

Franciani Becker Roloff

**A CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS EM QUÍMICA VERDE
EM TESES E DISSERTAÇÕES: IMPLICAÇÕES AO SEU
ENSINO E À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do Grau de Doutora em Educação Científica e Tecnológica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques.

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Roloff, Franciani Becker

A Circulação de conhecimentos em Química Verde em teses e dissertações : implicações ao seu ensino e à formação de professores de Química / Franciani Becker Roloff ; orientador, Carlos Alberto Marques - Florianópolis, SC, 2016.

346 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Ensino da Química Verde. 3. Circulação de ideias. 4. Teses e Dissertações. 5. Formação de professores de Química. I. Marques, Carlos Alberto . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“A circulação de conhecimentos em Química Verde em Teses e
Dissertações: implicações ao seu ensino e à formação de
Professores de Química”**

Tese submetida ao Colegiado do Curso
de Doutorado em Educação Científica
e Tecnológica em cumprimento parcial
para a obtenção do título de Doutor
em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 08 de dezembro de 2016

Dr. Carlos Alberto Marques (Orientador – MEN/UFSC):

Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado (Examinador – Departamento de Química e Bioquímica/Universidade do Porto):

Dra. Arlene Gonçalves Correa (Examinadora – Departamento de Química/UFSCar):

Dr. Demétrio Delizoicov Neto (Examinador – MEN/UFSC):

Dra. Anelise Maria Regiani (Examinadora – QMC/UFSC):

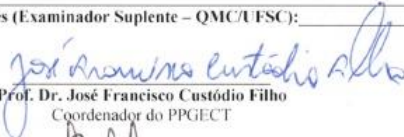
Dr. Santiago Francisco Yunes (Examinador – QMC/UFSC):

Dra. Leila Cristina Aoyama Barbosa Souza (Examinadora Suplente –

SECITEC/Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de Mato

Grosso):

Dr. Fábio Peres Gonçalves (Examinador Suplente – QMC/UFSC):


Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho
Coordenador do PPGECT


Franciani Becker Roloff
Florianópolis, Santa Catarina, 2016

Dedico a conclusão deste ciclo à minha família.
Mãe, Pai, Nado e Rodrigo. Vocês
representam minha força motivadora e
minha inspiração... amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Enfim, é chegada a hora de agradecer! Embora, neste momento, agradecer possa representar um gesto singelo, para mim, ele é carregado de significados...

É incrível parar e avaliar todo o trajeto que percorri para chegar aqui. Muitas pessoas foram essenciais no processo de construção e conclusão desta tese, e a elas dedico esses agradecimentos.

Não poderia iniciar de outra maneira a não ser agradecendo ao meu orientador, Carlos Alberto Marques, o **Bebeto**, com quem compartilho a preocupação por uma formação ambiental pelo viés da Química Verde. Nada do que eu diga conseguirá expressar a gratidão, o respeito e a admiração que tenho por você. A profissional que hoje sou reflete seus ensinamentos e conhecimentos, uma vez que sua contribuição à minha formação e constituição como pesquisadora vem desde a graduação. Obrigada pelas oportunidades, pelos desafios e pelo apoio incondicional ao longo desse percurso.

Aos meus amigos giequianos, com quem dividi aspirações e angústias. Em especial, **Leila, Leo, Erica, Patrícia, Gustavo, Marinês** e **Aniara**. Nossas discussões de cunho acadêmico (ou não) foram fundamentais para me nortear quando me sentia à deriva.

Às Profas. **Arlene** Gonçalves Corrêa (UFSCar), **Anelise** Maria Regiani (UFSC) e aos Profs. **Adélio** A. S. C. Machado (U. Porto – Portugal), **Flávio** Antonio Maximiano (USP), **Demétrio** Delizoicov (UFSC) e **Santiago** Francisco Yunes (UFSC), pela leitura cuidadosa, primordiais orientações, correções e sugestões, como membros da comissão examinadora desta tese, na etapa de Qualificação e na Defesa Final.

A todos os docentes do PPGECT, em especial, àqueles com os quais mantive contato mais próximo: os Profs. Demétrio, Fábio, Angotti, Fred, Henrique e as Profas. Sylvia e Adriana, pela fundamental colaboração nesse processo formativo.

À **Elizandra** e **Rodrigo**, pelo prazer da convivência e oportunidade de estreitar os laços de amizade.

Ao Prof. **Fábio** Sangiogo (UFPel) e à estimada **Fernanda** Christmann, pelo auxílio na localização de documentos constituintes do *corpus* de análise da tese.

À **Carla** Patrícia de Santiago Lapa, gestora da EBM Brigadeiro Eduardo Gomes (escola que, à época, eu era lotada). Os dois anos iniciais desse processo de doutoramento só foram possíveis graças à sua

sensibilidade e compreensão. “Dire”, muito obrigada por permitir que eu pudesse mergulhar no sonho do doutorado. Da mesma maneira, reconheço o apoio e o incentivo de alguns amigos dessa unidade educativa, dentre eles: **Guilherme, Fernanda, Tatiane, Roberta e Sandra.**

À Prefeitura de Florianópolis, por me conceder a licença aperfeiçoamento por 33 meses.

Aos meus pais, **Alfonso e Vanir**, e ao meu irmão, **Leonardo**, minha gratidão pelo amor, carinho, compreensão e apoio para que eu realize todos os meus sonhos.

Especialmente, agradeço ao meu esposo, **Rodrigo**, meu par na existência, por toda paciência, incentivo e compreensão ao longo desse árduo processo. Você foi o pilar de sustentação e o combustível que forneceu energia para percorrer toda essa trajetória.

Por fim, e diante do atual cenário político de nosso país, e das incertezas acerca do futuro da educação, sou muito grata à **UFSC**, pela oportunidade de estudar em uma universidade pública, gratuita e de qualidade.

SYMPHONY No.9, OP.125 (BEETHOVEN, LUDWIG VAN)

COMPOSITOR: LUDWIG VAN BEETHOVEN

NÚMERO DE CATÁLOGO: OPUS 125

DATA DA COMPOSIÇÃO: DE 1822 A FEVEREIRO DE 1824



Solo de violinos

Fragmento da partitura

4º movimento

IV. Presto; Allegro molto assai (Alla marcia); Andante
maestoso;

Allegro energico, sempre ben marcato

(Pois foi ao som da nona, que escrevi esta tese)

RESUMO

O presente estudo buscou compreender de que maneira a circulação de conhecimentos de Química Verde (QV), presentes em Teses e Dissertações (T&D), pode contribuir para o seu ensino e influenciar na formação de professores de Química. Os trabalhos identificados foram produzidos na esfera da pós-graduação em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, entre os anos 2002 e 2014. O levantamento e a seleção ocorreram por meio de descritores a partir do Banco de Teses da CAPES e da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Obteve-se acesso a 77 T&D (50 dissertações e 27 teses). Considerando que o processo de produção de conhecimento resulta também da interação dos autores das T&D com outras produções da comunidade científica, formando e possibilitando a circulação de conhecimentos e práticas situadas no campo da QV, buscou-se identificar igualmente trabalhos publicados no âmbito da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), em suas revistas e encontros anuais, para compreender a circulação de ideias, os resultados de pesquisa, as experiências de ensino e os textos para a disseminação da QV, no âmbito nacional; o levantamento totalizou 193 publicações autodenominadas em QV. A classificação foi realizada segundo o foco principal de cada trabalho: se voltado a conteúdos disciplinares (164 publicações) ou ao currículo (formação do químico e/ou do professor, com 29 publicações). Quanto a esse último, buscou-se identificar a característica que originou o problema do trabalho e sua associação à QV. Foi possível perceber uma predominância de propostas que vinculam a QV a outros aspectos, como a Química Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável. Outra característica presente em parte das publicações foram as propostas que associam a QV a atividades experimentais. Essa etapa nos possibilitou individualizar e discutir eventuais tendências nas indicações de abordagens para o ensino da QV, eventualmente utilizadas nas T&D. Já a segunda e principal etapa desta pesquisa foi constituída pela análise das 77 T&D, lidas na íntegra, com a identificação de vários aspectos de conteúdo, o que possibilitou a conformação e a distinção entre os círculos *exotéricos* e *esotéricos*, hierarquizados segundo as proposições explícitas *sobre o ensino da QV*. Desta amostra, apenas 14 trabalhos (4 teses e 10 dissertações) referiam-se, explicitamente, a essa dimensão, constituindo-se como um círculo *esotérico*, enquanto seus trabalhos, o *corpus* principal desta investigação. Cinco categorias constituídas *a priori* (cada qual composta por várias subcategorias) auxiliaram na análise dos conteúdos das T&D, a saber:

Tipo/característica do problema que originou o trabalho; Natureza do conhecimento envolvido; Motivações para a incorporação do ensino da QV na formação do químico e do professor de Química; Papel que atribui ao ensino da QV e Modelo de implementação do ensino. Entre os principais resultados estão: o compartilhamento entre as diferentes áreas da pós-graduação de ideias e proposições, essencialmente, quando formulam sobre o ensino da QV, conformando um mesmo coletivo de pesquisadores; a identificação de uma grande diversidade de razões causais/motivações, problemas de estudo, conhecimentos produzidos, procedimentos adotados e algumas formas sugeridas para a implementação da QV no ensino de Química. Ao final da análise desses 14 trabalhos, evidenciaram-se vários sinais que apontam ou reforçam a evolução da Química Clássica em direção a uma Química denominada Verde, voltada a agir, preventivamente, quanto aos problemas ambientais. Constatou-se que há uma preocupação que isso precisa reverberar no ensino da Química, inclusive na formação de seus professores, caracterizando a constituição de um novo estilo de pensamento, na área da Química: o ensino da QV. Logo, a formação em nível da pós-graduação proporciona um espaço importante e um instrumento de colaboração por meio da circulação de ideias e conhecimentos para que se efetive essa evolução no âmbito da Química, consolidando a chamada Comunidade Epistemológica QV.

Palavras-chave: Ensino da Química Verde, Circulação de ideias, Teses e Dissertações, Formação de professores de Química.

ABSTRACT

This study presents the first reflections of a doctoral research which focuses on understanding how the knowledge of the Green Chemistry (GC) present in theses and dissertations (T&D), may be contributing to the teaching of this perspective, and influencing teacher training of Chemistry. The state of the art research takes place in works produced around of Graduate in Chemistry, Education and Scientific and Technological Education, between 2002 and 2014. Those were identified and selected from the thesis database of Coordination for the Improvement of Higher Level Education (CAPES) and the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD). Access to 77 T&D (50 dissertations and 27 theses) was obtained. Considering which the process of knowledge production also results from the interaction of T&D authors with other scientific community productions, creating and allowing the circulation of knowledge and practices located in the field of GC, it was identified published works under the Brazilian Chemical Society (SBQ) in their magazines and annual meetings to understand the flow of ideas, research results, teaching experiences and texts for dissemination of GC at the national scope; the survey reached 193 GC self-styled publications. The classification was made according to the main focus of each work: turned the disciplinary contents (164 publications) or resume (chemical formation and / or teacher with 29 publications). At this last, attempted to identify the characteristics that originated the problem of work and its association with GC. It was possible to see a predominance of proposals linking GC to other aspects, such as the Environmental Chemistry and Sustainable Development. Another characteristic it was the proposals that associate GC to experimental activities. The first stage enabled us individually and discuss possible trends of teaching approaches to GC may have been used in T&D. The second and main stage of this research was established by analysis of 77 T&D, reading entirely, and identifying various aspects of content, which allowed the conformation and the distinction between exoteric and esoteric circles, ranked according to the explicit propositions about the GC education. At those, only 14 studies (4 theses and dissertations 10) explicitly referred to this dimension, establishing itself as an esoteric circle. Five categories established in advance (each composed of several subcategories) have helped in the analysis of T&D contents, namely: **Problem type/characteristic which originated the work; Knowledge nature involved; Incorporate**

motivations from GC education to form the chemist and chemistry teacher; Justification of GC teaching and teaching model implementation. The main results are: sharing across the different areas of postgraduate ideas and proposals, essentially, when formulated on the GC teaching, forming the same collective of researchers; identifying a wide variety of causal reasons / motivations, study issues, knowledge produced, adopted procedures and some suggested forms for the GC implementation in the Chemistry field. By the end of the 14 studies analysis, revealed up several signs that point or reinforce the evolution of classical chemistry towards a chemical called Green, focused on preventive action on environmental issues. It was noted there is concern that could reverberate in chemistry teaching, including the training of their teachers resulting in a new style of thought in the area of Chemistry: the teaching of GC. Therefore, the post-graduate level training provides an important space and a collaborative tool for the circulation of ideas and knowledge to become effective this evolution in the field of chemistry, named as Green Chemistry Epistemological Community.

Keywords: Green Chemistry Teaching, Flow of Ideas, Theses and Dissertations, Chemistry Teacher Education

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organização da tese	37
Figura 2: A circulação de conhecimentos, em Fleck (2010)	74
Figura 3: Modelo para a Sustentabilidade Ambiental inspirado	92
Figura 4: Evolução dos paradigmas da atitude humana sobre o ambiente	137
Figura 5: Síntese explicativa da categoria 1	173
Figura 6: Fases do processo de Análise de Conteúdo.....	189
Figura 7: Síntese explicativa da categoria 2	191
Figura 8: Síntese explicativa da categoria 3	192
Figura 9: Síntese explicativa da categoria 4	193
Figura 10: Síntese explicativa da categoria 5	194
Figura 11: Os círculos e a circulação de ideias para o ensino da Química Verde, nas teses e dissertações	221
Figura 12: Representação das convergências de proposições nas T&D	296
Figura 13: Representação esquemática de possíveis Coletivos de Pensamento da área da Química e do novo CP de Ensino da QV.....	307

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição anual de publicações.....	63
Gráfico 2: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em números)	65
Gráfico 3: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em percentagem)	65
Gráfico 4: Distribuição anual de publicações QV na SBQ (2002-2014)	170
Gráfico 5: Categorias circulantes em trabalhos SBQ, voltados à formação.....	177
Gráfico 6: Circulação intercoletiva – número de trabalhos voltados à formação do professor.....	178
Gráfico 7: Circulação intracoletiva – número de trabalhos voltados à formação do químico.....	178
Gráfico 8: Doze princípios da Química Verde.....	214
Gráfico 9: Subáreas das Química onde as T&D foram produzidas.....	216
Gráfico 10: Aspectos extraídos a partir da análise dos conteúdos das 63 T&D constituintes do círculo exotérico.....	218
Gráfico 11: Áreas onde os trabalhos que tratam do ensino da QV foram produzidos.....	230
Gráfico 12: Aspectos extraídos a partir da análise do conteúdo das T&D constituintes do círculo esotérico.....	231

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias <i>a priori</i> e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D.....	66
Quadro 2: Comparativo entre as premissas do “Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”	100
Quadro 3: Preposições para ligação entre os termos Química e Ambiente.....	114
Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde.....	127
Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde.....	130
Quadro 6: A circulação (intracoletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos químicos.....	174
Quadro 7: A circulação (intercoletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos professores de Química.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Visão geral do conjunto de questões complementares de pesquisa e suas relações com os capítulos da tese.....	36
Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações.....	48
Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses.....	56
Tabela 4: Número de publicações anuais.....	63
Tabela 5: Distribuição anual das pesquisas sobre a temática Química Verde produzidas no período de 2002 a 2014.....	64
Tabela 6: Resumo dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2009)	97
Tabela 7: Número de publicações QV anuais nos veículos da SBQ....	169
Tabela 8: Síntese da distribuição das produções autodenominadas QV na SBQ, entre 2002 e 2014, segundo o veículo de divulgação e foco.....	171
Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos.....	195
Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos..	207
Tabela 11: Teses e Dissertações que compõem o Círculo esotérico e seus aspectos constitutivos.....	222

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPEC – Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
C&T – Ciência e Tecnologia
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CMMA – Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento
CP – Coletivos de Pensamento
CTS – Ciência-Tecnologia- Sociedade
CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DS – Desenvolvimento Sustentável
EA – Educação Ambiental
ECT – Educação Científica e Tecnológica
EDS – Educação para o Desenvolvimento Sustentável
ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EP – Estilos de Pensamento
FdoQ – Formação do químico
FPQ – Formação de Professores de Química
GC – Green Chemistry
IES – Instituição de Ensino Superior
JBCS – Journal of the Brazilian Chemical Society
PNPG – Plano Nacional de Pós-Graduação
PP – Princípio da precaução
PPGE – Programa de Pós-graduação em Educação
PPGECT – Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica
PPGQ – Programa de Pós-graduação em Química
PPGs – Programas de Pós-graduação
PR – Paradigma de risco
QAmb – Química Ambiental
QN – Química Nova
QNEsc – Química Nova na Escola
QS – Química Sustentável
QV – Química Verde
RASBQ – Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química
RVq – Revista Virtual de Química
SA – Sustentabilidade Ambiental
SBQ – Sociedade Brasileira de Química
T&D – Teses e Dissertações

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFBA – Universidade Federal da Bahia
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFPB – Universidade Federal da Paraíba
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
UFPel – Universidade Federal de Pelotas
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UFU – Universidade de Uberlândia
UFV – Universidade Federal de Viçosa
UnB – Universidade de Brasília
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
UNICENTRO – Universidade Estadual do Centro-oeste
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	27
Objetivo Geral.....	35
Objetivos Específicos.....	35
CAPÍTULO 1. O UNIVERSO E OS INSTRUMENTAIS DA PESQUISA: DO <i>CORPUS</i> DE ANÁLISE AO APORTE TEÓRICO PRINCIPAL BASEADO NA PERSPECTIVA FLECKIANA.....	39
1.1 PESQUISAS DO TIPO ESTADO DA ARTE: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTITUIÇÃO DO CAMPO TEÓRICO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO.....	39
1.2 O UNIVERSO DA PESQUISA: SELEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO <i>CORPUS</i> DE ANÁLISE.....	44
1.2.1 O <i>corpus</i> de análise em números.....	62
1.3 A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA DO CONHECIMENTO DE FLECK PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	69
1.3.1 Ludwik Fleck: aspectos do contexto, produção e de algumas de suas categorias.....	69
1.3.2 Fleck e as Pesquisas em Ensino de Ciências.....	75
CAPÍTULO 2. A QUÍMICA NO CONTEXTO DA CRISE AMBIENTAL.....	85
2.1 CRISE AMBIENTAL PLANETÁRIA: A BUSCA DE ENTENDIMENTOS PARA UMA SITUAÇÃO (IN)SUSTENTÁVEL.....	86
2.2 DIMENSÃO AMBIENTAL NO ÂMBITO DA QUÍMICA: INDÍCIOS DA CONSCIÊNCIA DE COMPLICAÇÕES E SEU ENFRENTAMENTO NO COLETIVO DOS QUÍMICOS.....	107
2.2.1 A busca da Sustentabilidade Ambiental nas Atividades Químicas.....	111
2.2.2 Química Ambiental: a remediação como solução para os problemas ambientais.....	115
2.2.3 A emergência da Química Verde: a prevenção na geração de problemas Ambientais.....	119
CAPÍTULO 3. CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A QUÍMICA VERDE: INFLUÊNCIAS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	145
3.1 O ENSINO DE ASPECTOS AMBIENTAIS PELA QUÍMICA...146	
3.1.1 Educação e Desenvolvimento (mais) Sustentável: interlocuções com a Educação Ambiental.....	147

3.1.2 Situando a dimensão ambiental no ensino de Química: possibilidades da sinergia entre a Química Ambiental e a Química Verde.....	154
3.1.3 Situando a dimensão ambiental no ensino de Química: possibilidades da sinergia entre Química Ambiental e Química Verde.....	159
3.2 A QUÍMICA VERDE E AS PREOCUPAÇÕES COM O SEU ENSINO: ANÁLISE DE UMA PRODUÇÃO ACADÊMICA DA SBQ	167
CAPÍTULO 4. COLETIVOS PRODUZINDO SOBRE QUÍMICA VERDE E SEU ENSINO: IMPLICAÇÕES À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA.....	187
4.1 O CENÁRIO GERAL: DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE AOS NÚMEROS INICIAIS.....	190
4.2 A IDENTIFICAÇÃO E A CARACTERIZAÇÃO DO CÍRCULO ESOTÉRICO DO ENSINO DA QUÍMICA VERDE.....	220
4.2.1 Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D.....	232
4.2.2 Natureza do conhecimento envolvido.....	245
4.2.3 Motivações para incorporação do ensino da Química Verde na formação do químico e do professor de Química.....	256
4.2.4 Papel atribuído ao ensino da Química Verde.....	271
4.2.5 Modelos de implementação do ensino.....	282
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	299
REFERÊNCIAS.....	311
Apêndice A - Lista das Teses e Dissertações Analisadas.....	335

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os danos ao meio ambiente causados pelo ser humano vêm sendo mais intensamente observados, discutidos e estudados, principalmente porque não têm mais incidido localmente, mas sim, sobre toda a sociedade, em dimensões e responsabilidades variadas. Esses problemas — e suas proporções — têm sido comumente denominados de crise ambiental (LEFF, 2008), cujas causas parecem ainda não encontrar consenso entre os diversos atores sociais, muito embora algumas delas sejam amplamente conhecidas e, de certo modo, reconhecidas. Nesse quadro, servem de exemplo o atual modelo de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico e o consumismo desenfreado, fruto de um modo de vida que tem privilegiado o supérfluo. Tem-se, assim, uma crise que não se limita ou envolve somente os indivíduos, governos ou instituições específicas, mas uma crise que é vista como um modelo civilizacional (NASCIMENTO, 2012a).

Como apontam alguns autores (VIOTTI, 2001; VEIGA, 2005; SACHS, 2008), os sinais da crise socioambiental se tornaram mais evidentes a partir dos anos 1960, impulsionados pelo acelerado desenvolvimento econômico, industrial e agrícola. Na realidade, a crise reflete o uso intensivo de novos meios de produção e a escalada do consumo, que geraram processos de degradação ecológica e destruição ambiental. Contudo, é imperioso registrar, conforme Freitas e colaboradores (2010), que há séculos os recursos naturais do planeta, em grande parte, os de origem não renovável, vêm sendo utilizados de forma bastante irracional e predatória, colocando em risco o nosso futuro e a própria existência da vida na Terra. Embora a conscientização acerca desse tema tenha tido progressos, especialmente desde a Rio-92, o que se observa é um acelerado crescimento da degradação ambiental (SILVA; CRISPIM, 2011).

