pós-Graduação em Química

**Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. A pesquisadora me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: [cephumanos@power.ufscar.br](mailto:cephumanos@power.ufscar.br)**

São Carlos, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Nome do Professor: \_\_\_\_\_

## ANEXO C

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Aluno(a),

13. Você está sendo convidado para participar da pesquisa “PROPOSTA DIDÁTICA DE INSERÇÃO DA QUÍMICA VERDE NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA”.
14. Você foi selecionado pelo fato de que você está cursando disciplinas experimentais do curso de Química, foco deste trabalho de pesquisa, e sua participação não é obrigatória.
15. Os objetivos deste estudo são primeiramente o desenvolvimento de material didático voltado às práticas laboratoriais do ensino superior de química com a finalidade de inserir conteúdos de Química Verde e, por conseguinte inserir as práticas em disciplinas de Química Geral Experimental, avaliando tanto os aspectos conceituais, quanto procedimentais e atitudinais das mesmas, por meio de observação das situações de ensino, questionários e entrevistas semi-estruturadas com estudantes e professores do DQ-UFSCar.
16. A sua participação nesta pesquisa consistirá em responder um questionário estruturado e/ou entrevista. Sinta-se livre para expressar sua opinião porque não há respostas certas ou erradas.
17. 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.
18. Esta pesquisa é benéfica no sentido de que o desenvolvimento do material didático (experimentos) propõe o debate dos princípios da Química Verde.
19. Você pode retirar seu consentimento a qualquer momento, encerrando a sua participação nesta pesquisa.
20. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora (Karla Carolina Saqueto) ou com o(a) professor(a) desta disciplina.
21. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.
22. No futuro, quando os dados forem divulgados na tese, ou em eventos e periódicos científicos, isso será feito de modo a preservar a identidade dos participantes na pesquisa.
23. No final do trabalho a pesquisadora se compromete a divulgar os resultados para os participantes da pesquisa.
24. 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.

Karla Carolina Saqueto - Doutoranda  
karlasaqueto@yahoo.com.br  
(17) 92161829

Universidade Federal de São Carlos  
Programa de Pós-Graduação em Química

**Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. A pesquisadora me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br**

**São Carlos, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_**

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Nome do responsável: \_\_\_\_\_

Assinatura do responsável: \_\_\_\_\_