A crise é, portanto, civilizatória, e não da natureza. Sua superação exige diversas e profundas mudanças, entre elas: a concepção e o reconhecimento sobre os limites biofísicos do planeta; o tipo de relação que o homem estabelece com o ambiente; de valores como o bem-estar e de necessidades vitais; do prazer material e imaterial; da desenfreada busca pela riqueza econômica. Isso requer, então, a suplantação de visões reducionistas, preservacionistas ou mesmo românticas sobre a relação do ser humano com o meio ambiente, sustentadas principalmente por entendimentos que resumem o ambiente a aspectos

naturais, ou ainda, como “provedor” inexaurível da sobrevivência humana. É necessário edificar novos valores, individuais e sociais, moldados nos compromissos socioambientais de preservação do planeta como um bem comum. Algo que deve pautar a economia e os processos de produção que possam garantir nossa (sub)existência.

A nosso ver, essa crise impõe que o meio ambiente seja compreendido de maneira holística e não dicotomizada. Isto é, que seja caracterizado, substancialmente, como fruto das relações **entre** a sociedade e a natureza, reconhecendo-se, para tanto, que os seres humanos fazem parte do meio (ROLOFF, 2011) e que são atingidos igualmente por ela. Nessa relação é necessário levar em consideração um dos principais fatores da crise: as atividades econômicas, as quais, com seus diferentes modos de apropriar-se dos recursos materiais do ambiente, processam-nos (através das transformações biofísicas e químicas) para satisfazer necessidades primárias ou supérfluas, realizando trocas sociais por meio do mercado. E esses fatores, uma vez considerados histórica e socialmente, podem apontar mais claramente para a principal e verdadeira dimensão da atual crise ambiental.

Nessa pequena introdução do tema, saltamos a descrição desses aspectos de caráter mais históricos para nos reportarmos à atualidade. Uma das mais fortes respostas ao reconhecimento da crise são os discursos materializados no conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS), construído pelos países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU) e definido como aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações (WCED, 1987). Nele está impresso o reconhecimento da necessidade de mudanças no processo do desenvolvimento econômico, a fim de torná-lo (mais) sustentável. Embora seja polêmico, esse conceito (ou, mais propriamente, uma “ideia-força”) reúne um entendimento de que algo precisa ser feito para não se comprometer (mais) o futuro do planeta.

De acordo com Machado (2010), a compreensão sobre o DS surgiu a partir da necessidade de gerir a matéria-prima (florestas, utilizadas como biomassa), com o objetivo de dar continuidade aos processos de produção já no início do século XVIII, sendo, portanto, um conceito gerado por preocupações e motivações essencialmente econômicas. A ideia-força, porém, surgiu a partir também de estudos ligados às mudanças climáticas, realizados pela ONU, como uma resposta à crise ambiental, a partir da segunda metade do século XX.

O termo DS atingiu maior reconhecimento a partir da década de 1990, tornando-se muito utilizado para se definir um novo modelo de desenvolvimento (VAN BELLEN, 2004). Todavia, Van Bellen (2004) destaca que a crescente legitimidade do conceito não veio acompanhada de uma discussão crítica e consistente a respeito de seu significado efetivo e das medidas necessárias para alcançá-lo.

Essa ressalva expressa uma preocupação com um termo conceitual muito amplo e polissêmico, sendo necessário avaliá-lo em suas múltiplas dimensões: biológicas, econômicas, éticas, políticas, sociais e geográficas. Contudo, como se discutirá ao longo da tese, além dessas dimensões, apontaremos também a necessidade de se considerar o alcance físico dessa ideia-força contida no conceito de DS, cuja dimensão se associa ou se relaciona ao conceito de sustentabilidade ambiental (SA).

O conceito de SA — por vezes empregado como sinônimo de DS — surgiu na década de 1970 (BASIAGO, 1995), e desde então, diversas definições e compreensões têm sido elaboradas (MARQUES; MACHADO, 2014) em vários campos do saber. Todavia, poucos são os autores que assumem a ideia de SA como algo apenas hipotético, dado os limites peremptórios dos sistemas físicos (materiais e energéticos) do mundo biofísico, onde, por motivos variados, a maioria das manifestações acadêmicas e políticas parece adotar esse mesmo conceito ou suas variações de forma acrítica em relação aos determinantes físico-químicos.

Constata-se, então, a crescente percepção social e política de que o desenvolvimento econômico — incluindo o industrial e o tecnológico — vem sendo alcançado sob formas e ritmos “insustentáveis”, o que, em certa medida, coloca a busca por um (novo) modelo de desenvolvimento em “equilíbrio” com o ambiente como algo, no mínimo, controverso. Portanto, falar em DS torna-se apenas uma ideia-força, sem se saber propriamente o que significa e como se alcança. Conforme Nascimento (2012b), talvez seja por isso que esse conceito tenha conquistado tanto consenso ou apelo (comercial), implicando em uma ameaça ao futuro planetário.

Mas, nesse cenário de crise, convém destacar ainda a responsabilidade da Química — uma área com dupla dimensão: acadêmica e industrial —, que fornece insumos (substâncias) e desenvolve processos de transformação química da matéria. Via de regra, seus processos geram resíduos materiais e energéticos que podem ser poluentes e ter como destino final a atmosfera, o solo e a água, contaminando ecossistemas e atingindo diferentes formas de vida, com

efeitos entrópicos danosos ao ambiente natural e humano (MOZETO; JARDIM, 2002). Além disso, trabalha também com substâncias tóxicas e inflamáveis, que são nocivas ao meio ambiente e à sua biodiversidade. Obviamente, a Química não é somente produtora de problemas, pois através de seus estudos muitas coisas mudaram a nosso favor como, por exemplo, a produção de bilhões de toneladas/ano de mais setenta mil compostos, dentre eles fármacos, combustíveis e alimentos, além de tantos outros que nos ajudam a resolver problemas e nos trazem conforto (CORRÊA; ZUIN, 2009).

Por ser uma ciência relacionada ao ambiente (no campo das Ciências da Natureza), e reconhecendo-se a importância e a necessidade de se buscar soluções para problemas ambientais, recentemente se intensificou a busca por novas práticas químicas, a exemplo daquelas orientadas pelos princípios da Química Verde (QV) (ANASTAS; WARNER, 1998; IUPAC; 2014). E embora a QV venha estudando e desenvolvendo soluções ambientais no âmbito da Química, outra “área”¹ importante e histórica, a Química Ambiental (QAmb), tem buscado também proporcionar a melhoria da qualidade de vida no planeta através de estudos envolvendo os processos químicos e as mudanças que ocorrem no ambiente, de origem antrópica ou não (MACHADO, 2004).

Todavia, alguns autores (RAMOS, 2009; MARQUES *et al.*; 2013; GOES *et al.*; 2013; ROLOFF; MARQUES, 2014; ZUIN; MARQUES, 2014, 2015) apontam que, nos últimos anos, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos acerca da inserção da QV no ensino de Química, tanto na escolarização básica quanto na superior (MARQUES *et al.*, 2007). A maioria desses trabalhos tem se dedicado a abordar aspectos relacionados aos seus princípios norteadores e a defender possíveis enfoques da QV associados ou relacionados às questões ambientais² com temas envolvendo a SA e o DS, sendo que poucos se voltam ao ensino da Química, no geral, e da QV, em particular.

¹ De acordo com a IUPAC, a QAmb e a QV não são consideradas divisões específicas da Química. Deste modo, a Química Verde (Green Chemistry) está localizada e constituída enquanto um subcomitê dentro da divisão de Química Orgânica e Biomolecular. Logo, a denominação “área”, adotada por nós, tem o sentido de aglutinação de temas e objetivos comuns de investigação, práticas e produções científicas dentro do coletivo dos químicos. Informações disponíveis em: www.iupac.org/web/ins/303.

² O termo “questões ambientais” contém e representa uma síntese dos impasses que o atual modelo civilizatório acena e manifesta (LEFF, 2008). Convém lembrar que “*questões e problemas ambientais*” não se referem à mesma coisa.

A título de exemplo, há o trabalho desenvolvido por Zandonai e colaboradores (2014), que ressaltam que a QV tem sido introduzida nas instituições de ensino do país (principalmente de nível superior) de maneira geral, mas associada à experimentação. Os autores realizaram uma busca em recentes publicações de pesquisadores brasileiros, que objetivavam introduzir os conteúdos de QV no ensino, e destacaram algumas características das propostas, como: a maioria das publicações deriva da Química Orgânica (novas formulações de roteiros práticos através da adaptação de procedimentos existentes); a presença de publicações da Química Analítica centradas no caráter experimental, além de alguns trabalhos que superavam a descrição de um roteiro verde (embora estes cumpram um importante papel, desde que os conteúdos sejam abordados em uma perspectiva epistemológica mais atual). Quanto às reflexões acerca da inserção da QV na formação de professores de Química, salientaram que as publicações:

[...] apontam para a importância de se analisar criticamente a literatura e documentos curriculares nacionais, por meio da discussão das complexas problemáticas socioambientais atuais e da apropriação de uma visão epistemológica contemporânea com relação à produção do conhecimento e empreendimento tecnocientíficos, em oposição à concepção empirista-indutivista, ou seja, um processo contínuo de reconstrução dialógica, que contemple visão sistêmica, complexidade, transdisciplinariedade, flexibilidade e sensibilidade (ZANDONAI *et al.*, 2014, p. 76).

Já Fiedler e colaboradores (2005) destacam a necessidade de se alcançar um novo “paradigma”³, ou seja, o desenvolvimento de um novo modelo para o ensino da Química voltado para um futuro sustentável, integrando meio ambiente e desenvolvimento econômico. Sá e Martins (2005) também reconhecem a necessidade e a importância

Em nosso estudo, o termo “questões ambientais” é mais amplo, pois engloba diversos aspectos, incluindo, dentre eles, os próprios problemas ambientais.

³ O termo paradigma, utilizado algumas vezes ao longo desta tese, refere-se ao desenvolvimento de um novo modelo, uma conotação geral de padrão normativo/referência, não estando relacionado aos conceitos de paradigma e suas rupturas, utilizados por Thomas Kuhn.

do entendimento sistemático e holístico para a intervenção consciente e responsável na problemática ambiental, proporcionado pela educação.

Segundo Costa (2011), a QV mostra que o principal objetivo do ensino da Química seria o de preparar os alunos para compreender, exigir e contribuir para o DS, o que demanda uma visão integrada da Química com o meio ambiente e a economia, sendo a QV um veículo privilegiado para a aquisição dessa visão. Destacando também a importância do ensino da QV, Góes e colaboradores (2013) comentam a adoção desse enfoque, o qual, além do aprendizado de conceitos básicos de química, relaciona-se à capacidade de participação no desenvolvimento da sociedade — conforme discutido nos termos do ensino para o DS —, fornecendo ao aluno a oportunidade de fazer conexões entre a química, outras disciplinas e aspectos do dia a dia.

Esses exemplos, situados no campo da Química, salientam o papel da educação à formação ambiental. Especificamente ao ensino da QV, entendemos que não se reduza à inserção de seus princípios e/ou propostas de atividades e materiais a serem incluídos em conteúdos programáticos de ensino pontuais, ou ainda, a uma disciplina específica de QV (que faça parte da grade curricular dos cursos de Química), mas que seja introduzido no âmbito geral (de práticas e ensino) dessa ciência, perpassando todas as suas áreas. Afinal, a incorporação de metodologias voltadas aos estudos de situações sócio-científicas (que contemplem a perspectiva ambiental) auxilia no enfrentamento da prevenção de problemas ambientais.

Zuin (2013) comenta que o movimento da QV tem crescido nos últimos anos, envolvendo as principais sociedades de Química mundiais, como a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), além do setor industrial, universidades e órgãos governamentais. A autora ressalta que “desde meados de 2000, várias instituições de ensino, pesquisa, associações profissionais e empresas da área de Química e das Engenharias têm promovido eventos para a difusão da Química Verde” (2003, p. 561).

O que apontamos até aqui registra alguns elementos do processo de circulação de ideias acerca da adoção da QV que podem estar influenciando em seu ensino, na produção de conhecimentos e refletindo na formação dos químicos e dos professores de Química. Esses são aspectos importantes com os quais dialogaremos e defenderemos nesta tese.

Por fim, registramos que esta pesquisa de doutorado dá sequência e aprofunda as reflexões iniciadas no mestrado, como também aquelas

que vêm sendo fomentadas nas discussões e pesquisas realizadas junto ao Grupo de Investigação no Ensino de Química (GIEQ)⁴, da Universidade Federal de Santa Catarina. São estudos voltados à inserção, abordagem e tratamento de aspectos ambientais no ensino de Química e na formação dos professores dessa ciência, principalmente pelo viés da Química Verde.

Durante o mestrado, tivemos a oportunidade de analisar cursos de Licenciatura em Química, de nove instituições públicas de Ensino Superior (IES), das regiões sul e sudeste do país (ROLOFF, 2011). A partir da análise dos documentos curriculares e das entrevistas com os professores responsáveis pelas disciplinas de cunho ambiental, e das IES envolvidas na pesquisa, identificou-se e discutiu-se de que forma a relação entre a Química e as questões ambientais era interpretada pelos docentes nos cursos averiguados, e como esses entendimentos poderiam estar refletindo na prática docente dos futuros professores de Química. Foi possível concluir que, na maioria das IES, existe uma preocupação e um tratamento das emergentes questões ambientais nos processos formativos de professores de Química, as quais são abordadas sobre diferentes vieses, identificados como as perspectivas da Química Verde, da Química Ambiental, da Educação Ambiental (EA) e do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), além de interfaces entre essas concepções (ROLOFF, 2011; ROLOFF; MARQUES, 2014). Nessa pesquisa, percebemos que essas perspectivas podiam dar suporte epistemológico e teórico-metodológico a uma abordagem crítica e transformadora das questões ambientais no ensino de Química, mas reconhecemos também a necessidade de um maior aprofundamento na investigação especialmente sobre a sinergia entre o ensino da QV e a formação de professores, evidenciando e analisando pesquisas sobre o tema.

Detrai-se, dessas experiências e discussões, que existe uma ideia e/ou objetivo implícito em ações desenvolvidas em prol do ambiente, sejam elas de salvaguarda, remediação ou de prevenção ambiental, as quais estariam, em certa medida, relacionadas às dimensões sociais e econômicas mais amplas. Como a literatura relativa à QV vem se expandindo significativamente, e os espaços de produção envolvendo a QV podem ser amplos demais, interessa-nos observar particularmente o espaço das pesquisas em nível da pós-graduação, problematizando os reflexos que causam na formação do químico (FdoQ), e mais

⁴ Disponível em: www.gieq.ufsc.br.

especificamente, os reflexos na formação de professores de Química (FPQ).

Portanto, a pesquisa pretende dialogar com os aspectos recém-salientados. Consideraremos a necessidade de analisar a circulação de ideias e as propostas sobre a QV, sobretudo acerca de seu ensino e quando voltadas à formação de professores de Química, partindo da literatura nacional. Isso nos auxiliará a olhar para um espaço de circulação de ideias e práticas mais específico, isto é, a distintos coletivos de químicos envolvidos em programas de pós-graduação (PPGs) com o mesmo propósito (FdoQ, FPQ e Ensino). Para tanto, nos apoiaremos na epistemologia de Ludwik Fleck (1986, 2010), especialmente algumas de suas categorias, a saber: Estilo de Pensamento (EP), Coletivo de Pensamento (CP), Círculo Esotérico, Círculo Exotérico, Complicação e Circulação intracoletiva e intercoletiva de ideias.

Diante do panorama apresentado e dos propósitos expostos, propõe-se uma pergunta fundamental para esta pesquisa de Tese (QP):

Em que aspectos a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde em teses e dissertações pode contribuir ao seu Ensino e à Formação de Professores de Química?

Como já apontamos, a partir da identificação de discussões acerca de aspectos relacionados à problemática ambiental, consubstanciada principalmente nas ideias e produções da QV, circulantes em teses e dissertações (T&D), espera-se caracterizar aspectos/elementos que possam vir ou estejam contribuindo ao ensino da QV e à formação de professores de Química. Essa expectativa e propósito emergem na medida em que ideias, conhecimentos e práticas sobre a necessidade de se ensinar QV já vêm sendo difundidos na literatura, os quais sinalizam algum tipo de compartilhamento entre grupos/coletivos de pesquisadores atuantes e/ou em formação em programas de pós-graduação. Dito de outro modo, a **hipótese** de nossa investigação é de que o crescimento na produção e circulação acadêmica de trabalhos ligados à problemática ambiental e à QV em T&D nas áreas da Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica (ECT) pode vir a influenciar, ou já está, o ensino da QV e a formação de professores de Química.

Além da questão principal de pesquisa, outras quatro questões complementares também nortearão as investigações, o estudo e a escrita da tese. São elas:

Questão 1 (Q1): Em que aspectos compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química circulantes em produções acadêmicas orientam visões sobre QV?

Questão 2 (Q2): De que maneira a circulação de ideias em publicações autodenominadas QV — particularmente no Brasil — pode estar influenciando a elaboração de propostas sobre seu ensino?

Questão 3 (Q3): Que características contêm eventuais formulações dirigidas ao ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica? Em que medida essas formulações podem contribuir à Formação de Professores de Química?

Questão 4 (Q4): Estariam essas áreas distintas (Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica) se constituindo como círculos e coletivos de pensamento distintos, relacionados ao Ensino da QV e, em certa medida, favorecendo a emergência de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química?

A partir disso, nossos objetivos de estudo e de pesquisa assim se expressam:

Objetivo Geral

Identificar e discutir em que medida a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde, em teses e dissertações nas áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, pode contribuir ao seu ensino e à formação de professores de Química.

Objetivos Específicos

1) Evidenciar ideias e discutir compreensões circulantes sobre crise ambiental e sua relação com a Química, em produções acadêmicas, especialmente aquelas ligadas à QV.

2) Identificar e discutir em que medida a circulação de ideias envolvendo a QV pode estar influenciando a elaboração de propostas voltadas ao seu ensino.

3) Caracterizar e discutir eventuais propostas sobre o ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica, analisando se essas propostas podem contribuir à Formação de Professores de Química.

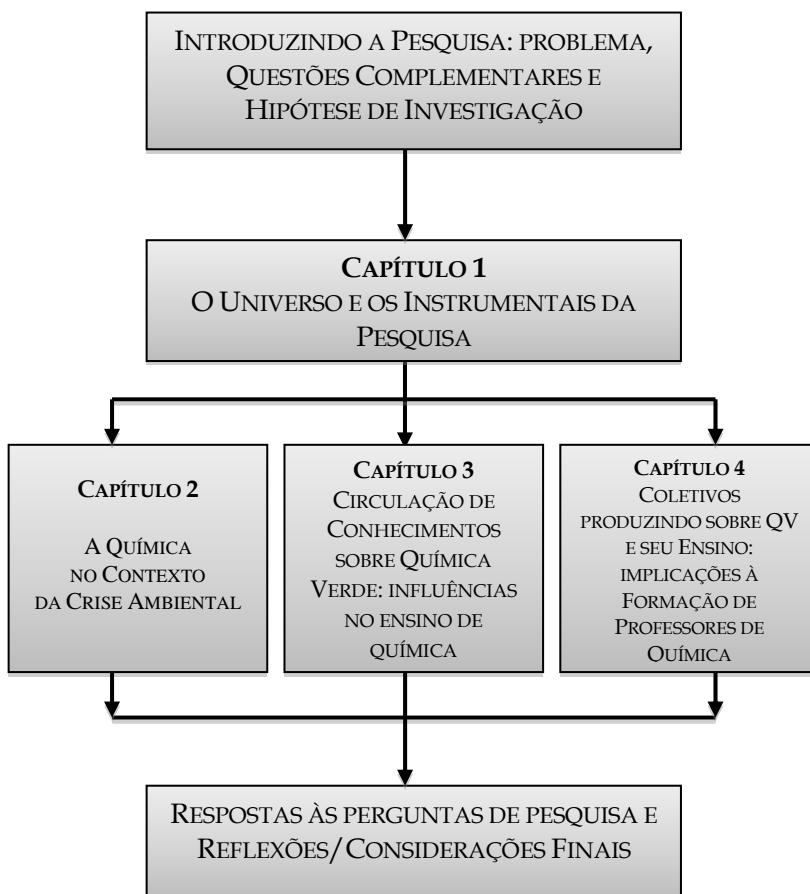
4) Identificar em que medida as pós-graduações em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica estão se constituindo como distintos círculos e coletivos de pensamento relacionados ao ensino da QV e favorecendo a emersão de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química.

Para responder a essas questões e atingir os objetivos propostos, organizamos a tese segundo uma estrutura hierárquica, que segue um conjunto de perguntas de investigação que nortearão as discussões dos capítulos 2, 3 e 4, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Visão geral do conjunto de questões complementares de pesquisa e suas relações com os capítulos da tese

CAPÍTULO	QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO				
	QP	Q1	Q2	Q3	Q4
1	X				
2	X	X			
3	X		X		
4	X			X	X

E para melhor compreender essa sistemática, resumimos na Figura 1 a estrutura dos capítulos para, em seguida, apresentar sinteticamente os assuntos e as ideias a serem contemplados em cada um deles.

Figura 1: Organização da tese

Considerando as informações relativas às ideias e produções QV como ponto de partida da presente investigação, organizamos esta tese de maneira hierárquica em capítulos. No primeiro, apresentamos a caracterização da pesquisa, apontando os procedimentos metodológicos adotados, a estrutura de organização da tese, a construção do *corpus* de investigação, assim como uma análise quantitativa preliminar dessas informações, que nos permitirá ter uma noção do cenário de investigação envolvendo as teses e dissertações de interesse. Abordamos também a teoria de Ludwik Fleck (2010) e suas categorias analíticas,

explicitando sua utilização em pesquisas da área de Ensino de Ciências e as possíveis articulações com o tema em estudo.

No capítulo 2, discutimos aspectos que caracterizam a crise ambiental e a relação com a Química, o que fomenta a justificativa da pesquisa, a necessidade e a importância de se discutir tais aspectos na formação dos químicos, pontuando contribuições da Química Ambiental e da Química Verde na compreensão e atuação preventiva aos danos ambientais provenientes das atividades químicas. Ainda nesse capítulo, por considerarmos que nosso objetivo é dialogar sobre uma nova maneira de se ensinar a Química, tendo como pano de fundo as questões do ambiente, argumentamos e defendemos um novo tipo de educação no âmbito da Química, denominada de Educação Química Verde.

Já no capítulo 3, dialogamos sobre a circulação de ideias em produções autodenominadas QV, especificamente aquelas publicadas nos meios de divulgação da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Com elas, buscamos entender melhor como essas produções podem estar influenciando o ensino da Química, sobretudo o ensino da QV.

E no capítulo 4, apresentamos as análises quantitativa e qualitativa dos conteúdos das T&D, identificadas e selecionadas. Nesse capítulo, discutimos as produções de T&D da pós-graduação (Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica), assim como os conhecimentos produzidos por esses círculos (a partir das T&D), apontando de que maneira as ideias podem estar influenciando o ensino da QV e a FPQ. Por fim, nas considerações finais, apresentamos uma reflexão geral da pesquisa, dialogando com nosso problema de pesquisa.

CAPÍTULO 1

O UNIVERSO E OS INSTRUMENTAIS DA PESQUISA: DO CORPUS DE ANÁLISE AO APORTE TEÓRICO PRINCIPAL BASEADO NA PERSPECTIVA FLECKIANA

O trabalho do pesquisador consiste em diferenciar, no meio da confusão incompreensível, no caos que enfrenta, entre aquilo que obedece à sua vontade e aquilo que resulta de si mesmo e que resiste à sua vontade. Esse é o solo firme que ele, ou melhor, o coletivo de pensamento procura e não cansa de procurar. (FLECK, 2010, p. 144)

Neste capítulo, apresentamos o universo de nossa pesquisa, descrevendo o seu percurso metodológico, desde as razões para a composição da amostra até os instrumentos que serão utilizados para o alcance das informações que desejamos discutir. Faremos também interlocuções com a teoria de Ludwik Fleck (2010) e suas articulações com o tema e os objetivos de nosso estudo, assim como seu uso em pesquisas da área de Educação em Ciências.

Para tanto, o texto deste capítulo foi organizado em três partes: na primeira, discorreremos sobre pesquisas do tipo “estado da arte” e suas inferências nessa investigação; depois, descrevemos como ocorreu a construção do *corpus* de análise, além de apresentar o cenário dos dados levantados. Por fim, argumentaremos sobre a adequação da escolha do uso do referencial fleckiano para nossos objetivos investigativos, apresentando algumas de suas categorias como subsídio para a análise das produções acadêmicas selecionadas.

1.1 PESQUISAS DO TIPO ESTADO DA ARTE: CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTITUIÇÃO DO CAMPO TEÓRICO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

Considerando que objetivamos conhecer o universo das produções sobre Química Verde em PPGs, especialmente sobre seu ensino e, possivelmente, sobre a formação de professores nessa

perspectiva, a natureza de nossa pesquisa situa-se no tipo “estado da arte”.

Nessas produções, a principal característica é o interesse pelo conhecimento da totalidade dos estudos e pesquisas em determinadas áreas do saber e campos de produção de conhecimento. O intuito é conhecer o que já foi produzido (em um dado momento histórico), e assim, ordenar resultados obtidos e informações (processo necessário para a evolução da ciência). De acordo com Ferreira (2002), essas são as principais justificativas para o crescimento do desenvolvimento de pesquisas definidas como “estado da arte”, sendo que grande parte dessas reflexões são desenvolvidas em nível da pós-graduação. Segundo a autora, esse tipo de pesquisa é também conhecido como “estado do conhecimento”, sendo definido como:

[...] de caráter bibliográfico, elas parecem trazer em comum o desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários. Também são reconhecidas por realizarem uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema que busca investigar, à luz de categorias e facetas que se caracterizam enquanto tais em cada trabalho e no conjunto deles, sob os quais o fenômeno passa a ser analisado (FERREIRA, 2002, p. 258).

Romanowski e Ens chamam a atenção para a necessidade do desenvolvimento de pesquisas do tipo “estado da arte”, com um entendimento muito similar ao apresentado anteriormente, quando dizem:

Estados da arte podem significar uma contribuição importante na constituição do campo teórico de uma área de conhecimento, pois procuram identificar os aportes significativos da construção da teoria e prática pedagógica, apontar as

restrições sobre o campo em que se move a pesquisa, as suas lacunas de disseminação, identificar experiências inovadoras investigadas que apontem alternativas de solução para os problemas da prática e reconhecer as contribuições da pesquisa na constituição de propostas na área focalizada. Os objetivos favorecem compreender como se dá a produção do conhecimento em uma determinada área de conhecimento em teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos de periódicos e publicações. Essas análises possibilitam examinar as ênfases e temas abordados nas pesquisas; os referenciais teóricos que subsidiaram as investigações; a relação entre o pesquisador e a prática pedagógica; as sugestões e proposições apresentadas pelos pesquisadores; as contribuições da pesquisa para mudança e inovações da prática pedagógica; a contribuição dos professores/pesquisadores na definição das tendências do campo de formação de professores (2006, p. 39).

Percebe-se que as pesquisas desse tipo, além de resgatar, valorizam os conhecimentos produzidos. As autoras destacam que elas não se reduzem a identificar a produção, mas sim, analisá-la, categorizá-la e revelar seus enfoques e perspectivas. Mas Romanowski, em trabalho anterior, já ressaltava a necessidade de alguns procedimentos para a sua realização:

- definição dos descritores para direcionar as buscas a serem realizadas;
- localização dos bancos de pesquisas, teses e dissertações, catálogos e acervos de bibliotecas, biblioteca eletrônica que possam proporcionar acesso a coleções de periódicos, assim como aos textos completos dos artigos;
- estabelecimento de critérios para a seleção do material que compõe o *corpus* do estado da arte;
- levantamento de teses e dissertações catalogadas;
- coleta do material de pesquisa, selecionado junto às bibliotecas de sistema COMUT ou disponibilizados eletronicamente;

- leitura das publicações com elaboração de síntese preliminar, considerando o tema, os objetivos, as problemáticas, metodologias, conclusões e a relação entre o pesquisador e a área;
- organização do relatório do estudo compondo a sistematização das sínteses, identificando as tendências dos temas abordados e as relações indicadas nas teses e dissertações;
- análise e elaboração das conclusões preliminares (2002, p. 15-16).

Puentes, Aquino e Faquim (2005) comentam que, até pouco tempo, essa modalidade de pesquisa era considerada um simples inventário dos problemas teóricos e empíricos mais representativos de um objeto de estudo. No entanto, as pesquisas atuais envolvendo o “estado da arte” enfrentam um tipo de abordagem centrada na relação estabelecida entre os textos e o contexto. Enfatizam que sua aplicação é muito útil, pois isso permite que se criem importantes acervos teóricos e metodológicos, úteis na determinação de lacunas, inconsistências, tendências, temas relevantes, metodologias emergentes utilizadas, possíveis problemas de interesse científico e social, entre outros.

Ferreira (2002) faz também uma interessante reflexão acerca do uso de catálogos como fonte documental, utilizados como referências de base para o levantamento de dados em pesquisas de “estado da arte”. Segundo a autora, os catálogos orientam pesquisas bibliográficas, em áreas do conhecimento específicas, fornecendo informações básicas a respeito da produção acadêmico-científica, tais como: os títulos dos trabalhos (de teses e dissertações, por exemplo), os nomes do autor e orientador(es), o local e a data da defesa do trabalho, a área à qual pertence, além de um resumo (que deve conter o objetivo da investigação, a metodologia empregada, o problema de pesquisa, o referencial teórico utilizado, os sujeitos de pesquisa, o método de tratamento de dados, os resultados obtidos e as breves considerações). Identificam-se duas maneiras de se utilizar os catálogos como fonte de pesquisa: a primeira, voltada para uma análise mais quantitativa, que basicamente se reduz a interagir com a identificação de dados bibliográficos; a segunda, o pesquisador deve superar as respostas de perguntas como “quando”, “onde” e “quem”, e buscar justificativas ao “o quê” e “como”. Para tanto, o investigador vai além da leitura dos

resumos dos trabalhos, e passa a se debruçar sobre a íntegra das produções.

Esta pesquisa enquadra-se nos dois momentos expressos por Ferreira (2002), dado que, inicialmente, as pesquisas de interesse foram identificadas por meio de descritores e, posteriormente, analisadas em sua totalidade.

Quanto às pesquisas acerca da difusão e aplicação da QV, é possível encontrar algumas produções na literatura da área, que fornecem uma ideia ou panorama do que está sendo produzido, muito embora não se constituam propriamente como “estado da arte”. Dentre elas, destacamos o trabalho de Marques e Machado (2014), que discutem a relação entre DS/SA e Química Verde a partir da análise de artigos e livros internacionais.

Sousa-Aguiar e colaboradores (2014), em artigo publicado na revista *Química Nova*, apresentam uma análise da produção bibliográfica mundial sobre QV, ressaltando que esta vem ganhando destaque na comunidade científica ao longo dos últimos anos, e que as publicações derivam, em sua maioria, de países como os EUA e a Inglaterra, enquanto que os periódicos de maior impacto têm origem na Alemanha, Reino Unido e EUA. Utilizando a base de dados *Web of Science*, os autores realizaram uma busca por artigos publicados até o ano de 2013 que contivessem os termos *Green Chemistry* (800 artigos), *Sustainable Chemistry* (120 publicações) e *Clean Chemistry* (7 artigos publicados). A partir da identificação desse material, construíram gráficos mostrando a evolução no número de publicações para cada palavra-chave ao longo dos anos. Observaram que o termo *Green Chemistry* (GC) é o mais utilizado em publicações da área, elencando ainda um *ranking* de periódicos que mais publicam sobre QV. A revista *Química Nova*, com 49 artigos, foi a única nacional presente na pesquisa, ocupando a 17ª posição, em um universo de 32 periódicos. Adicionalmente, por meio de um gráfico, os autores apresentaram um índice de impacto dos periódicos que mais publicam sobre QV, com o Brasil ocupando a 26ª posição. E utilizando o *Qualis* da CAPES, avaliaram também a qualidade das revistas mais importantes na área de QV, argumentando que os resultados apresentados são úteis para auxiliar a busca daqueles que estão para iniciar um trabalho ou que desejam se aprofundar no tema.

Já Costa, Ribeiro e Machado (2008) realizaram uma análise sistemática da bibliografia sobre artigos que tratam do ensino da QV, principalmente nos periódicos *Journal of Chemical Education*, da American Chemical Society, e do *Green Chemistry*, da Royal Chemical

Society, entre os anos de 1996 a 2007. Essa análise foi atualizada e discutida em uma tese de doutorado desenvolvida por Costa (2011). Em ambos os estudos, a pesquisa bibliográfica foi realizada pela busca do termo *Green Chemistry*, nos títulos dos artigos e nas palavras-chave. Os autores realizaram uma pesquisa prévia nos artigos selecionados, classificando-os em nove categorias, a saber: Divulgação da QV (apresentação da QV e de sua evolução); Ensino (sobre propostas de ensino, cursos, atividades, etc., sem a abordagem detalhada de experiências laboratoriais); Experiência de Demonstração (descrição das experiências realizadas a título demonstrativo); Experiência de Laboratório em Química Analítica; Experiência de Laboratório em Química Geral; Experiência de Laboratório Química Inorgânica; Experiência de Laboratório Química Orgânica; Métricas (cálculo de métricas da QV) e Recensão (Resenha) crítica de livro (realização de trabalhos de síntese crítica de um determinado livro). No total foram analisados e classificados 117 artigos, sendo 73 no primeiro levantamento (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008), e os demais, somando 44, na pesquisa posterior (COSTA, 2011). Nesses trabalhos, deu-se especial importância à área experimental, porque os autores pretendiam dirigir-se à prática experimental da QV no ensino secundário português, procurando aferir a extensão da penetração de uma nova atitude de realização da química proposta pela QV no ensino dessa ciência.

Nesta pesquisa, nos distinguimos dos exemplos acima citados por apresentar uma análise de caráter mais epistemológico — no sentido da natureza do conhecimento — da produção acadêmica nacional envolvendo a QV. Logo, nos ocuparemos, principalmente, de pesquisas realizadas no âmbito da pós-graduação das áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, particularmente em T&D. Na sequência, apresentamos o processo de obtenção e identificação dos trabalhos que compõem o *corpus* de análise dessa investigação.

1.2 O UNIVERSO DA PESQUISA: SELEÇÃO E CONSTRUÇÃO DO *CORPUS* DE ANÁLISE

A investigação desenvolvida, por ser do tipo “estado da arte” (ou estado do conhecimento), que utiliza uma metodologia de caráter inventariante e descritivo da produção acadêmica e científica sobre o tema investigado, tem sua natureza metodológica considerada exploratória e bibliográfica. Enquadra-se, assim, na abordagem

qualitativa, uma vez que procura identificar informações factuais nos documentos a partir de questões ou hipóteses de interesse. Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2004) expõem que qualquer registro escrito, como regulamentos, atas, livros, relatórios, arquivos, pareceres, cartas, jornais, revistas, planos de aula e livros didáticos são considerados documentos.

Partindo das motivações expressas, o trabalho busca, a partir de uma revisão na literatura, investigar e analisar a produção acadêmica expressa nas T&D, identificando as interlocuções teóricas que expressam entendimentos acerca de conhecimentos e práticas QV, e que tenham contribuído para seu ensino e com a FPQ. E, visando atingir os objetivos propostos, eis alguns dos procedimentos metodológicos do trabalho:

a) Revisão de documentos da literatura que expressam entendimentos acerca do ensino e da aplicação da Química Verde, mais especificamente no contexto educacional e associados à formação de professores de Química. Cabe lembrar que quem forma os professores de Química são os próprios químicos, inclusive pesquisadores-docentes, o que justifica a opção por pesquisas situadas na área em questão.

b) Revisão de produções acadêmicas, na tentativa de buscar estudos que articulem conhecimentos e práticas QV ao seu ensino e às questões ambientais a partir de T&D, defendidas em programas de pós-graduação das áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica⁵, encontrados no Banco de Teses da CAPES. Embora a origem da QV remonte à década de 1990, localizamos esse levantamento no período que abrange os anos 2002 a 2014, pois consideramos a probabilidade de o número de T&D ser demasiado — especialmente na área de Química — e porque é nesse período que as publicações acerca da QV passam a ocupar um espaço significativo, começando a circular mais entre os pares. Auxiliou-nos, nesse recorte temporal, os trabalhos já indicados, de Costa, Ribeiro e Machado (2008), de Costa (2011) e de Sousa-Aguiar *et al.* (2014). Logo, nos debruçaremos nessas produções para investigar as pesquisas desenvolvidas sob a temática da QV, sobre o ensino da QV e/ou aspectos relacionados à problemática ambiental. Pressupomos que os entendimentos, os pressupostos, as representações e as práticas químicas estariam sendo problematizados sob a ótica e os princípios da QV, e que

⁵ Essas áreas foram escolhidas por entendermos que determinam a formação de diferentes pesquisadores em Ensino de Química.

algumas proposições podem indicar aspectos voltados à formação de professores de Química.

Desta maneira, objetivando sistematizar a produção acadêmica nesses PPGs, utilizamos os meios mais clássicos/usuais empregados em pesquisas do tipo estado da arte, visando à identificação das pesquisas de interesse. Assim, a chave de busca se deu, principalmente, nos *títulos, resumos e palavras-chave* dos trabalhos, sendo os principais descritores de busca:

- ✓ Química Verde,
- ✓ Ensino da Química Verde,
- ✓ Ensino de Química Verde,
- ✓ *Green Chemistry*,
- ✓ *Green Chemistry Education*,
- ✓ *Green Chemistry Teaching*.

Embora cientes das limitações impostas por esse tipo de busca, visto que a seleção inicial dos textos pode acabar excluindo aqueles que abordam a QV no corpo do documento – não a salientando em outros aspectos formais do texto –, acreditamos que o emprego desses termos nos proporciona a identificação das pesquisas autodenominadas QV, ou seja, aquelas em que os autores, por reconhecer a importância de seu emprego, destacam o seu uso já no título, resumo e palavra-chave de seu trabalho.

A identificação de parte desses trabalhos foi efetuada ao longo do primeiro semestre de 2012, com o intuito de atualização posterior, com o acréscimo dos trabalhos publicados nos anos de 2013 e 2014. Após o levantamento inicial da amostra, com o objetivo de garantir a fidedignidade dos programas de pós-graduação, o banco de teses da CAPES iniciou um processo de reformulação nos mecanismos de acesso às informações. Atualmente, encontram-se disponíveis apenas os trabalhos defendidos nos anos de 2011 e 2012⁶, o que impossibilita a atualização prevista por meio do banco de teses da CAPES. Desta maneira, como complemento, utilizamos um novo banco para a consulta e a identificação dos trabalhos defendidos em 2013 e 2014, propriamente, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

⁶ Essas informações podem ser confirmadas em: <http://bancodeteses.capes.gov.br/noticia/view/id/1>. Acesso em: 13 fev. 2015.

(BDTD)⁷. A BDTD é um projeto coordenado pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), que busca integrar, em um único portal, os sistemas de informação de T&D existentes no país e disponibilizar para os usuários um catálogo nacional de teses e dissertações em texto integral, possibilitando uma forma única de busca e acesso a esses documentos. Esse projeto permite que a comunidade brasileira de ciência e tecnologia (C&T) divulgue suas teses e dissertações produzidas no país e no exterior, dando maior visibilidade à produção científica nacional⁸.

O IBICT coleta e disponibiliza apenas os metadados (título, autor, resumo, palavras-chave, etc.) das T&D, sendo que o documento original permanece na instituição de defesa. Cabe ressaltar que os filtros do mecanismo de busca não são tão seletivos quanto os do banco de teses da CAPES. Quando se realiza a busca pelo termo “química verde”, na aba título, por exemplo, o sistema disponibiliza todos os documentos que contêm a palavra “verde” (associada a cores, produtos, matérias-primas, reagentes, curvas, etc.), o que gera um volume imenso de dados. É preciso considerar que o BDTD contém *links* que levam o pesquisador ao documento de interesse, na íntegra, possibilidade não disponibilizada pela CAPES.

A seguir, apresentamos e discutimos (parcialmente) alguns dados relativos ao *corpus* de investigação desta pesquisa.

Nas Tabelas 2 e 3 mostra-se o panorama geral das produções selecionadas, o ano e as instituições de publicação, os descritores de localização, seus títulos, autores e orientadores. A análise dos conteúdos dessas produções, seus problemas de pesquisa, referenciais teóricos utilizados e procedimentos metodológicos adotados podem auxiliar na compreensão do uso, aplicação e ensino da QV, favorecendo, assim, um olhar crítico sobre as questões ambientais e reflexos à formação dos químicos e seus professores.

⁷ A busca foi realizada a partir do sítio eletrônico: <http://bddd.ibict.br>. Acesso em: 13 fev. 2015.

⁸ Informações extraídas de: www.ibict.br/informacao-para-ciencia-tecnologia-e-inovacao%20biblioteca-digital-Brasileira-de-teses-e-dissertacoes-bddd. Acesso em: 13 fev. 2015.

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continua)

Dissertações				
Ano	Palavra	IES/Área	Título	Autor e orientador(es)
2002	GC	UFSC EDUCAÇÃO	A Articulação do Conhecimento Químico com a Problemática Ambiental na Formação Inicial de Professores.	Adriana Lopes Leal. Orientador: Carlos Alberto Marques
2005	QV	UNICAMP QUÍMICA	Síntese de Surfactantes Altamente Biodegradáveis pela Transesterificação de Ésteres de Ácidos Graxos com Sacarose	Alexandra Lindner. Orientador: Ulf Friedrich Schuchardt
2005	QV	UFC QUÍMICA	Emprego de Frutas Tropicais como Biocatalisadores em Reações de Hidrólise para a Produção de Álcoois Quirais.	Davila Firmino de Souza. Orientador: Marcos Carlos de Mattos
2005	QV	UFSC ECT	A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC).	Juliana Cardoso Coelho. Orientador: Carlos Alberto Marques
2005	QV	UnB QUÍMICA	Uso de Líquidos Iônicos como Solventes em Reações de Adição Nucleofílica de Alguns Compostos Nitrogenados a Grupos Carbonílicos.	Luana Magalhães Alves. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade
2006	QV	UnB QUÍMICA	Estudo da Reação de Passerini em Solventes Alternativos.	Sayuri Cristina dos Santos Takada. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2006	QV	UnB QUÍMICA	Sílicas Hexagonais Mesoporosas Modificadas com Aminas para a Adição de Nitrometano em Ciclopentenona.	Edimar de Oliveira. Orientador: Alexandre Gustavo Soares do Prado
2007	QV	UFRJ QUÍMICA	Reações Multicomponentes na Síntese de 1,4-Diidropiridinas via Metodologia de Hantzsch em Meio Aquoso: uma estratégia em Química Verde.	Monique Gonçalves. Orientador(es): Flávia Martins da Silva; Joel Junior
2007	QV	UNICAMP QUÍMICA	Síntese e Caracterização de Derivados da Celulose Modificada com Anidridos Orgânicos - Adsorção e Termodinâmica de Interação com Cátions Metálicos.	Júlio César Perin de Melo. Orientador: Claudio Airoidi
2008	QV	UFRRJ QUÍMICA	Síntese, Utilizando Metodologias Alternativas e Avaliação Citotóxica de Compostos Mesoionônicos da Classe 1,3,4-Tiadiazólio-2-Aminida.	Camilla Moretto dos Reis. Orientadora: Aurea Echevarria
2008	QV	UFPE QUÍMICA	Caracterização de Crotilestananas por RMN e Estudo da Reação de Alquilação Redutiva de Nitrobenzeno.	Lívia Nunes Cavalcanti. Orientador: Fernando Hallwass; Ivani Malvestiti
2008	QV	UFPEl QUÍMICA	Adição de Tióis a Compostos Carbonílicos A,B - Insaturados utilizando KF/ Alumina em Meio Livre de Solvente.	Patrícia da Costa Ferreira. Orientador: Eder João Lenardão

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2008	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Metodologia Alternativa Limpa para Análise de Nitrito	Sahra Cavalcante Lemos. Orientadora: Helena Redigolo Pezza
2008	QV	USP EDUCAÇÃO	As Representações Sociais de "Química Ambiental": contribuições para a Formação de Bacharéis e Professores de Química.	Lailton Passos Cortes Junior. Orientadora: Carmen Fernandez
2009	QV	UFPB QUÍMICA	Síntese, Caracterização e Aplicação Adsorptiva de um novo Agente Sililante Imobilizado na Sílica Gel por Rotas Distintas.	Victor Hugo de Araújo Pinto Orientadora: Luiza Nobuko Hirota Arakaki
2009	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese de Benzimidazóis a partir da Condensação do Citronelal e outros Aldeídos com 1,2-Fenilenodiamino, utilizando SiO ₂ /ZnCl ₂ e em Meio Livre de Solvente.	Luiz Gustavo Dutra. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob
2009	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese de 5-Alquil(Aril)-3-Triclorometil-1,2,4-Oxadiazóis.	Lizandra Czermainski Bretanha. Orientador: Geonir Machado Siqueira
2009	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Procedimento em Fluxo com Detecção Espectrofotométrica para Análise de Bromoprida em Medicamentos e/ou Fluido Biológico.	Liliane Spazzapam Lima. Orientadora: Helena Rodrigolo Pezza

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2009	QV	UFPE QUÍMICA	Novas Metodologias em Química Verde para Reações de Barbier com Haletos Aromáticos e Selenilação de Compostos Carbonílicos.	Hércules Santiago Silva Orientador: Lothar Wilhelm Bieber
2009	QV	UFRJ QUÍMICA	Avaliação do Isotiocianato de Benzila Natural como Inseticida e Precursor Sintético de Tiouréias e Derivados.*	Gil Mendes Viana Orientadora: Lucia Cruz de Sequeira Aguiar
2009	QV	UFV QUÍMICA	Um Método Verde e Sensível para Determinação de Fenóis em Amostras de Água utilizando Sistemas Aquosos Bifásicos.	Guilherme Dias Rodrigues Orientadora: Maria do Carmo Hespanhol da Silva
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese Limpa de 2-(3,5-Diaril-4,5-Diidro-1h-Pirazol-1-Il)-4-Feniltiazóis Promovida por Ultrassom.	Dalila Venzke. Orientador: Claudio Matin Pereira de Pereira
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Reação de Baylis-Hillman acelerada por Líquido Iônico de Selenônio.	Josiane de Oliveira Feijó. Orientador: Eder João Lenardão
2010	QV	UFMG QUÍMICA	Oxidação Aeróbica de Olefinas Alil Aromáticas Catalisada por Paládio e do Álcool Benzílico Catalisada por Nanopartículas de Ouro.	Luciana Alves Parreira. Orientador: Luciano Menini
2010	QV	UFPeI QUÍMICA	Síntese Verde de N-Alquilcitronelilaminas e N-Alquilcitronelilaminas a partir do (R)-Citronelal - Aplicação na Síntese de um Juvenóide.	Rafael Carniato do Amaral. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2010	QV	UFPB QUÍMICA	Microfabricação de um Analisador em Fluxo-Batelada (Micro Flow-Batch) à Base de Polímero Fotocurável Uretano-Acrilato.	Severino Silvío do Monteiro Filho. Orientador: Sherkan Guimar Lemos
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Glicerol como Solvente Reciclável em Reações de Acoplamento entre Disselenetos de Diarila com Ácidos Arilborônicos.	Vanessa Gentil Ricordi Orientador: Diego da Silva Alves
2011	QV	UFMS QUÍMICA	Determinação de Elementos Traço em Solo por Icp-Ms após Volatilização Empregando Combustão Iniciada por Micro-Ondas.	Rochele Sogari Picoloto. Orientador: Valderi Luiz Dressler
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Glicerol como Solvente Reciclável na Preparação de Selenetos Vinílicos.	Loren Caroline Czermainski Gonçalves. Orientador: Eder João Lenardão
2011	QV	UFRJ QUÍMICA	A Utilização de 2,2,6-Trimetil-4h-1,3-Dioxin-4-Ona na Síntese de Derivados de Compostos 1,3 Dicarbonilados. Reações Multicomponentes.	Fernando Henrique de Souza Gama. Orientador: Simon John Garden
2011	QV	UFPeI QUÍMICA	Determinação de Na, K em Amostras Biológicas e Hg em Álcool Combustível por Espectrometria Atômica.	Caroline dos Santos Silva. Orientadora: Mariana Antunes Vieira
2011	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de Método Limpo para a Determinação de Uréia.	Andréa Cristina Gigante. Orientadora: Helena Redigolo Pezza

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2011	QV	UFSC ECT	Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as Vozes do Currículo e Professores.	Franciani Becker Roloff. Orientador: Carlos Alberto Marques
2011	QV	UFSC ECT	Abordagens de Temáticas Ambientais no Ensino De Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da Escola Básica.	Franciele Drews. Orientador: Carlos Alberto Marques
2012	QV	UFMS QUÍMICA	Síntese de Fotocatalisadores por Método de Molten Salt e Termooxidação de Complexos de Ti e Nb para Aplicação em Fotocatálise Ambiental.	Ana Paula Floriano Santos. Orientador: Amilcar Machulek Junior
2012	QV	UFPEl QUÍMICA	Síntese de Sulfetos e Selenetos Graxos Quirais Derivados do Óleo de Mamona.	Katiúcia Daiane Mesquita. Orientadora: Raquel Guimarães Jacob
2012	QV	UERJ QUÍMICA	Síntese e Caracterização de TiO ₂ Puro e Modificado para Aplicações Ambientais.	Elizabeth Lima Moreira. Orientador: Eduardo Bessa de Azevedo
2012	QV	UFSC QUÍMICA	Síntese de Tioéteres Alílicos a partir de Álcoois Alílicos d Tióis sem o Uso de Solvente e Catalisadores Sob Irradiação de Micro-Ondas.	Greice Tabarelli. Orientador: Antonio Luiz Braga
2012	QV	UNICAMP QUÍMICA	Sílica Gel Quimicamente Modificada com Epicloridrina na Presença ou Ausência de Solvente - Estudo Termodinâmico da Interação Envolvendo o Cobre.	Irlene Maria Pereira e Silva. Orientador: Claudio Airoldi

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

(continuação)

2012	QV	UFSCar QUÍMICA	Emprego da Organocatálise como uma Ferramenta da Química Verde em Reações de Adição Conjugada: Estudos Visando a Síntese de Anéis Indólicos.	Karla Santos Feu. Orientador: Marcio Weber Paixão
2012	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Métodos Analíticos Visando Atender aos Princípios da Química Verde na Análise de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Leite Bovino.	Adriana Nori de Macedo. Orientador: Eny Maria Vieira
2012	QV	USP QUÍMICA	Novos Tensoativos Não-iônicos para CO ₂ - supercrítico: síntese e estudos de algumas propriedades	Tiago de Angelis Cordeiro Orientador: Reinaldo Camino Bazito
2012	QV	UNICENTRO QUÍMICA	Inserção da Química Verde em Atividades Experimentais de Graduação.	Angélica de Souza Hrysyk. Orientador: Sérgio Toshio Fujiwara
2012	QV	USP QUÍMICA	Síntese e Caracterização de Diferentes Óxidos de Titânio por meio de Rotas Verdes.	Marina Morais Leite. Orientador: Flávio Maron Vichi
2012	QV	UFPE QUÍMICA	Design Teórico, Síntese Multicomponente e Comprovação Experimental da Atividade Antinociceptiva de Pirimidinonas em Camundongos, por vias Intra-peritoneal e Oral.	Augusto de Lima Xavier. Orientadora: Janaína Versiani dos Anjos

Tabela 2: Levantamento e identificação das Dissertações

				(conclusão)
2012	QV	UFBA QUÍMICA	Determinação de Bromofenóis Simples em Peixes do Litoral da Bahia por Micro extração com Gota Única.	Joelma Pereira dos Santos Sobrinho. Orientador: Jailson Bittencourt de Andrade
2013	QV	UFSCar EDUCAÇÃO	Construção e avaliação de um ambiente virtual de aprendizagem voltado à Educação em Ciências, Química Verde e Sustentabilidade Socioambiental.	Fábio Fontana de Souza Orientadora: Vânia Gomes Zuin
2013	QV GC	UFU QUÍMICA	Desenvolvimento de uma Metodologia Analítica em Fluxo para Determinação Espectrofotométrica de Fluoreto em Águas Naturais pelo Método de SPADNS.	Thiago Linhares Marques Orientadora: Nivia Melo Coelho
2013	QV GC	UFRJ QUÍMICA	Sínteses e caracterizações de TiO ₂ puro, dopado e co-dopado pelo método sol-gel e suas atividades fotocatalíticas.	Ana Paula Nazar de Souza Orientadores: Joana Mara Teixeira Santos; Eduardo Bessa Azevedo
2013	QV	UFMG QUÍMICA	Uso de Ácidos Orgânicos e Irradiação de Micro-ondas na Síntese de Xantenonas como Potencial Atividade Antirradicalar.	Bruna Silva Terra Orientador: Ângelo de Fátima
2013	QV GC	UFSCar EDUCAÇÃO	A inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso.	Dorai Periotto Zandonai Orientadora: Vânia Gomes Zuin

Notas: Documentos identificados com asterisco (*) não foram localizados na íntegra, logo, não fizeram parte do corpo analítico desta tese. Green Chemistry

(GC), Química Verde (QV), Instituição de Ensino Superior (IES), Universidades Federais: de Santa Catarina (UFSC), do Rio Grande do Sul (UFRGS), de Pelotas (UFPel), de Santa Maria (UFSM), do Rio de Janeiro (UFRJ), de Viçosa (UFV), de Minas Gerais (UFMG), de São Carlos (UFSCar), do Mato Grosso do Sul (UFMS), do Ceará (UFC), de Pernambuco (UFPE), da Paraíba (UFPB), da Bahia (UFBA). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Universidade de Uberlândia (UFU). As referências dessas teses e dissertações encontram-se no Apêndice A.

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continua)

Teses				
Ano	Palavra	IES/Área	Título	Autor e orientador(es)
2004	QV	USP QUÍMICA	Investigação da Tecnologia Eletroquímica para a Produção de Ozônio: aspectos fundamentais e Aplicados.	Leonardo Morais da Silva. Orientador: Julien Françoise Coleta Boodts
2005	QV	UnB QUÍMICA	Síntese e Caracterização Estrutural de Novos Complexos de Nióbio a Partir do Óxido de Nióbio(V).	Maria José Serafim de Souza. Orientador: Karl Eberhard Bessler
2007	QV	USP QUÍMICA	Obtenção de Ésteres Etilícos e Metílicos, por Reações de Transesterificação, a partir do Óleo da Palmeira Latino Americana Macaúba - Acrocomia Aculeata.	Hugo de Souza Rodrigues. Orientador: Miguel Joaquim Dabdoub Paz
2007	QV	UFSC QUÍMICA	Estudos de Geração de Vapor para Técnicas de Espectrometria Atômica para a Determinação de Elementos Traço em Materiais Geológicos em Suspensão e para a Especiação de Mercúrio em Materiais Biológicos.	Mariana Antunes Vieira. Orientador(es): Adilson Jose Curtius; Ralph Sturgeon

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2007	QV	UnB QUÍMICA	Síntese, Caracterização e Aplicação de Novos Líquidos Iônicos Quirais.	Ricardo Alexandre Figueiredo Matos. Orientador: Carlos Kleber Zago de Andrade
2008	QV	UFC QUÍMICA	Síntese e Aplicabilidade de Antioxidantes Derivados do Cardanol Hidrogenado.	Maria Alexandra Rios Façanha. Orientadora: Selma Elaine Mazzetto
2008	QV	USP QUÍMICA	Solvatação por Solventes Puros e suas Misturas: Relevância para Química e Química Verde.	Clarissa Tavares Martins. Orientador: Omar Abdel Monein Abou El Seoud
2008	QV	UNICAMP QUÍMICA	Construção e Avaliação de Microsistemas para Análise em Fluxo.	Alexandre Fonseca. Orientador: Ivo Milton Raimundo Júnior
2010	QV	UFRJ QUÍMICA	Reações Orgânicas em Água: Adições de Michael e Formação de Pirróis Altamente Substituídos.	Queli Aparecida Rodrigues Almeida Orientador: Roberto de Barros Faria
2010	QV	USP EDUCAÇÃO	Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Sócioambientais na Formação de Professores de Química.	Marlene Rios Melo. Orientador: Alberto Villani
2010	QV	USP EDUCAÇÃO	A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/res de Química: estudo de caso.	Vânia Gomes Zuin. Orientadora: Jesuína Lopes de A. Pacca

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2011	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Nanomateriais Superparamagnéticos Funcionais para uma Química Sustentável.	André Zuin. Orientador: Henrique Eisi Toma
2011	QV	UFC QUÍMICA	Desenvolvimento Tecnológico de Produtos e Processos dedicados à Biomassa do Caju.*	Diego Lomaco Vasconcelos de Oliveira Orientadora: Selma Elaine Mazzetto
2011	QV	UFBA QUÍMICA	Investigação de Metais, Metaloides, Halogênios e Isoflavonas em Amostras de Soja e Derivados.	José Tiago Pereira Barbosa. Orientador: Jorge Mauricio David
2011	QV	UFPE QUÍMICA	Aminação Redutiva de Aldeídos e Cetonas em Meio Aquoso: uma nova metodologia simples e versátil para obtenção de Aminas Alquiladas Promovida por Zinco e Métodos Eletroquímica.	Renato Augusto da Silva. Orientador: Lothar Wilhelm Bieber
2011	QV	UFSM QUÍMICA	Síntese de Compostos Indólicos Catalisada por Cloreto de Cério (III).	Samuel Rodrigues Mendes. Orientador: Gilson Rogério Zeni
2011	QV	USP QUÍMICA	Novos Tensoativos Oxigenados para Fluidos Supercríticos	Fernando Luiz Cássio Silva Orientador: Reinaldo Camino Bazito

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(continuação)

2012	QV	UNESP QUÍMICA	Desenvolvimento de métodos quantitativos e de sistemas de screening para a determinação de glicosato.	Aline Santana Da Silva. Orientadora: Helena Redigolo Pezza
2012	QV	UFV QUÍMICA	Desenvolvimento e Aplicação de Novos Sistemas Aquosos Bifásicos para Determinação e Separação de Metais.*	Guilherme Dias Rodrigues. Orientador: Fábio Rodrigo Piovezani Rocha
2012	QV	UFRJ QUÍMICA	Líquidos Iônicos N-Alquil-Piridínicos: Síntese e Sistemas Bifásicos em Reações de Sonogashira.	Paulo Galdino de Lima. Orientador: Roberto de Barros Faria
2012	QV	UFSM QUÍMICA	Emprego de Oxigênio e Peróxido de Hidrogênio como Auxiliares na Decomposição de Amostras Biológicas por Via Úmida Assistida por Radiação Micro-Ondas.	Cezar Augusto Bizzi. Orientador: Érico Marlon de Moraes Flores
2012	QV	UNICAMP QUÍMICA	LIBS e Nanopartículas Fluorescentes: novas estratégias para determinação de íons de Cu(II) em águas.	Klecia Moraes dos Santos Orientador: Ivo Milton Raimundo Júnior
2012	QV	UFRGS QUÍMICA	Novos Sistemas de Acoplamentos Cruzados em Fase Homogênea e Heterogênea para a Síntese de Produtos de Química Fina.	Marcelo Gomes Speziali Orientador: Adriano Lisboa Monteiro
2013	QV GC	USP QUÍMICA	Enzimas em Biocatálise (Esterificação de aminas, adição de Michael, clonagem e expressão de álcool desidrogenase).	Yara Jaqueline Kerber Araujo Orientador: André Luiz Meleiro Porto

Tabela 3: Levantamento e identificação das Teses

(conclusão)

2013	QV GC	UNICAMP QUÍMICA	Avaliação Rápida, Direta e Sem Geração de Resíduos de Amostras da Vida Cotidiana por Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia.	José Augusto da Col Orientadora: Maria Izabel Maretti Silveira Bueno
2013	QV	USP QUÍMICA	Desenvolvimento de Procedimentos Analíticos em Fluxo com Multicomutação e Foto-oxidação em Linha para a Determinação Espectrofotométrica de Espécies de Interesse Ambiental, Alimentício e Clínico.	Diogo Librandi da Rocha Orientador: Fábio Rodrigo Piovezani Rocha
2014	QV	UFSCar QUÍMICA	Técnicas Espectroanalíticas aliadas à Química Verde Visando à Determinação de V e Mo com Procedimentos de Extração e Pré-concentração.	Amanda Maria Dantas de Jesus Peixoto Orientador: Edenir Rodrigues Pereira Filho
2014	QV GC	UFSCar QUÍMICA	Síntese de derivados de chalconas e de 2-quinolinonas visando a busca por inibidores das enzimas cruzafina e da família BET <i>bromodomain</i> .	Lucas Campos Curcino Vieira Orientadora: Arlene Gonçalves Corrêa
2014	QV GC	UFSCar QUÍMICA	Desenvolvimento de Processos Químicos seguindo os Princípios Adotados pela Química Verde: Redução e Conversão de CO ₂ usando Compostos de Mn(I).	Mariana Romano Camilo Casale Orientadora: Rose Maria Carlos

Notas: Ver nota da Tabela 2.

É importante ressaltar que o Banco de Teses da CAPES fornece apenas o resumo dos trabalhos, enviados pelas instituições de ensino onde as pesquisas foram defendidas. Megid Neto (1999) discorre sobre a importância da leitura dos trabalhos na íntegra, visto que os resumos,

por serem muito sucintos e, em muitos casos, mal elaborados ou equivocados, não fornecem informações suficientes para a divulgação dos resultados e das possíveis contribuições dessas produções para o sistema educacional. Por compartilharmos desse entendimento, da leitura imprescindível do texto na íntegra, após a identificação inicial buscamos os textos originais das T&D com vistas à leitura desse material.

Para a localização dos trabalhos completos, efetuou-se uma busca nos *sites* das universidades, além de seus respectivos PPGs. No levantamento inicial, identificaram-se 80 trabalhos (relacionados à QV e não necessariamente com propostas, relatos ou discussões envolvendo o seu ensino), dos quais se teve acesso a 77 deles, pois, das 51 dissertações selecionadas, apenas 50 foram localizadas nas bibliotecas, banco de dados e/ou *sites* dos PPGs. O mesmo aconteceu com as teses, das 29 selecionadas, apenas 27 estavam disponíveis. É preciso destacar que buscamos localizar e acessar os demais trabalhos via contato direto com os PPGs, com os autores e orientadores, e ainda, através do Programa de Comutação Bibliográfica (COMUT)⁹, porém, não obtivemos retorno/resposta a algumas das solicitações. Por esse motivo, os trabalhos que não estavam disponíveis e/ou não foram localizados, encontram-se nas Tabelas 2 e 3 identificados com um asterisco (*).

Por entendermos que somente a leitura na íntegra das teses e dissertações poderia assegurar a acuidade no processo de análise, os trabalhos não localizados acabaram não sendo examinados em função da fragilidade encontrada na leitura exclusiva de seus resumos, visto que, em muitos deles, as informações relativas aos objetivos, às problemáticas investigadas, aos resultados e referenciais teórico-metodológicos utilizados não são expostos de maneira explícita.

Considerando que o principal objetivo desta pesquisa é identificar e discutir em que medida a circulação de ideias e conhecimentos sobre a QV pode contribuir com seu ensino e à FPQ, um aspecto que nos chama atenção é que nenhuma das T&D selecionadas ocorreu por meio dos descritores “Ensino de/da Química Verde” ou “Green Chemistry Education/Teaching”. Isto é, esses descritores não foram localizados nos títulos, resumos e/ou palavras-chave desses trabalhos. A impressão que nos ocorre é que as pesquisas não têm como preocupação/intuito

⁹ O COMUT é uma rede de serviços que permite a obtenção de cópias de documentos técnico-científicos disponíveis em acervos de bibliotecas de todo o país, mantida através da parceria entre a CAPES, o Sesu – Ministério da Educação, o IBICT e a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos.

principal o ensino da QV ou a FPQ, aspecto que corrobora com a afirmação de Zandonai e colaboradores (2014) quando relatam que as pesquisas da área de Educação/Ensino de Química, que investigam a inserção da QV em processos educativos e suas implicações, ainda são incipientes, muito embora a literatura atual (KARPUDEWAN; ISMAIL; ROTH, 2012; MARQUES, 2012; GÓES *et al.*, 2013) destaque que a adoção do enfoque da QV no ensino da Química tem recebido mais atenção.

A seguir, apresentamos alguns números relativos às pesquisas voltadas à QV. Expomos uma análise das informações quantitativas, que auxiliarão a entender como ocorre a produção nos distintos “coletivos”¹⁰ da pós-graduação.

1.2.1 O *corpus* de análise em números

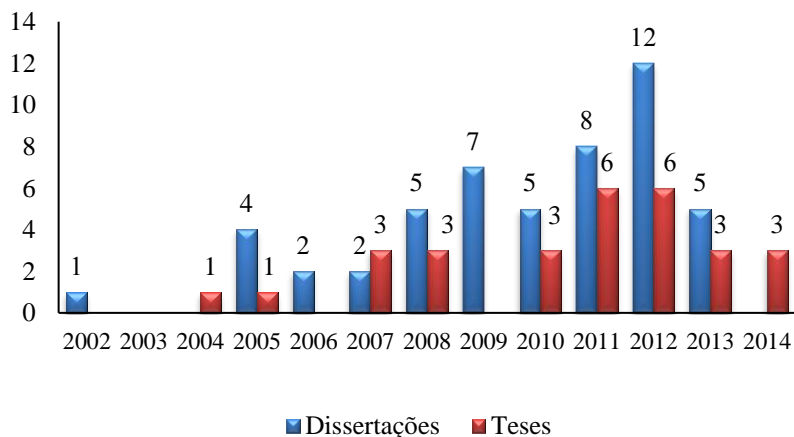
As tabelas e os gráficos apresentados na sequência trazem informações quantitativas a respeito das T&D selecionadas, como na Tabela 4, que além da totalidade de trabalhos a serem analisados, mostra o tipo de publicação (tese ou dissertação) e o número de trabalhos identificados por ano.

¹⁰ Esse termo refere-se a uma das categorias da análise histórica do conhecimento de Fleck, discutida na sequência.

Tabela 4: Número de publicações anuais

ANO	DISSERTAÇÕES	TESES	TOTAL DE TRABALHOS
2002	01	---	01
2003	---	---	---
2004	---	01	01
2005	04	01	05
2006	02	---	02
2007	02	03	05
2008	05	03	08
2009	07	---	07
2010	05	03	08
2011	08	06	14
2012	12	06	18
2013	05	03	08
2014	---	03	03
TOTAL	51	29	80

Observa-se, na tabela, que o número de pesquisas realizadas aumenta a partir do ano de 2008. Essas informações podem ser melhor visualizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1: Distribuição anual de publicações

Já na Tabela 5, apresentamos as produções de teses e dissertações elencadas segundo as instituições de origem.

Tabela 5: Distribuição anual das pesquisas sobre a temática Química Verde produzidas no período de 2002 a 2014

Região	Estado	IES	Dissertações	Teses	Total
Sul	Paraná	UNICENTRO	01	---	21
	Santa Catarina	UFSC	05	01	
		Rio Grande do Sul	UFPel	10	
	UFSM		01	02	
	UFRGS		---	01	
Sudeste	São Paulo	UNICAMP	03	03	42
		USP	04	09	
		UNESP	03	01	
		UFSCar	03	03	
	Rio de Janeiro	UFRRJ	01	---	
		UFRJ	04	02	
		UERJ	01	---	
	Minas Gerais	UFV	01	01	
		UFU	01	---	
		UFMG	02	---	
Centro-oeste	Goiás	UnB	03	02	06
	Mato Grosso do Sul	UFMS	01	---	
Nordeste	Ceará	UFC	01	02	11
	Pernambuco	UFPE	03	01	
	Paraíba	UFPB	02	---	
	Bahia	UFBA	01	01	

Chama a atenção a ausência de trabalhos produzidos na região norte do país. Os dados expressos mostram que as publicações se concentram, em sua maioria, nas regiões sul e sudeste do país, sendo que quase a totalidade da amostra deriva de instituições públicas de ensino superior. Isso pode ser justificado pelo fato de que a maioria dos programas de pós-graduação em Química, por exemplo, encontra-se nessas regiões. Os gráficos 2 e 3, apresentados a seguir, mostram a relação das publicações entre os programas de pós-graduação.

Gráfico 2: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em números)

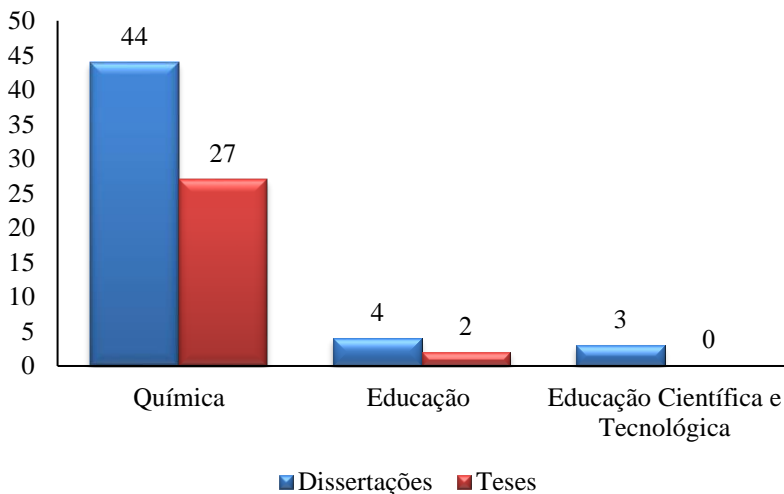
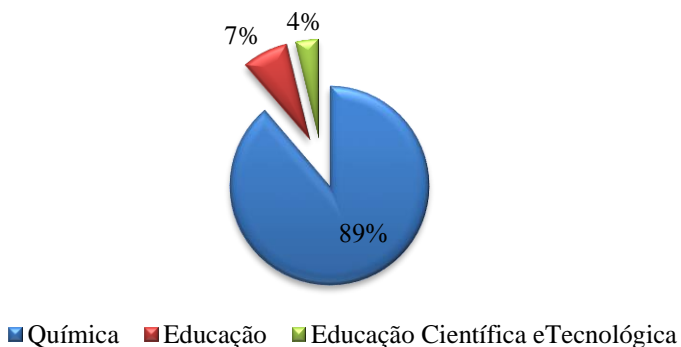


Gráfico 3: Distribuição dos trabalhos por programa de pós-graduação (em porcentagem)



É possível perceber que a maioria dos trabalhos publicados, que versam sobre aspectos associados ao uso e aplicação da Química Verde, deriva dos programas de pós-graduação em Química (PPGQ). Isso pode

ser motivado, por exemplo, pela ideia de que a incorporação da QV nos cursos de graduação deva se dar, ou seja mais apropriada/afeita, aos cursos de bacharelado, Química Industrial e Ambiental, como também à própria pós-graduação em Química, ou então, de que esta tem mais proximidade com as especificidades das disciplinas clássicas da Química, o que confirmaria a pouca importância atribuída à abordagem da QV nos cursos de licenciatura. Isso, em certa medida, já salientado por Goes e colaboradores (2013).

No intuito de compreender a estrutura geral de eventuais coletivo(s) de pensamento que se expressam e estão envolvido(s) nessas produções — algo que será conduzido pela análise e discussão sobre a circulação de ideias relativas à aplicação da QV no âmbito da Química, sobretudo em seu ensino —, neste trabalho definimos cinco categorias *a priori*, que têm como base: a) uma pesquisa desenvolvida por Marques e Machado (2015), na qual levantam e discutem propostas em publicações internacionais que apresentam ideias e propostas voltadas ao ensino da Química Verde, a partir de experiências didáticas e fundamentações teóricas; b) e o trabalho de Goes e colaboradores (2013), que, utilizando-se do referencial de Shulman (1986, 1987), documentam o conteúdo do conhecimento pedagógico sobre QV, desenvolvido por professores do Instituto de Química da USP em um curso de Química Ambiental, caracterizando e sugerindo três modelos para o ensino da QV: tradicional, contextualizado e sócio-científico. Essas cinco categorias são apresentadas sinteticamente no Quadro 1. A elas incorporamos vários aspectos de conteúdo, adotados como subcategorias, formando, assim, um conjunto de parâmetros analíticos para melhor compreender as proposições das T&D que deverão compor o *corpus* da pesquisa.

Quadro 1: Categorias *a priori* e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D¹

(continua)

<p>1 - Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D</p> <p>Curricular Estratégias Atividades laboratoriais Vínculos (EA, QAmb, DS, etc.) Material para uso no ensino Outra característica</p> <p>2- Natureza do conhecimento envolvido</p> <p>Racionalidade técnica</p>
--

Quadro 1: Categorias a priori e suas subcategorias, enquanto aspectos de conteúdo, consideradas na análise das T&D

(conclusão)

<p>Racionalidade socioambiental Eduacional</p> <p>3 - Motivações para a incorporação do ensino da QV na formação do químico e do professor de Química</p> <p>Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS Sem motivação explícita</p> <p>4 - Papel que atribui ao ensino da QV (Novos) princípios (QV) ao desenvolvimento da Química Alfabetização científica Contextualização da aprendizagem Ensino prático/experimental Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade Novo tipo de Formação do Químico/Professor Sem atribuição explícita</p> <p>5 - Modelo de implementação do ensino²</p> <p>Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais ao ensino Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos Incorporação da QV de modo transversal no currículo Sem explicitar diferenciação de modelo</p>
--

Notas: 1 – Quadro baseado em Marques e Machado (2015)¹¹; 2 – Extraído e adaptado de Goes *et al.* (2013).

Tais escolhas e a definição dessas categorias, como dissemos, ocorreram pelo fato de compartilharmos as ideias e os entendimentos desses autores acerca do ensino da QV, algo que discutiremos melhor ao longo das análises apresentadas nos capítulos 3 e 4.

A identificação dos aspectos apresentados no Quadro 1 será efetuada de forma sistemática pela leitura das T&D, a partir de seus resumos, introdução, problemas, objetivos, metodologia, conclusões e das referências bibliográficas.

Partilhamos do entendimento de Costa (2011) acerca da incorporação de conceitos de QV no ensino de Química (tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior), quando argumenta que

¹¹ O artigo em questão encontra-se em revisão para ser publicado, sendo gentilmente cedido pelos autores.

este objetiva “preparar os alunos, futuros cidadãos, para compreender, exigir e contribuir para o DS, o que exige que tenham uma visão integrada da Química com o meio ambiente e a economia — e que a QV é um veículo privilegiado para aquisição desta visão” (p. 04).

As questões que desencadearam a filosofia da QV, na década de 1990, não ocorreram de forma neutra, de modo que se encontram inseridas em um contexto sócio-histórico. Fleck (2010) aponta que a forma de conceber e de buscar resolver um determinado problema está intrinsecamente ligada ao modo de ver e ao estilo de pensamento de indivíduos, social, histórica e culturalmente diferenciados. Isso sucede, por exemplo, no caso dos autores que, pertencentes a uma área de conhecimento dentro de um PPG, produzem academicamente algo sobre a QV.

Serão utilizadas as categorias fleckianas como norteadoras da análise da produção acadêmica de interesse, pois, de acordo com Slongo:

Uma análise fleckiana, à semelhança de outras análises epistemológicas, mostra a transitoriedade do pensamento científico; contudo, para além de explicitar a alternância dos modelos explicativos, desvenda a forma como se operam as mudanças no mundo das ideias e o contingente de fatores que as influenciam e determinam (SLONGO, 2004, p. 124).

Ao referir-se a algumas das categorias analíticas de Fleck, associadas a pesquisas do tipo “estado da arte”, Hoffmann (2012) comenta que o *estilo de pensamento* oferece suporte para identificar tendências de pesquisas sobre um modo de pensar determinado problema ou fato científico, enquanto que a categoria *coletivo de pensamento* possibilita a identificação de grupos de pesquisa e a *circulação inter e intracoletiva de ideias* embasa a compreensão da dinâmica que ocorre na pesquisa brasileira. E em nosso caso, especificamente sobre a QV, seu ensino e as possíveis influências na formação de professores de química nessa perspectiva, dentro do período delimitado neste estudo.

Esses aspectos apontam, levando em conta as pretensões/objetivos desta pesquisa, para considerações sobre aspectos da epistemologia de Ludwik Fleck, acerca da identificação do papel da

circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a QV, presentes nas T&D selecionadas.

1.3 A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA DO CONHECIMENTO DE FLECK PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Como esta investigação visa identificar interlocuções teóricas que expressem entendimentos acerca dos conhecimentos e práticas da QV, e o reflexo em seu ensino, a realização de um resgate histórico e a identificação de mudanças de concepções sobre o papel da Química na sociedade são importantes para o entendimento de um eventual processo de gênese (FLECK, 2010) da QV, presente em produções voltadas ao seu ensino. Neste sentido, observaremos e buscaremos compreender a circulação de conhecimentos acerca da QV e seu reflexo na pós-graduação. Afinal, a ênfase na dimensão social e a ênfase no trabalho coletivo na produção do conhecimento científico são considerações epistemológicas importantes na teoria de Fleck, associadas a concepções, pressupostos, observações e práticas dos sujeitos envolvidos nesse processo (PFUETZENREITER, 2003).

Desta forma, acreditamos que as discussões, isto é, a circulação de propostas com novos saberes e práticas e os entendimentos acerca do ensino da QV, possibilitadas por T&D — e produzidas em PPG em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica —, podem vir a se caracterizar como diferentes coletivos de pensamento no âmbito da Química, inclusive com ressonâncias na formação de seus professores. Esses aspectos favorecem a evolução da Química Clássica à Química Verde, expressando um novo pensar e produzir a Química em relação aos cuidados com o ambiente e a busca pela sustentabilidade ambiental. Eis a tese que defendemos, de modo que a pesquisa aqui desenvolvida pretende lançar luz sobre isso.

1.3.1 Ludwik Fleck: aspectos do contexto, produção e de algumas de suas categorias

O médico judeu-polonês, Ludwik Fleck (1896-1961) passou parte de sua vida em Lwów, na Galícia, região que, após a 1ª Guerra Mundial, foi integrada à Polônia (DELIZOICOV *et al.*, 2002). E embora tenha se dedicado aos estudos e pesquisas voltados, principalmente, a questões sorológicas gerais, sua produção abrange também a sociologia, a filosofia e a história da ciência (FLECK, 2010; PFUETZENREITER, 2003; LÖWY, 1994). Por isso, é considerado o pioneiro do

construtivismo sociologicamente orientado da filosofia da ciência e da abordagem sociológica do estudo da evolução do conhecimento científico e médico (DA ROS, 2000).

Da Ros (2000) chama a atenção para a necessidade de se associar as origens do pensamento de Fleck a alguns fatos que ocorriam à época na Polônia, enquanto escrevia seu livro, entre os anos 1925 e 1935. O país era dividido entre a Prússia, a Rússia e o Império Austro-Húngaro, em cuja capital ocorriam as discussões filosófico-epistemológicas do Círculo de Viena. Além dele, outros círculos científicos, bastante ativos, se reuniam em Lwów, como o de biologia, bioquímica, matemática e medicina, também frequentados por Fleck (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

Löwy (1994) destaca a determinante influência da Escola Polonesa de filosofia da Medicina na ideologia de Fleck. Sua forma de pensar a construção do conhecimento, marcada pelo contexto sociocultural, histórico e intelectual, tem como bases mais importantes a contribuição de médicos-autores e as ideias da EPFM (DA ROS, 2000), devido ao interesse desses sujeitos com a história, a filosofia, a sociologia e a epistemologia da medicina. Além da influência das três gerações que fizeram parte da EPFM em seu pensamento, Fleck, enquanto sujeito do conhecimento, tinha a prática como base de seu raciocínio epistemológico.

Destinou grande parte de seus estudos à microbiologia e à bioquímica. Em sua principal obra, *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* (FLECK, 1986), apresentou o estudo de caso associado à gênese do conceito de sífilis, chegando à descrição da Reação de Wassermann, utilizada no diagnóstico sorológico dessa doença, e também deduções epistemológicas acerca dessa pesquisa. E não obstante tenha sido publicada pela primeira vez em 1935, em alemão, com uma tiragem de 600 exemplares (DELIZOICOV *et al.*, 2002), apenas em 1962, com a publicação do posfácio de *A estrutura das Revoluções Científicas*, de Thomas Kuhn (2009), que a obra de Fleck veio ao conhecimento de um público especializado.

A perspectiva epistemológica fleckiana teve a medicina como inspiração por se dedicar aos estudos de caso, unindo, assim, aspectos teórico-experimentais e terapêutico-práticos, além de levar em conta o caráter cooperativo, interdisciplinar e coletivo da pesquisa. Desta forma, Fleck julgava que a observação e a teoria são indicotimizáveis (PFUETZENREITER, 2003). Para tanto, fazia relações entre o *objeto* e a *atividade* do conhecimento, reconhecendo que novas definições acontecem **historicamente**. Um dos pontos que o diferencia de outros

epistemólogos de sua época é o entendimento de ciência e de progresso científico que possuía.

Por tratar o processo de conhecimento a partir de um modelo interativo, que subtrai a neutralidade do sujeito, do objeto e do conhecimento, enquadrando-se com a concepção construtivista da verdade, criticava o conceito estático de teoria dos empiristas lógicos. Suas reflexões sobre a história, a sociologia e a filosofia das ciências expõe que o sujeito exerce um papel ativo na construção do conhecimento, sendo que a relação cognoscitiva entre o cognoscente e o objeto a ser conhecido é mediatizada por um terceiro fator, o “estado do conhecimento”, associado a pressupostos e condicionamentos sociais, históricos, antropológicos e culturais, que processam e transformam a realidade (DELIZOICOV, 2009). Desta maneira, parece existir uma dialética entre o sujeito do conhecimento, o objeto já conhecido e o objeto a ser conhecido.

Fazendo considerações sobre compreensões e práticas próprias da ciência médica, Fleck (2010) estabelece categorias que estruturam sua compreensão acerca do processo dinâmico que envolve a produção do conhecimento, cujos aspectos discutiremos a seguir.

Fleck (2010) utiliza termos que não eram comuns à filosofia, tampouco à sociologia da ciência, para auxiliar na compreensão sobre a gênese de um fato científico e, para tanto, estabelece algumas categorias fundamentais, dentre as quais: o *estilo de pensamento* e o *coletivo de pensamento*. Todavia, considerando os objetivos deste trabalho, também são importantes as categorias *círculo esotérico e exotérico*, *circulação inter e intracoletiva de ideias e complicação*.

Em sua obra, Fleck apresenta os vários elementos constituintes do que chama de *estilo de pensamento*, não se limitando a uma definição, destacando ser a “percepção direcionada em conjunção com o processamento correspondente no plano mental e objetivo” (FLECK, 2010, p. 149). Cutolo, em sua tese de doutorado, descreve essa categoria como:

1 – modo de ver, entender e conceber; 2 – processual, dinâmico, sujeito a mecanismos de regulação; 3 – determinado psico/sócio/histórico/culturalmente; 4 – que leva a um corpo de conhecimentos e práticas; 5 – compartilhado por um coletivo com formação específica (CUTOLO, 2001, p. 55).

Em linhas gerais, entendemos o EP como um olhar conformado por concepções, crenças, pressupostos, conhecimentos, atuações e práticas *compartilhados* por certo grupo de indivíduos, acerca de determinado objeto do conhecimento, que se constitui historicamente. Esse grupo/comunidade de indivíduos a que Fleck se refere está diretamente associado à categoria *coletivo de pensamento (CP)*, definida por ele como:

[...] a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos, temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento (FLECK, 2010, p. 82).

Ou seja, um CP pode ser entendido como um agrupamento de pessoas que trocam conhecimentos e informações e que têm interesses comuns em áreas ou problemas de pesquisa, compartilhando, assim, um mesmo *estilo de pensamento*. Scheid, Ferrari e Delizoicov, ao apresentarem entendimentos — apoiados em Fleck — acerca dos *coletivos de pensamento*, expõem que:

Cada coletivo de pensamento possui uma maneira singular de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, determinada pelo estilo de pensamento que possui. Os coletivos de pensamento estratificam-se em círculos: o *exotérico* e o *esotérico*. O primeiro é entendido como sendo constituído pelos indivíduos que, de uma ou outra forma, consomem o conhecimento produzido pelo segundo (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p. 224).

Como se evidencia no extrato acima, os autores ainda esclarecem o vínculo estruturante e estratificante entre os CPs — imbricado à circulação do conhecimento —, que são os círculos e suas relações. Sendo assim, entende-se por *círculo esotérico* um coletivo de indivíduos formado por **especialistas**, que caracteriza a identidade do coletivo de pensamento, por ser portador do mesmo estilo de pensamento, enquanto que o *círculo exotérico* é constituído pelos leigos formados (ou não) que

se relacionam com o mesmo estilo de pensamento (o saber produzido) dos sujeitos do círculo esotérico (GONÇALVES; MARQUES; DELIZOICOV, 2007).

Neste sentido, a dinâmica envolvida no tráfego de conhecimento entre tais círculos associa-se ao que Fleck chama de *circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias* (FLECK, 2010). A *circulação intracoletiva* ocorre dentro do círculo esotérico, mesmo *coletivo de pensamento*, ou seja, entre pares, e é a partir dessa comunicação/circulação que há a emergência de um *fato* que pode originar um *estilo de pensamento*. Dito de outra forma, na visão de Fleck (2010), a comunicação intracoletiva ocorre dentro do *círculo esotérico*, ou seja, de determinado *coletivo de pensamento*, e se dá entre os especialistas de mesmo *estilo de pensamento*. Já a *circulação intercoletiva* torna-se, então, responsável “pela disseminação, popularização e vulgarização do(s) estilo(s) de pensamento para outros coletivos de não especialistas” (DELIZOICOV, 2004, p. 166). Esse diálogo é caracterizado pela comunicação entre *coletivos de pensamento* distintos. Porém, Fleck (2010) é cauteloso e afirma que tais coletivos têm pequenas diferenças entre os *estilos de pensamento*, de modo que a comunicação e a troca de ideias favorecem novos rumos para pesquisa, em áreas correlacionadas, ou seja:

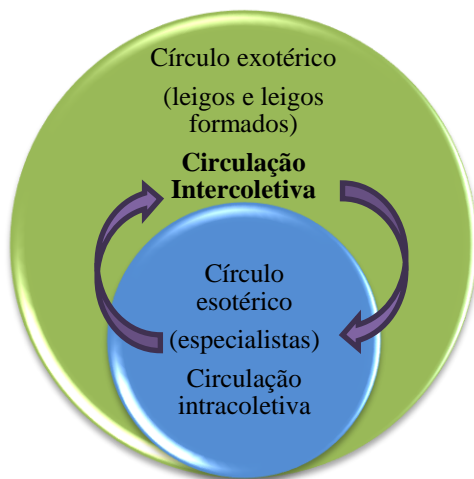
Quanto menor a diferença entre dois estilos de pensamento, tanto menor o tráfego de pensamentos. Quando existem relações intercoletiva, estas apresentam traços comuns, independentemente das particularidades dos respectivos coletivos (FLECK, 2010, p. 160).

Isso posto, quanto mais congruentes os estilos, menor será a comunicação, visto que pensam de forma semelhante.

Cabe destacar também que a noção de círculo esotérico e exotérico depende da presença de mais de um coletivo de pensamento.

No intuito de ilustrar tais categorias, apresentamos uma representação, expressa na Figura 2.

Figura 2: A circulação de conhecimentos, em Fleck (2010)



Fonte: Da autora, baseado em Fleck (2010) e Delizoicov (2004)

Em síntese, para melhor compreender o processo de circulação de ideias e práticas — entre distintos coletivos de pensamento — é preciso remeter à formação do Estilo de Pensamento, que ocorre em um processo de circulação de ideias e práticas *nos círculos hierarquizados epistemologicamente*: um círculo menor esotérico, constituído pelos especialistas de uma área, e um círculo maior exotérico, formado pelos participantes do coletivo de pensamento (FLECK, 2010). Ou seja, a circulação intracoletiva ocorre no interior de um coletivo de pensamento (com o intuito de formação dos pares), enquanto a circulação intercoletiva consiste na disseminação e popularização dos estilos de pensamento, que podem ocorrer no interior de um coletivo ou entre distintos coletivos de pensamento. (DELIZOICOV, 2004). É importante salientar que os sujeitos podem pertencer a distintos coletivos simultaneamente, atuando como transmissores de ideias entre os coletivos. (PFUETZENREITER, 2003).

As categorias acima destacadas favorecem a compreensão do processo de circulação de ideias e práticas sobre a temática ambiental, materializadas em estudos sobre e/ou de relatos de atividades com a QV, particularmente no ensino da Química, a partir das análises das T&D de interesse.

Neste estudo, principalmente os trabalhos autodenominados “químicos verdes” (precursores da QV), se constituem como o coletivo de especialistas (círculo esotérico), visto que, dentro dele, ocorre a circulação intracoletiva de pensamento e práticas da QV. Já os membros da comunidade dos químicos, formada pelos coletivos químicos que ainda não trabalham com a perspectiva da QV, se situam no círculo exotérico, ao passo que a circulação com os coletivos de especialistas químicos da QV seria de natureza intercoletiva.

No item subsequente, apresentam-se alguns exemplos da aplicação da teoria do conhecimento de Fleck no ensino de ciências a partir de uma breve revisão na literatura.

1.3.2 Fleck e as Pesquisas em Ensino de Ciências

Vários estudos utilizam o referencial fleckiano para analisar aspectos do ensino de Ciência (GONÇALVES; MARQUES, 2012; DELIZOICOV, 2004). Um deles são os episódios históricos que podem evidenciar a sociogênese de um determinado conhecimento, sobretudo os que se relacionam com a complicação. Análises de natureza histórico-epistemológicas, vinculadas à História das Ciências e seu ensino, e proporcionadas pela teoria de Fleck, configuram-se como um instrumento importante para entender um fato científico e o estado do conhecimento a ele relacionado e que se almeja conhecer melhor. De acordo com Flôr:

A epistemologia fleckiana trabalha com um modelo interativo do processo de conhecimento, descartando a hipótese do observador neutro a coletar dados. Em linhas gerais, este referencial aponta três fatores na produção do conhecimento científico: o sujeito conhecedor, o objeto a ser conhecido e o “estado do conhecimento” na área (FLÔR, 2007, p. 3).

Queirós e Nardi (2008) apresentam um panorama específico da área de ensino de Ciências acerca de estudos que utilizam a epistemologia de Ludwik Fleck como referencial teórico. Para tanto, analisaram periódicos nacionais da área e atas do Encontro Nacional de

Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)¹² entre os anos de 2002 e 2007. Os trabalhos selecionados foram classificados em quatro grupos: História de Fatos Científicos; Concepção de professores acerca da natureza da ciência; Ensino de saúde; Análises de pesquisas em ensino de Ciências no Brasil. Os autores perceberam que a maioria dos trabalhos estava associada à área de Ciências Biológicas e Saúde, embora grande parte das publicações analisadas tivesse relação com a História de Fatos Científicos. Apenas dois trabalhos foram classificados como “Análises de pesquisas em ensino de Ciências no Brasil”. Acreditam que os resultados encontrados sejam um reflexo do modelo epistemológico de Fleck, por ter sua gênese na medicina, inferindo, dessa forma, no estilo de pensamento dos coletivos de saúde pública e da Biologia, não obstante a epistemologia fleckiana possa ser empregada para compreender e estudar distintos *fatos científicos*.

Fleck, ao tratar de um *fato científico*, expõe-no como:

[...] uma relação de conceitos conforme o estilo de pensamento, que, embora possa ser investigável por meio dos pontos de vista históricos e da psicologia individual e coletiva, nunca poderá ser simplesmente construída, em sua totalidade, por meio desses pontos de vista (FLECK, 2010, p. 132).

Os *fatos científicos* têm materialidade em um dado momento histórico. Ou seja, são condicionados e explicados sócio-historicamente, com teorias do presente ligadas às do passado e que se ligarão às do futuro, algo que Fleck também percebia como um movimento que gera o progresso científico. Nesse sentido é que acreditamos poder olhar a circulação de conhecimentos relacionados à QV e, principalmente, o ensino da QV, como um fato científico, no qual ainda perduram relações

¹² O ENPEC é um evento bianual, organizado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). Teve sua primeira edição em 1997. A ABRAPEC tem por finalidade promover, divulgar e socializar a pesquisa em Educação em Ciências, por meio da realização de encontros de pesquisa e de escolas de formação de pesquisadores, da publicação de boletins, anais e revistas científicas, bem como atuar como órgão representante da comunidade de pesquisadores em Educação em Ciências junto a entidades nacionais e internacionais de educação, pesquisa e fomento. Estas informações foram retiradas da própria página da associação, disponíveis em: www.abrapec.ufsc.br/historico-e-missao. Acesso em: ago. 2014.

de conceitos, cuja totalidade ainda está para ser construída pelos EPs historicamente constituídos, e que talvez ainda estejam baseados em outras perspectivas ou em processo de transformação.

Os conceitos de estilo de pensamento e coletivo de pensamento, enquanto referenciais para a construção teórica em pesquisa no ensino das ciências e tecnologia, com olhar direcionado à área da saúde, são apresentados por Pfuetzenreiter (2002), que se dedica a analisar a metodologia empregada em trabalhos produzidos em programas de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Catarina e da Universidade Federal Fluminense, especificamente, os da Educação e da Enfermagem, que utilizam as ideias de Fleck. A autora destacou a existência de um pequeno número de trabalhos que utilizavam as categorias epistemológicas fleckianas como fundamento. Dos cinco trabalhos analisados, um procura relacionar os níveis de “práxis” ao estilo de pensamento em enfermagem, enquanto os demais procuram buscar identificar os EPs presentes na área de saúde ou identificar categorias dentro desses estilos de pensamento.

À luz de Fleck (1986), Delizoicov (2004) também analisou características da área de ensino de Ciências, a partir de programas de pós-graduação, em teses e dissertações e de grupos de pesquisa, com semelhanças e diferenças teóricas entre si. Além desses estudos, analisou periódicos especializados na publicação de resultados de pesquisas e atas e anais de eventos científicos específicos da área. Dentre os aspectos analisados, destacou: o teor das pesquisas; o uso dos resultados das pesquisas nos cursos de formação, seja como subsídios para a atuação do docente formador de professores, seja como conteúdo a ser incluído no currículo de formação; o uso dos resultados em cursos de formação continuada de professores. Nesse artigo, especificamente, se manifestou acerca do primeiro aspecto. Já sobre as categorias de Fleck, destaca que a *circulação inter e intracoletiva* de ideias e práticas permite o compartilhamento e a discussão de problemas relativos ao ensino de Ciências, que propiciam a instauração, a extensão e a transformação de estilos de pensamento da área. Esse processo dinâmico, segundo o autor, possibilita mudanças contínuas nas pesquisas em ensino de Ciências no país (DELIZOICOV, 2004).

Slongo e Delizoicov (2006) realizaram um estudo com o objetivo de caracterizar a produção acadêmica na área do ensino de Biologia a partir de T&D desenvolvidas em programas de pós-graduação, entre os anos 1972 e 2000. Para tanto, realizaram uma análise das respectivas referências bibliográficas e resumos dos trabalhos, buscando dados que fornecessem uma visão panorâmica sobre a produção da área.

Detectaram diversas mudanças nas pesquisas, ao longo dos anos, como a diversificação de focos temáticos e problemas de investigação, superando, inclusive, aquelas que empregam pressupostos empiristas. Para os autores, essas transformações ao longo da história derivam da intensa *circulação inter e intracoletiva* de conhecimentos, ideias e práticas.

No intuito de identificar pressupostos, representações e práticas sobre a Educação Ambiental, Lorenzetti (2008) realizou um levantamento histórico-epistemológico das pesquisas (teses e dissertações) nessa área temática, desenvolvidas em PPGs das ciências humanas e produzidas no Brasil entre 1981 e 2003. Para isso, utilizou as categorias fleckianas EP, CP, círculo esotérico, círculo exotérico e circulação intra e intercoletiva de ideias. O autor debruçou-se sobre pesquisas que tinham como foco investigar as representações e a atuação de docentes que desenvolviam práticas de EA no contexto escolar, o que resultou em um *corpus* formado por 77 trabalhos (em um cenário com mais de 800). Buscou identificar alguns elementos de interesse, com destaque para: o problema de pesquisa; a representação social de meio ambiente; a representação social de EA; a representação social de educação; a proposta assumida; a linguagem estilizada e as referências bibliográficas. A identificação desses elementos foi realizada de forma sistemática a partir da leitura do resumo, introdução, problema, objetivos, metodologia, conclusões e referências.

Os resultados da pesquisa indicam a existência de coletivos de pensamento que compartilham um EP identificado como ecológico (formado apenas pelos docentes entrevistados nas pesquisas — círculo esotérico) e o EP Crítico-transformador (predominante entre os autores das teses e dissertações — círculo exotérico). Para o autor, esse último EP apresenta possíveis matizes, além de um coletivo que estaria em transição (entre o ecológico e o crítico-transformador) (LORENZETTI, 2008).

Em um levantamento em pesquisas da área de Educação em Ciências sobre a recepção do uso da epistemologia de Fleck em T&D, Lorenzetti, Muenchen e Slongo (2013) identificaram que a maioria delas se concentrava em instituições do sul do país, hegemonicamente na UFSC. Já as categorias fleckianas predominantes nesses estudos eram estilo de pensamento, coletivo de pensamento e circulação inter e intracoletiva de ideias, no que diz respeito à produção de conhecimentos. Os autores relataram que as pesquisas concentravam-se em três eixos principais: a emergência de um fato científico, a formação

de professores e a análise de produções acadêmicas. E embora o objetivo do trabalho não tenha sido o de dimensionar o alcance e o impacto da incorporação dos pressupostos da teoria do conhecimento de Fleck na produção científica, expôs as justificativas apresentadas acerca das contribuições para pesquisas da área de Educação em Ciências, ao afirmar que:

possibilita compreender a constituição de uma área do conhecimento; explicitar o caráter sociológico tanto da produção quanto da disseminação do conhecimento; identificar as condições para a instauração de um estilo de pensamento ligado à ciência; compreender a importância de comunicação intra e intercoletiva no estabelecimento e transformação de um estilo de pensamento; analisar o peso da formação para o ingresso em um estilo de pensamento; entender melhor a relação teoria e prática na formação dos professores; refletir sobre a prática pedagógica dos professores; desenvolver alternativas para a inserção da história da ciência nos currículos da graduação (LORENZETTI; MUENCHEN; SLONGO, 2013, p. 194).

Ainda nesse viés, Brick e colaboradores (2013) apresentam reflexões a partir de pesquisas relacionadas a conhecimentos e práticas docentes em Educação em Ciências, também a partir da análise de T&D. Relatam que os estudos demonstram a importância do papel do contexto social e histórico na construção de conhecimento e de práticas docentes, tanto no Ensino Superior quanto no Ensino Médio. Além disso, destacam a importância da circulação de ideias no processo de transformação dessas práticas e na disseminação de conhecimentos (proveniente de determinado EP), caracterizada também através do papel que exercem os livros didáticos e manuais universitários, que podem ser responsáveis por certa coerção de pensamento sobre o objeto a ser ensinado. No estudo, destacam-se os apontamentos sobre a necessidade de se aprofundar alguns pontos da teoria do conhecimento de Fleck, com vistas a instrumentalizar as pesquisas sobre práticas docentes em Educação em Ciências:

- Avançar na compreensão de como a teoria do conhecimento de Fleck poderia ser interpretada

para lançar luz à dinâmica dos conhecimentos docentes;

- Caracterizar os limites da contribuição das ideias originais de Fleck para análise de problemas tão complexos e multidisciplinares quanto os enfrentados pelas pesquisas em Educação em Ciências e pela Educação em Ciências;
- Aprofundar as relações entre a perspectiva fleckiana com outros autores, reconhecendo a necessidade de reinventar a mesma a partir dos problemas próprios da EC [Educação em Ciências] (BRICK *et al.*, 2013, p.7).

Na literatura, encontram-se também pesquisas voltadas ao ensino da Química que utilizam o referencial fleckiano e aspectos de sua teoria do conhecimento. Em um de seus trabalhos voltados à história da ciência, Flôr (2007) faz a leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e a consequente alteração da tabela periódica no contexto da execução do Projeto Manhattan. Especificamente nesse caso, analisa como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas à luz das categorias fleckianas de circulação inter e intracoletiva de ideias no desenvolvimento do conhecimento científico relativo à tabela periódica dos elementos químicos. Isso porque considera “que textos que abordam episódios históricos a partir de referenciais epistemológicos podem e devem ser utilizados na licenciatura, a fim de que os futuros professores tenham a experiência da utilização de abordagens históricas” (FLÔR, 2007, p. 1). No contexto da descoberta de elementos transurânicos, a autora conclui que é possível perceber, por meio de conceitos fleckianos — no caso da circulação de ideias —, que o cientista não é um sujeito isolado, uma vez que consulta seus pares (sujeitos que compartilham do mesmo EP) e se comunica com a comunidade à qual pertence, ou seja, os coletivos de pensamento.

Com o propósito de discutir igualmente acerca da circulação de ideias, Gonçalves e Marques (2012) analisaram produções que tratavam da experimentação no ensino de Química, a partir de artigos publicados em periódicos nacionais e em T&D, no período entre 1972 e 2006. Os critérios utilizados foram os seguintes: T&D – procuraram identificar a natureza das pesquisas (mestrado ou doutorado), o ano de defesa, o orientador, a região do país, a instituição e o nível de ensino estudado;

nos artigos foram identificados o ano de publicação, os autores e as respectivas instituições, o referencial teórico e o nível de ensino estudado; já os artigos foram categorizados conforme pesquisa, revisão, fundamentação e ensaios fundamentados. Os autores observaram que “a experimentação no ensino de Química tem sido um tema de pesquisa pouco articulado com a formação de professores e a educação superior e profissionalizante nas dissertações e teses” (2012, p. 198). A maioria dos artigos analisados não tinha relação direta com as pesquisas realizadas no âmbito da pós-graduação, posto que não derivava das T&D analisadas (apenas um artigo mostrou relação com uma das dissertações). Logo, a disseminação dos resultados de investigações acerca da experimentação no ensino de Química, produzidas no âmbito dos programas de pós-graduação, não ocorreu por meio dos periódicos investigados, de modo que, dessa forma, não promoviam a circulação inter e intracoletiva dos saberes produzidos naquele espaço. A esse respeito, os autores reforçam:

Com base na epistemologia fleckiana, reiteramos que os periódicos cumprem com função importante na circulação inter e intracoletiva, auxiliando inclusive na instauração de novas questões de investigação e, por conseguinte, novos campos de pesquisa (GONÇALVES; MARQUES, 2012, p. 200).

Fleck (2010) aponta como um fator importante na produção de conhecimentos, o processo de instauração, extensão e transformação dos estilos de pensamento, que ocorre a partir da dinâmica de circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias, pois os processos de circulação podem influenciar na transformação de ideias, ou até mesmo, na instauração de um novo EP (DELIZOICOV *et al.*, 2002).

Já Lambach e Marques (2009) discutiram os resultados de uma investigação que objetivou identificar elementos caracterizadores de EP de professores de Química que atuavam na Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Estado do Paraná, e se esses EPs eram afetados por processos de formação inicial e continuada. Por meio de entrevistas, compararam os EPs dos professores com e sem participação em cursos de formação continuada, analisando as práticas, as concepções e os valores docentes. Em suma, apresentaram os possíveis EPs (quatro no total) dos professores entrevistados, assim como os elementos caracterizadores de cada um, concluindo que a estruturação do Estilo de

Pensamento do professor ocorre ao longo de sua atividade docente, que sofre modificações à medida que se relaciona com outros Coletivos de Pensamento.

Em trabalho posterior, porém similar, os mesmos autores discutiram os resultados de uma pesquisa sobre um processo de formação de professores de Química que atuam na EJA, também em escolas públicas do Paraná, organizado a partir de pressupostos teórico-metodológicos freireanos e analíticos fleckianos. A coleta de informações ocorreu em um curso de formação continuada por eles organizado, no qual os participantes discutiam, organizavam e desenvolviam aulas de Química (LAMBACH; MARQUES, 2014). Foram investigados também os possíveis EPs que o coletivo docente tinha sobre o papel social do ensino de Química e de como este deveria ocorrer na EJA. Nessa investigação estabeleceram-se aproximações com as características identificadas na pesquisa anterior, relativas a dois EPs dos professores de Química da EJA, caracterizados como *Professor Suplência* – que se fundamenta na função de suplência, atribuída pela antiga Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que relaciona o tempo físico com a ideia de recuperação do tempo perdido do aluno, necessitando acelerar/aligeirar o processo educacional para a certificação rápida; e como *Professor Exemplificador* – classificado como aquele que lança mão de exemplos locais ou de qualquer lugar, utilizando-os apenas para introduzir os conteúdos de Química, onde a realidade serve como ilustração (LAMBACH; MARQUES, 2009).

Merecem destaque três trabalhos que, além de associar os pressupostos da teoria de Fleck ao ensino da Química, fazem-no com a adoção do enfoque da Química Verde. Dois deles associam-se às categorias de circulação intercoletiva e intracoletiva de ideias: o primeiro (ROLOFF; MARQUES, 2013) se debruça sobre as perspectivas e possíveis tendências na abordagem de questões ambientais no ensino de Química, visto a partir da seção “Pesquisa no Ensino de Química”, da revista *Química Nova na Escola* (QN_{Esc}), no período entre 2008 e 2012. A identificação dos artigos deu-se pela busca de termos que fornecessem indícios da abordagem e/ou tratamento de aspectos que remetessem ao ambiente. A caracterização do material empírico ocorreu, então, a partir da identificação dos seguintes termos: Meio ambiente, Ambiental, DS e QV. O levantamento indicou a contribuição com a disseminação de conhecimentos relativos à QV e à crescente abordagem dessa temática durante o período analisado. Os autores notaram que as pesquisas se fundamentaram ligeiramente em

citações bibliográficas, concentrando-se antes em exemplos de aplicações que visam à consolidação de conhecimentos químicos, mesmo estando relacionados à compreensão e atuação de aspectos ligados ao meio ambiente. Ressaltam ainda que a circulação inter e intracoletiva de ideias, proporcionada pelas publicações do periódico QNEsc, pode favorecer no processo de formação dos professores, influenciando a atuação docente em sala de aula, e de que a leitura das publicações pode auxiliar na instauração, extensão e até na transformação de possíveis EPs da relação Química vs meio ambiente.

Outro trabalho que buscou discutir a circulação de ideias sobre a relação entre a Química e os cuidados com o ambiente a partir da filosofia da QV e de conhecimentos e práticas associadas à ideia de SA foi o de Roloff e colaboradores (2014), que analisaram T&D produzidas em PPGs em Química, Educação e ECT no período entre 2002 e 2012. As análises apontaram que grande parte dos trabalhos cita e/ou dialoga explicitamente com os domínios ciência-ambiente, favorecendo, assim, a circulação de ideias e práticas entre esses coletivos (de pós-graduação), o que pode ajudar na constituição de EPs a respeito da SA, no âmbito da Química.

Nossa hipótese é que a publicação e a divulgação de tais pesquisas podem estar contribuindo com a circulação de saberes sobre a QV, fomentando a propagação de ideias, estudos e práticas sobre possibilidades e limites à SA. Roloff e colaboradores (2014) comentam que analisar tais ideias pode ser um importante material para auxiliar na formação dos químicos (bacharéis e licenciados), a fim de aperfeiçoar suas ideias e práticas de pesquisa e de ensino voltadas aos cuidados com o ambiente. Apontaram ainda que o uso e o ensino da QV têm influenciado na produção do conhecimento e práticas acerca da SA, basicamente em três perspectivas: **i)** as que a justificam pelo desenvolvimento industrial; **ii)** pelo uso e aplicabilidade dos princípios QV; e **iii)** por aquelas que julgam indispensável sua inserção na formação de professores e no ensino da Química. Concluem que a circulação de ideias entre esses grupos pode influenciar na instauração e transformação de EPs na esfera da Química.

Marques (2012), por sua vez, publicou um artigo no qual apresenta resultados de uma pesquisa realizada com professores de Química de escolas médias de uma região da Itália, investigando o que pensam sobre a viabilidade de adoção do enfoque da QV no ensino da Química, e sobre a prática pedagógica por eles desenvolvida no tocante ao ensino de questões ambientais. Por meio de entrevistas, buscou identificar elementos que pudessem caracterizar EPs dos professores em

relação às questões ambientais, à QV e aos desafios de seu ensino nesse nível de escolarização. Os dados obtidos indicaram uma grande disponibilidade dos professores para compartilhar EPs abertos à abordagem das questões ambientais, mesmo diante de complicações (FLECK, 1986) e limites ao inédito-viável (FREIRE, 1987) relativos à adoção da perspectiva da QV e a mudanças nas práticas pedagógicas envolvendo a abordagem temática.

Nossa exposição, ainda que não exaustiva, buscou constatar que a epistemologia fleckiana tem grande potencial para ser aplicada na educação científica e ao foco de nossa pesquisa. Afinal, a sociogênese do conhecimento de Fleck, por articular-se a episódios históricos, pode ajudar a compreender as modificações nas visões de ciência dos sujeitos (FLÔR, 2009). Delizoicov e colaboradores (2002) destacam a potencialidade epistemológica de Fleck no favorecimento da compreensão de conhecimentos em e entre comunidades/coletivos, para além da científica.

Neste sentido, o ensino de Química deve problematizar e proporcionar reflexões epistemológicas que suscitem questionamentos e ações voltadas não apenas para a solução de problemas ambientais, mas sim, para a prevenção de sua geração, de modo a desenvolver ações mais sustentáveis, influenciando uma nova forma de pensar e desenvolver a Química. Ou seja, um novo estilo de pensamento sobre sua relação com a natureza.

A partir dos exemplos apresentados, é possível inferir que grande parte dos trabalhos que se utiliza da teoria do conhecimento de Fleck e/ou alguma de suas categorias analíticas, é desenvolvida por meio de pesquisas do tipo “estado da arte”. Isso ocorre pela própria caracterização dos coletivos de pensamento e dos estilos de pensamento, compartilhados pelos grupos que têm o mesmo objeto de pesquisa e/ou interesse investigativo, de modo que é preciso entender essa relação no âmbito da Química. Portanto, no próximo capítulo, pretendemos trazer argumentos, explicações e apontamentos que possam favorecer a compreensão da relação da Química com as questões ambientais, particularmente a partir da QV, apresentando como distintos círculos percebem o problema relacionado à crise ambiental.

CAPÍTULO 2

A QUÍMICA NO CONTEXTO DA CRISE AMBIENTAL

Um dos desafios para os químicos de hoje é suprir as necessidades da sociedade por novos produtos, porém sem esquecer os aspectos ambientais. Considerando a necessidade de um contínuo desenvolvimento econômico, social e ambiental sustentável, com vistas à manutenção e melhoria da qualidade de vida atual e vindoura em todo o globo, torna-se imperiosa uma nova conduta química para o aprimoramento de técnicas e metodologias, com a geração cada vez menor ou, idealmente, inexistente, de resíduos e efluentes tóxicos. Esta filosofia, conhecida como Química Sustentável ou Química Verde. (CORRÊA; ZUIN, 2009, p. 7)

Neste capítulo abordamos aspectos associados à crise ambiental e sua relação com a Química, em algumas de suas atividades. Preocupamo-nos em apresentar e discutir como essa ciência reconhece e responde aos problemas ambientais, tanto pelo viés da Química Ambiental quanto da Química Verde, e particularmente, se a Química incorpora e as difunde no âmbito de seu ensino e na formação de seus profissionais, inclusive (ou principalmente) na licenciatura. Se os fundamentos e as práticas defendidas pela QV, através da aplicação de seus princípios na indústria, no ensino e na pesquisa em Química, estão proporcionando um novo olhar às questões do ambiente, pela proposição de novas soluções ou alternativas que minimizem a produção de resíduos, por exemplo, estariam esses princípios e práticas da QV se constituindo como um círculo esotérico em relação à Química clássica, dado que esta, histórica e recorrentemente, atua “de costas” ao ambiente? Assim, seguindo a teoria de Fleck, a Química (não “verde”) se situaria, ao mesmo tempo, como um círculo exotérico em relação aos campos do conhecimento que mais discutem as questões ambientais, a exemplo da QV? Pretendemos discutir esses aspectos ao caracterizar as dimensões e implicações da crise ambiental, vistos, principalmente, através de sua relação com a Química.

2.1 CRISE AMBIENTAL PLANETÁRIA: A BUSCA DE ENTENDIMENTOS PARA UMA SITUAÇÃO (IN)SUSTENTÁVEL

A relação entre o ser humano e a natureza tem mudado ao longo da história, e uma das consequências é que os danos ao ambiente começaram a se multiplicar e a se intensificar. Os maiores registros associam-se, especialmente, ao advento da agricultura e à introdução do trabalho mecânico, durante a Revolução Industrial, iniciada por volta de 1800. Além disso, a chegada da máquina a vapor também foi um importante marco na intensificação da problemática ambiental, afinal a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa e de substâncias tóxicas nocivas ao ambiente, além de um grande consumo energético, são resultantes de algumas atividades industriais. Mas são muitas as correntes científicas que atribuem diferentes causas às origens dos problemas ambientais hoje sentidos.

Segundo Braga e colaboradores (2005), o problema da poluição ambiental surge no momento em que o ser humano descobre o fogo e passa a ser capaz de impulsionar máquinas e realizar mais trabalho, o que o conduz a um enorme avanço tecnológico. Ao mesmo tempo que esse desenvolvimento traz a necessidade de quantidades cada vez maiores de energia e materiais, o resultado é uma maior produção de resíduos. De lá para cá, o uso de recursos naturais — de fontes renováveis ou não — em processos produtivos tem aumentado intensivamente (BAYARDINO, 2004).

A título de exemplificação, a população mundial que, ao início do século XIX, era de aproximadamente um bilhão de pessoas, passa para sete bilhões em meados de 2011¹³. Isso veio acompanhado de um aumento de cerca de quarenta vezes na utilização de energia; de cinquenta vezes na produção econômica e, por consequência, de um aumento de 30% a 100% na concentração atmosférica de gás carbônico (CO₂) e metano (CH₄), respectivamente (LIAO, 2012). Quanto ao solo, já em 2005, cerca de 40% do total mundial de terras foi considerado em degradação — fator que contribui na configuração de uma futura crise

¹³ De acordo com informações disponibilizadas pela Organização das Nações Unidas, no documento intitulado “*Demographic Components of Future Population Growth*”, em meados de 2013 a população mundial já passava de 7,2 bilhões de pessoas. Tal informação encontra-se disponível em: www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/technical/TP2013-3.pdf. Acesso em: jun. 2014.

alimentar planetária. O mesmo ocorre com o uso/abastecimento de água, já que o crescimento populacional, a urbanização e a industrialização ampliam a demanda desse recurso natural. Há uma previsão que, em 2030, cerca de quatro bilhões de seres humanos deverão conviver com a falta desse recurso (LÉNA, 2012).

Embora a escassez dos recursos naturais venha se demonstrando uma preocupação recorrente, é preciso considerar que sua utilização é responsável pela manutenção e desenvolvimento da sociedade (da vida), porém, “sua exploração inadequada gera externalidades negativas e sinaliza o esgotamento dos mesmos, levando a emergência da problemática da utilização sustentável desses recursos” (BAYARDINO, 2004, p. 10).

Acerca da crise ambiental hoje instaurada, já nos anos 1980, Tiezzi (1988) alertava para a necessidade de discutir o axioma do crescimento material sem limites e objetivos. Segundo ele, as relações com os modos de produção e o que deve ser produzido (como, onde e quando produzir) deveriam ser problematizados para que a qualidade de vida da sociedade pudesse se equilibrar à natureza, pois a demanda incontrolável de recursos naturais tende a materializar consequências ao ambiente, de forma mais grave e em ritmo cada vez mais veloz.

Em função de tais aspectos, Pinto e Zacarias comentam que existem vários entendimentos sobre as causas e consequências da crise ambiental, assim como alternativas para enfrentar essa problemática, embora defendam que a crise seja “uma manifestação da lógica do processo de produção e acumulação do capital” (2010, p. 41), associada ao crescimento obtido a todo custo e através do aniquilamento dos recursos naturais.

A partir de 1970 os problemas ambientais passaram a ser (mais) oficialmente reconhecidos, principalmente aqueles de ordem antrópica, e a busca de alternativas para seu enfrentamento começaram a ser empreendidas (PINTO; ZACARIAS, 2010). Em seu artigo, os autores destacam duas visões associadas ao entendimento de crise ambiental: a reformista (conservadora) e a crítica. Para os setores reformistas:

o cerne da destruição ambiental está ligado às seguintes causas: o desperdício de matéria e energia, aos limites físicos e naturais dos recursos naturais, ao excesso da população, aos altos padrões de produção e ao consumo, dentre outros (PINTO; ZACARIAS, 2010, p. 42).

Nessa visão, a crise ambiental está associada à incompatibilidade entre desenvolvimento e proteção ambiental. Esse pensamento hegemônico é entendido como conservador, pois compreende que a escassez de recursos e a superpopulação impedem o desenvolvimento da humanidade, afirmação defendida a partir da teoria malthusiana (ZACARIAS, 2012). O outro argumento, utilizado pela visão reformista, é de que os atuais padrões de produção e consumo levarão à escassez dos recursos naturais. Essa premissa surgiu entre as décadas de 1960 e 1970, apresentada no relatório intitulado “Os Limites do Crescimento” (*The Limits to Growth*, 1972), que tratou de problemas para o futuro da humanidade (como a poluição, a energia, o saneamento, o ambiente, o crescimento populacional, entre outros), denunciando os limites da exploração do planeta e situando a crise ambiental como efeito do processo do crescimento descontrolado (MEADOWS *et al.*, 1973). Portanto, os problemas ambientais seriam fruto do mau funcionamento do sistema, e derivados de um estilo de desenvolvimento considerado insustentável (PINTO; ZACARIAS, 2010).

Pinto e Zacarias (2010) apontam ainda que as alternativas defendidas pela perspectiva conservadora preconizam a capacidade de superar a crise ambiental dentro da ordem do capital, entendendo que é possível reformar o capitalismo, tornando-o mais respeitoso com o meio ambiente, a partir de propostas que se restringem aos processos de produção, a tecnologia, a reciclagem, a eficiência energética, o consumo responsável, entre outras, perspectiva esta que despolitiza o debate.

Diferente da visão reformista e conservadora, a perspectiva crítica, defendida por Pinto e Zacarias, entende que a crise ambiental “deve-se a um conjunto de variáveis interconexas, dadas em bases sociais, econômicas, culturais e políticas, estruturalmente desiguais, que conformam a sociedade capitalista” (2010, p. 44). Logo, a crise não tem apenas como causa o excesso de população ou os padrões de produção e consumo, mas é de responsabilidade da lógica destrutiva da acumulação do capital, ligada às relações sociais que se firmam entre os seres humanos, a partir da maneira como se distribuem os meios de produção (ZACARIAS, 2012). No campo crítico, uma alternativa apontada para a superação da crise é a construção de uma ordem de reprodução economicamente viável e historicamente sustentável, que requer modificar as determinações internas e contraditórias da ordem estabelecida que impõe a submissão da necessidade e do uso humano à

necessidade alienante da expansão do capital (ZACARIAS, 2012; PINTO; ZACARIAS, 2010).

É possível perceber que o problema acerca do processo de destruição humana da natureza é de cunho histórico e político-ideológico, tendo como um dos fatores determinantes o modo de produção e o consumo da sociedade capitalista que, segundo Loureiro (2012), prioriza o acúmulo de riquezas e não o da satisfação de necessidades básicas.

Nesse viés, Foster (2005), autor americano de formação marxista, faz uma discussão sobre como o desenvolvimento do materialismo histórico-dialético e da ciência possibilita entender os modos ecológicos de se pensar as origens da crise ambiental. O autor argumenta a favor da visão ecológica de Karl Marx — acusado, por vários, de teorizar sobre o fim do feudalismo e o nascimento do sistema capitalista, uma visão mecanicista/determinista e salvacionista da tecnologia no desenvolvimento das forças produtivas —, buscando desenvolver uma visão crítica revolucionária que, segundo ele, “associa a transformação social com a transformação da relação humana com a natureza de modos que agora consideramos ecológicos” (2005, p. 13). Foster questiona onde ocorre a apropriação (irreversível) da natureza pelo homem dentro do capitalismo, por ele denominada de “falha metabólica”¹⁴. Argumenta que o proprietário capitalista dos meios de produção transforma em consumo e riqueza privada aquilo que é um bem social, a exemplo dos produtos agrícolas, que trazem consigo “as riquezas minerais da terra”, considerada um bem social público. Para Foster, o marxismo questionava as formas com que o modo de produção capitalista destrói irreversivelmente a natureza.

Nessa óbvia, mas determinante, relação de dependência entre os seres humanos e o uso de recursos naturais, especialmente (mas não exclusivamente), para sobrevivência, Silva e Crispim (2011) ressaltam que, nos últimos três séculos, a humanidade atingiu um alto nível de desenvolvimento tecnológico, pelo qual busca dominar os meios de produção e o controle das reservas naturais. A esse respeito, Tiezzi (1988) comenta que muitas pessoas designam à ciência e à tecnologia o papel para a resolução de problemas ambientais atuais, sem levar em

¹⁴ Esse conceito foi desenvolvido por Marx no período de formulação de sua teoria sobre o Capital (séc. XVIII), e diz respeito a uma relação indissociável entre o homem e a natureza, pois “o homem vive da natureza, isto é, a natureza é o seu corpo, e ele precisa manter com ela um diálogo para não morrer”. In. *Manuscritos econômico-filosóficos* (1844).

conta que a solução encontrada poderá resultar no aumento dos problemas, tornando ainda mais próximo o momento do esgotamento dos recursos naturais, e ocasionando mecanismos irreversíveis e de danos irreparáveis ao ambiente.

Essa visão parece associar-se ao que Auler e Delizoicov (2006) chamam de perspectiva salvacionista da C&T, relacionada a uma concepção tradicional e linear de progresso (tecnológico). Tal compreensão defende que a C&T é capaz de resolver os problemas já existentes, proporcionando bem-estar social. Em outras palavras, “1) Os problemas hoje existentes e os que vierem a surgir, serão, necessariamente resolvidos com o desenvolvimento cada vez maior da CT [Ciência e Tecnologia]; 2) Com mais e mais CT teremos um final feliz para a humanidade” (2006, p. 343)¹⁵. Para complementar essa assertiva, é importante ressaltar sobre a necessidade de que tais aspectos sejam problematizados, conforme argumentam Auler e Delizoicov (2001; 2006) e Auler (2007), pois remetem a um entendimento de linearidade e neutralidade da C&T.

Ainda sobre questões relacionadas ao papel da C&T, Tiezzi (1988) ressalta que, na transição para um modelo diferente de produção e desenvolvimento, o papel desempenhado pela ciência e pela tecnologia é primordial, mas que ambas não podem progredir sem que se assumam alguns riscos. Contudo, na atualidade, esses riscos são de longo prazo e de escala planetária, embora, pela primeira vez na história da humanidade, pareçam ameaçar a sobrevivência da espécie humana. A esse respeito, Nascimento (2012b) comenta que vivemos uma crise global que ameaça a vida humana na Terra, ou pelo menos suas condições atuais, isso porque as crises ambiental (pouco compreendida) e econômica resultam de ações antrópicas difusas, que têm fontes e resultados globais.

Parece consenso que o futuro da humanidade esteja ameaçado (IPCC, 2000), e que as causas disso residiriam, principalmente, no aquecimento global. Com base em tal constatação, Nascimento (2012b) enuncia quatro versões dessas ameaças: I) o comprometimento da manutenção do planeta Terra; II) obstáculo à existência da vida em geral; III) extinção do ser humano; IV) e degradação das condições de vida humana — vertente que incorpora as variáveis socioeconômicas em sua análise, além das ambientais.

Como consequência dessas ameaças, três proposições são sugeridas para o seu enfrentamento, as quais se distinguem pelo modo

¹⁵ Os autores utilizam a sigla CT ao se referir à Ciência-Tecnologia.

como avaliam as consequências dos problemas ambientais ou pelas concepções sobre a influência que recebem do atual modelo de desenvolvimento (NASCIMENTO, 2012b). A primeira delas é apresentada por Solow (2000), que argumenta em favor de uma maior eficiência tecnológica, com a produção de mais mercadorias, mas mediante a utilização de menos recursos naturais e energia. Na segunda vertente situa-se a corrente hegemônica da atualidade (NASCIMENTO, 2012b), ou seja, a definição-conceito de DS, formulada no Relatório Brundtland (WCED, 1987), em que o uso racional e parcimonioso dos recursos naturais garantiria o desenvolvimento, sem comprometer as necessidades das gerações futuras na busca por uma economia socioambiental mais eficiente que poupe energia e recursos naturais. A terceira corrente considera que o atual modelo de desenvolvimento nos levará à autodestruição, sendo necessário um decrescimento econômico, como descrito por Latouche (2012). Essa corrente se fundamenta, dentre outras, na tese de Georgescu-Roegen, que afirma que “o processo econômico, do ponto de vista puramente físico, não faz mais do que transformar recursos naturais de valor (baixa entropia) em resíduos (alta entropia)” (2012, p. 62). Portanto, a produção econômica é, no fundo, uma transformação entrópica.

Ao tentar reavaliar os modos de produção, Tiezzi (1988) adverte sobre a necessidade de se construir uma nova cultura, onde os nexos entre o desenvolvimento social e o ecologismo sejam postos em foco. Isso porque, em função do desconhecimento ou desconsideração de grandes leis da física — como os rendimentos energéticos e a entropia, e também, muitos princípios básicos da biologia, da evolução e da genética —, isso faz com que os modos de produção vigentes sustentem uma cultura que desperdiça recursos, destrói o meio ambiente e desrespeita as futuras gerações.

Tiezzi demonstra a relação entre três potenciais crises contemporâneas (ambiental, energética e econômica), ao argumentar que “a crise ambiental e a crise energética são frutos de opções equivocadas do sistema produtivo e do sistema econômico” (1988, p. 13). Sendo assim, a energia é o ponto chave para se entender essas interações, pois “um sistema baseado em energias não renováveis catalisa uma série de reações em cadeia que levam, inevitavelmente, à destruição do meio ambiente, à exaustão dos recursos naturais e, em última análise, à crise econômica” (TIEZZI, 1988, p. 13). Esse entendimento se dá considerando que o crescimento econômico é resultante de uma série de interações e mudanças nas estruturas produtivas, tecnológicas e sociais de uma economia, ou seja, há limites

para o desenvolvimento e o crescimento material. A esse respeito, ainda que tratando sobre a relação entre a QV e o DS/SA, Marques e Machado (2014) discutem sobre questões energéticas associadas às limitações impostas pela segunda lei da termodinâmica, como esquematizado na Figura 3.

Figura 3: Modelo para a Sustentabilidade Ambiental inspirado nos sistemas ecológicos



Fonte: Marques e Machado (2014)

Essa figura traz um esquema que representa o sistema desenvolvido pela atividade humana na Terra ao longo dos anos, pelo progresso da civilização baseada no aumento do uso de tecnologia, o que transformou a superfície do planeta. Os autores descrevem três grandes componentes: a Ecosfera (que representa a natureza ainda não transformada pelo ser humano) e dois componentes artificiais, a Tecnosfera (constituída por dispositivos inventados pelo homem, como máquinas e subsistemas para fazer tais dispositivos, a exemplo das fábricas), e a Antroposfera (que representa os lugares onde os humanos vivem/utilizam, como cidades, estradas, etc.). A interligação entre esses

dois últimos compartimentos resulta no que os autores chamam de Antropotecnosfera. Os recursos naturais (energia e materiais) são extraídos da biosfera para serem utilizados na Tecnosfera, e logo, fazer objetos artificiais utilizados por seres humanos na Antroposfera, a fim de melhorar sua qualidade de vida. Por outro lado, os poluentes e os resíduos provenientes de atividades antrópicas na Antropotecnosfera são, inevitavelmente, descarregados na Ecosfera (MARQUES; MACHADO, 2014). Essa representação demonstra aquilo que Tiezzi (1988) evidenciava, ou seja, as relações existentes entre as três crises: ecológica, energética e econômica.

Léna (2012), por sua vez, chama a atenção para o fato de que não se pode crescer infinitamente em um planeta que é finito — dada suas limitações materiais e energéticas —, e que o modo de se relacionar com o meio ambiente, com base em processos econômicos insustentáveis, é um movimento contraditório e que se dispõe de pouco tempo para que seja possível reverter tal situação.

É latente que as questões acerca do ambiente têm crescido nos últimos anos, o que tem contribuído, em certa medida, para o aumento da conscientização da crise ambiental e das reivindicações por novas posturas políticas, sociais e econômicas. A nosso ver, a crise apresenta-se como um evento inerente ao modo de produção capitalista, de modo que a sociedade precisa buscar modelos alternativos de desenvolvimento que levem em consideração a indispensável proteção ambiental, e ainda com o modo de produção coletivista. Aspectos que não penaliza pouco e afronta a sua lógica maior: o lucro a qualquer custo.

A partir da segunda metade do século XX, o discurso ecológico — como consequência da preocupação com a proteção e os cuidados com o ambiente natural — passou a se articular, transformando-se em um dos movimentos ambientalistas de maior influência. No início da década de 1970 surgiram os primeiros fóruns e documentos internacionais sobre o problema do impacto das ações antrópicas no meio ambiente, a exemplo do Clube de Roma, da criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), além de muitas convenções, tratados e relatórios voltados para o tema. Portanto, foi a partir dessa década que o ambientalismo alcançou maior expressão, ampliando-se e tornando mais visível o profundo impacto ambiental que a atividade produtiva estava gerando, e com isso, ocorreu o surgimento e crescimento de processos que constituem os movimentos ambientalistas globais, dentre eles:

Organizações e grupos que lutam pela proteção ambiental; agências governamentais encarregadas desta proteção; grupos de cientistas que pesquisam os temas ambientais; gestão de recursos e processos produtivos, em algumas empresas, voltada a eficiência energética, redução da poluição; e, de suma relevância, demandadores de produtos caracterizados como “verdes” no mercado (MONTIBELLER-FILHO, 2008, p. 42).

Em decorrência disso, princípios expressos em atas e cartas, e que serviram de base para a legislação ambiental, foram instituídos através de congressos internacionais, tendo como premissa a busca pelo desenvolvimento econômico para a melhoria social, mas com a tutela ambiental. A principal conferência sobre o meio ambiente, nesse período, que evidenciou, inclusive, a preocupação do sistema político com as questões ambientais, foi a Conferência de Estocolmo¹⁶, ocorrida em 1972, em Estocolmo, na Suécia, nomeadamente Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. É considerada um marco histórico-político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental (ALMEIDA, 2002), pois estabeleceu princípios para questões ambientais internacionais, incluindo direitos humanos, gestão de recursos naturais, prevenção da poluição e relação entre ambiente e desenvolvimento, estendendo-se até a necessidade de se abolir as armas de destruição em massa. A conferência também levou à elaboração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (MORADILLO; OKI, 2004).

A década de 1980 também foi marcada por uma série de conferências mundiais sobre o Meio Ambiente, tendo, como momento proeminente, o ano de 1983, quando a Assembleia Geral das Nações Unidas sugeriu a criação da Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento (CMMAD), cujo objetivo era elaborar um relatório a respeito do Desenvolvimento e do Meio Ambiente, em termos mundiais.

Grande parte das discussões geradas em função do desenvolvimento socioeconômico e ambiental configurou uma estratégia que resultou, em 1987, na publicação do documento *Nosso futuro comum*, também conhecido como Relatório Brundtland¹⁷,

¹⁶ A Conferência de Estocolmo contou com a presença de representantes de 113 países, 250 organizações não governamentais e dos organismos da Organização das Nações Unidas.

¹⁷ Assim definido em homenagem à presidente da comissão, Gro Harlem

elaborado pela CMMAD, considerado um dos mais importantes sobre a questão ambiental e o desenvolvimento dos últimos anos. Trata-se de um relatório da ONU sobre a SA do planeta (WCED, 1987), um marco institucional que serviu de referência a muitos estudos acadêmicos e ações governamentais nessa perspectiva. Brüseke comenta que:

O relatório parte de uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológico da sociedade global. Ele sublinha a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política e chama também atenção para uma nova postura ética, caracterizada pela responsabilidade tanto entre as gerações quanto entre os membros contemporâneos da sociedade atual (BRÜSEKE, 2003, p. 33).

O documento apontou a incompatibilidade entre a DS e os padrões de produção e consumo da época. O relatório, que pela primeira vez definiu o conceito de DS, não sugeriu a estagnação do crescimento econômico, mas sua conciliação com as questões ambientais e sociais, com princípio de integrar a conservação da natureza e desenvolvimento, de modo a satisfazer as necessidades humanas fundamentais, mantendo a integridade ecológica e respeitando a diversidade cultural e a autodeterminação social. Enfatizou ainda os perigos do aquecimento global e da destruição da camada de ozônio, afirmando que a velocidade das mudanças era maior do que a capacidade dos cientistas de avaliá-las e propor soluções (WCED, 1987).

O conceito ou ideia-força de DS elaborado no Relatório Brundtland faz referência ao meio ambiente e à conservação dos recursos naturais, com vistas a diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia, como uma possível solução para os problemas ambientais e sociais enfrentados pelo mundo, e acentua a busca e a luta para adoção de um novo “paradigma

Brundtland, então primeira ministra da Noruega. Nascida em Oslo, em 20 de abril de 1939, foi a primeira mulher a chefiar um governo na Noruega (foi primeira-ministra aos 42 anos em 1981, e entre 1986 e 1996) e um partido político (o Socialdemocrata dos Trabalhadores, de 1981 a 1992). Foi também ministra do Meio Ambiente, aos 35 anos (1974), e a primeira médica a assumir a direção-geral da Organização Mundial da Saúde (1988-2003). Informações disponíveis em: www.ideiasustentavel.com.br/2007/12/vida-solidaria-a-fada-madrinha-da-sustentabilidade. Acesso em: 19 dez. 2014.

ambiental” para condicionar o desenvolvimento econômico e social; algo que vem permeando muitas pesquisas e publicações, além da agenda política do mundo contemporâneo. Os princípios do DS estão na base da Agenda 21 Global, documento aprovado por mais de 170 países durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

Na década de 1990 já havia certo consenso mundial sobre a necessidade de se preservar o meio ambiente, o que, de acordo com Montibeller-Filho (2008), marca a entrada do setor empresarial nas discussões, em vista do interesse acerca do emergente mercado verde que valorizava ou impunha ao produtor o cuidado ambiental. Dias (2010) comenta também que, nesse período, a questão ambiental era tida como *prioridade na agenda global*, devido ao grau de insustentabilidade planetária.

Diversos foram os encontros, convenções e conferências que debateram questões globais em busca de soluções para os problemas de ordem ambiental que afligem o planeta. A descrição de cada um desses eventos pode ser encontrada facilmente na literatura¹⁸. Evitando relatá-los, mas não excluindo sua importância para a gênese do DS, apresentamos uma tabela, extraída de Dias (2010), na qual constam os resumos de alguns dos principais acontecimentos envolvendo essa temática.

¹⁸ No documento intitulado “Perspectivas do Meio Ambiente Mundial – 2002 GEO 3”, terceiro relatório das Nações Unidas para o Meio Ambiente, publicado em 2002 pelo PNUMA e em 2004 pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA), há uma descrição detalhada dos encontros, convenções, eventos, publicações, entre outros importantes aspectos acerca dos principais acontecimentos mundiais sobre o meio ambiente. O documento se encontra disponível em: www.wwiUma.org.br/geo_mundial_arquivos/index.htm. Acesso em: 09 fev. 2015. Para saber mais sobre o panorama ambiental global (GEO), conferir o site do PNUMA: www.unep.org/portuguese/geo/About.asp.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

(continua)

Ano	Acontecimento	Observação
1962	Publicação de <i>Primavera Silenciosa</i> (<i>Silent Spring</i>)	Livro publicado por Rachel Carson que teve grande repercussão na opinião pública, expondo os perigos do inseticida DDT.
1968	Criação do Clube de Roma	Organização informal cujo objetivo era promover o entendimento dos componentes variados, mas interdependentes – econômicos, políticos, naturais e sociais –, que formam o sistema global.
1968	Conferência da Unesco sobre a conservação e o uso racional dos recursos da biosfera	Nessa reunião, em Paris, foram lançadas as bases para a criação do Programa: Homem e a Biosfera (MAB).
1971	Criação do Programa MSB da UNESCO	Programa de pesquisa no campo das Ciências Naturais e sociais para a conservação da biodiversidade e para a melhoria das relações entre o homem e o meio ambiente.
1972	Publicação do livro <i>Os limites do crescimento</i>	Informe apresentado pelo Clube de Roma que advertia que as tendências que imperavam até então conduziriam a uma escassez catastrófica dos recursos naturais e a níveis perigosos de contaminação em um prazo de 100 anos.
1972	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Suécia	A primeira manifestação dos governos de todo o mundo com as consequências da economia sobre o meio ambiente. Participaram 113 estados-membros da ONU. Um dos resultados do evento foi a criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA).
1980	I Estratégia Mundial para a Conservação	A IUCN, com a colaboração do PNUMA e do World Wildlife Fund (WWF), adota um plano de longo prazo para conservar os recursos biológicos do planeta. No documento aparece pela primeira vez o conceito de “desenvolvimento sustentável”.
1983	É formada pela ONU a Comissão sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD)	Presidida pela Primeira-Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, tinha como objetivo examinar as relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento e apresentar propostas viáveis.
1987	É publicado o informe Brundtland, da CMMAD, o “Nosso Futuro Comum”	Um dos mais importantes sobre a questão ambiental e o desenvolvimento. Vincula estreitamente economia e ecologia e estabelece o eixo em torno do qual se deve discutir o desenvolvimento, formalizando o conceito de desenvolvimento sustentável.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

(continuação)

1991	II Estratégia Mundial para a Conservação: "Cuidando da Terra"	Documento conjunto do IUCN, PNUMA e WWF, mais abrangente que o formulado anteriormente; baseado no Informe Brundtland, preconiza o reforço dos níveis políticos e sociais para a construção de uma sociedade mais sustentável.
1992	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Cúpula da Terra	Realizada no Rio de Janeiro, constitui-se no mais importante foro mundial já realizado. Abordou novas perspectivas globais e de integração da questão ambiental planetária e definiu mais concretamente o modelo de desenvolvimento sustentável. Participaram 170 Estados, que aprovaram a Declaração do Rio, e mais quatro documentos, entre os quais, a Agenda 21. Agenda 21: é um programa de ação, baseado em um documento de 40 capítulos, que se constitui na mais ousada e abrangente tentativa já realizada de se promover, em escala planetária, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.
1997	Rio + 5	Realizado em Nova Iorque, teve como objetivo analisar a implementação do Programa da Agenda 21.
1997	Protocolo de Kyoto	Visa combater o aquecimento global que causa o efeito estufa.
2000	I Foro Mundial de âmbito Ministerial – Malmo (Suécia)	Teve como resultado a aprovação da Declaração de Malmo, que examina as novas questões ambientais para o século XXI e adota compromissos no sentido de contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento sustentável.
2002	Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio + 10	Realizada em Johannesburgo, o encontro procurou examinar o alcance das metas estabelecidas pela Conferência do Rio-92, servindo para que os estados reiterassem seu compromisso com os princípios do desenvolvimento sustentável.
2005	Protocolo de Kyoto	O Protocolo de Kyoto entra em vigor, obrigando países desenvolvidos a reduzir os gases que provocam o efeito estufa e estabelecendo o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para os países em desenvolvimento.
2007	Relatório do Painel das Mudanças Climáticas	O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) divulga seu mais bombástico relatório, apontando as consequências do aquecimento global até 2100, caso os seres humanos nada façam para impedi-lo.

Tabela 6: Resumo de alguns dos principais acontecimentos relacionados ao Desenvolvimento Sustentável (1962-2012)

		(conclusão)
2009	Substituição do Protocolo de Kyoto. Acordo de Copenhague (Dinamarca) Convenção sobre Mudança Climática das Nações Unidas (UNFCCC, na sigla em inglês).	Conferência da ONU sobre mudanças climáticas: 120 chefes de Estado e de Governo.
2012	Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +20)	Foi uma das maiores conferências convocadas pelas Nações Unidas, e iniciou uma nova era para implementar o desenvolvimento sustentável. Foi ainda uma oportunidade para o mundo se concentrar em questões de sustentabilidade, para examinar ideias e criar soluções. Nela foi elaborado um documento com 53 páginas, acordado por 188 países, que dita o caminho para a cooperação internacional sobre DS.

Fonte: Extraído e adaptado de DIAS (2010, p. 35-37)

Os eventos/acontecimentos aqui citados apresentam propostas para se solucionar ou amenizar os problemas ainda vigentes na atualidade.

Dentre eles, destacamos que, embora a publicação de *Silent Spring*, de Rachel Carson (1962), tenha impulsionado os debates internacionais para a consolidação da problemática ambiental em escala global, é preciso reconhecer que o relatório realizado pelo MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets), sob encomenda do Clube de Roma, “Os limites do crescimento”, e os documentos âncoras da Conferência de Estocolmo, tiveram especial importância para a problemática ambiental, sobretudo pela imensa divulgação internacional que acabou por colocar a questão ambiental na agenda política mundial (OLIVEIRA, 2012). Esse documento tinha como principal proposta parar o crescimento econômico e populacional, porém, tal ideia-força era dificilmente aceitável, tanto do ponto de vista econômico quanto do político, principalmente em um curto prazo.

Oliveira (2012) ainda comenta que, nesse período, mesmo não existindo o termo “desenvolvimento sustentável”, é possível considerar que a união entre *desenvolvimento* e *sustentabilidade* estava sendo desenhada, como sinalizou Meadows, ao afirmar que “medidas

tecnológicas são acrescentadas às políticas que regulam o crescimento do processamento anterior, com o fim de produzir um estado de equilíbrio que seja sustentável em um futuro longínquo” (1973, p. 162).

De acordo com a compreensão de Oliveira (2012), é perceptível que preocupações com o “equilíbrio” e o “futuro”, presentes em alguns debates que apenas se consolidaram ao longo da década de 1980, e que nortearam documentos ambientais propostos pela ONU, especialmente o “Nosso Futuro Comum” e a Agenda 21, assinada durante a Rio-92, são antecipadas em “Os Limites do Crescimento”.

A publicação de Oliveira é bastante interessante, pois dentro da discussão apresentada, busca fazer uma interlocução entre os preceitos, definições e objetivos dos dois documentos: “Nosso Futuro Comum” e “Os Limites do Crescimento”. Apresentamos, a seguir, um quadro síntese, extraído de um de seus textos.

Quadro 2: Comparativo entre as premissas de “Os Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”

(continua)

OS LIMITES DO CRESCIMENTO (RELATÓRIO MEADOWS, 1968-1972)	NOSSE FUTURO COMUM (RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1983-1987)
Construído por uma equipe de pesquisadores do MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets), sob encomenda do Clube de Roma	Construído por uma comissão da ONU composta por membros de múltiplas nacionalidades (oriundos de nações centrais e periféricas), presidida pela ex-primeira ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland
Égide do <i>welfare state</i> [ainda que em vias de crise]	Hegemonia do neoliberalismo econômico
Momento de incertezas ambientais, com a crise ambiental ainda no obscurantismo	Momento de busca de “pseudo”-soluções, com a crise ambiental alçada à condição de “modismo”
Tom pessimista, com descrença nas perspectivas de solução dos problemas ambientais	Tom otimista e proposta de capilarização do desenvolvimento sustentável como solução incontestada dos problemas ambientais
Crescimento Zero: o desenvolvimento deveria ser desacelerado, pois o crescimento econômico apresentava limites próximos	Desenvolvimento Sustentável: aceleração do desenvolvimento, destacadamente o tecnológico com base em “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”
Neomalthusianismo, onde o aumento da população colocaria em risco a satisfação das necessidades imediatas e a própria sobrevivência humana	Uso do termo necessidade como imbróglio ideológico, e constituição de um conflito imaginário entre as gerações presente e futura

Quadro 2: Comparativo entre as premissas de “Os Limites do Crescimento” e o “Relatório Brundtland”

(conclusão)

Clareza de ideias, com base no Positivismo Lógico	Ideias vagas, imprecisas e difusas, com base em noções de inter e transdisciplinaridade
Ordem Mundial da Guerra Fria, em um mundo bipolar (EUA x URSS), com base no poder bélico-militar e na massiva beligerância ideológica entre Capitalismo e Socialismo (“real”)	“Des”Ordem Mundial da Globalização, em um mundo economicamente multipolar (EUA, União Europeia, Japão e China) e militarmente unipolar (EUA – Novo Imperialismo), com base no domínio ideológico do “ <i>american way-of-life</i> ” e na multiplicação dos meios de informação

Fonte: OLIVEIRA (2011).

O autor comenta que esse quadro pode demonstrar algumas vicissitudes entre os dois documentos, facilitando a percepção das marcantes diferenças entre os relatórios quanto à origem e natureza das ideias, ao contexto histórico e geopolítico, e ainda, às indicações promulgadas, sendo que ambos tiveram profunda importância para as conferências que ocorreram na sequência: “Os Limites do Crescimento”, na de Estocolmo, em 1972; e “Nosso Futuro Comum”, na do Rio de Janeiro, em 1992 (OLIVEIRA, 2012). Os dois documentos ainda se apresentam como uma leitura importante para a compreensão da problemática ambiental contemporânea.

No que diz respeito aos problemas ambientais, partilhamos do entendimento de Borinelli (2011), quando argumenta serem decorrentes os desequilíbrios entre os seres humanos e suas necessidades/possibilidades de adaptação ao meio biótico e abiótico, mediados por relações sociais e históricas. Mas, em certo grau e medida, são uma consequência da intervenção antrópica nos diferentes ecossistemas, e de modo predominantemente irreversível. Esses desequilíbrios são causados por meio do uso indiscriminado, do esgotamento e da contaminação dos recursos naturais. Desta maneira, os problemas ambientais emergem de uma contradição entre o ritmo dos ciclos biogeoquímicos e de produção humana, com seus respectivos níveis de depredação e contaminação (TOMMASINO; FOLADORI; TAKS, 2001).

A problemática ambiental induz a processos mais complexos do conhecimento, para apreender os processos materiais que configuram o campo das relações sociedade-natureza. Leff (2000) reconhece que os problemas ambientais são sistemas nos quais intervêm processos de

diferentes racionalidades, ordens de materialidade e escalas espaço-temporais, razão pela qual seu conhecimento demanda uma abordagem holística, pois,

[...] passou-se da noção de ambiente que considera essencialmente os aspectos biológicos e físicos, a uma concepção mais ampla, que dá lugar às questões econômicas e socioculturais, reconhecendo que, se os aspectos biológicos e físicos constituem a base natural do ambiente humano, as dimensões socioculturais e econômicas definem as orientações conceituais, os instrumentos técnicos e os comportamentos práticos que permitem ao homem compreender e utilizar melhor os recursos da biosfera para a satisfação de suas necessidades (LEFF, 2000, p. 21).

Quando assim compreendidos, os problemas ambientais não se resumem aos danos causados ao meio biofísico, mas se estendem às relações entre concepções políticas, históricas, educacionais, éticas e sociais.

A título de exemplo, expomos alguns dos principais problemas ambientais, apresentados pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (2011) (UNEP)¹⁹, destacando: os desmatamentos (que causam erosão, diminuem a produtividade do solo, resultam na perda da biodiversidade e do assoreamento dos rios); a poluição da água (ocasionada principalmente pelo descarte indevido de esgoto doméstico e industrial), do ar e do solo (provocada pelas emissões atmosféricas através da queima de combustíveis fósseis, pela disposição inadequada de resíduos, além da contaminação por herbicidas e pesticidas); o rápido crescimento demográfico e a urbanização acelerada (que associados ao desenvolvimento tecnológico, aceleram a pressão sobre os sistemas e recursos naturais, trazendo mais impactos ambientais, devido ao aumento na produção industrial e nos padrões de consumo, demandando, assim maiores recursos, energia e infraestrutura, além de criarem problemas complexos de caráter ambiental, econômico e principalmente social); a produção de alimentos e a agricultura (pelo grande consumo de energia, de pesticidas e de fertilizantes); a falta de saneamento básico; a alteração global do clima (causada pelo aumento

¹⁹ Para maiores informações: www.unep.org. Acesso em: 15 dez. 2014.

da concentração dos gases do efeito estufa na troposfera terrestre e de partículas de poluentes — fenômeno conhecido como aquecimento global); e o aumento progressivo das necessidades energéticas (devido ao crescimento populacional, urbanização e crescente desenvolvimento tecnológico), entre outros.

Em síntese, além dos danos localizados causados pela poluição, decorrentes basicamente do processo de industrialização (como o desmatamento e a degradação dos recursos), uma série de outros problemas, que não reconhecem fronteiras (como a destruição da camada de ozônio, o aquecimento global e os vazamentos nucleares), o transporte e a produção de energia, assumem dimensões planetárias.

Neste cenário, é preciso considerar que o desenvolvimento de algumas atividades químicas e a elaboração de certos produtos da Indústria Química oferecem riscos e podem causar danos ao ambiente. Algumas substâncias químicas colocam o meio ambiente e a saúde humana em risco por causa de suas propriedades perigosas intrínsecas, tanto que um dos capítulos apresentados no “Relatório Brundtland” (WCED, 1987) dedica-se a discutir os impactos negativos da Química no ambiente.

A Comissão relata que é cada vez mais evidente que as origens e causas da poluição são difusas, complexas e inter-relacionadas, e que os problemas, que antes eram localizados, agora se apresentam em escalas regionais e globais. Dado a demanda e produção de agentes químicos no/para o mercado, visando reduzir riscos associados ao uso e produção de certos produtos químicos, alguns cuidados são recomendados pela comissão, particularmente aos países produtores de substâncias químicas:

- Que cuidem para que nenhum novo produto químico seja colocado nos mercados internacionais até que seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente tenham sido testados e avaliados;
- Que continuem se esforçando para obter um acordo internacional sobre a seleção dos produtos químicos existentes que merecem testagem prioritária, sobre os critérios e procedimentos para a avaliação desses produtos, e sobre um sistema de distribuição internacional das tarefas e recursos necessários;
- Que regulamentem rigorosamente as exportações, para os países em desenvolvimento, dos produtos químicos para os quais não se tentou

ou não se obteve autorização para venda interna, estendendo aos mesmos as exigências de informações e notificações prévias;

- Que apoiem a criação, nas organizações regionais existentes, de departamentos qualificados para receber tais informações e notificações prévias, avaliá-las e advertir os governos regionais sobre os riscos associados ao uso desses produtos químicos, a fim de que cada governo pondere sobre os riscos e benefícios que possa advir de sua importação (CMMA, 1991, p. 252).

Embora Marques e Machado (2014) comentem que essas recomendações sejam apenas gerais para lidar com produtos químicos, dado o contexto histórico do estudo realizado pela Comissão, desenvolvido logo após o surgimento dos movimentos ambientalistas modernos, os autores reconhecem sua influência e implicações sobre o surgimento da filosofia da Química Verde, pois consideradas as orientações apresentadas e recomendadas pelo “Relatório Brundtland”, passa-se a olhar a produção de produtos químicos de outra maneira, buscando minimizar os danos ao ambiente.

Para Galembeck e colaboradores (2007), é preciso reconhecer que, na atualidade, se tem “investido intensamente em equipamentos de controle, em novos sistemas gerenciais e em processos tecnológicos visando à redução dos riscos de acidentes” (GALEMBECK *et al.*; 2007, p. 1417).

Segundo Demajorovic (2000), a indústria química é um dos setores mais dinâmicos e vitais de qualquer economia, pois gera produtos amplamente demandados por consumidores e uma infinidade de insumos intermediários utilizados por outras indústrias em seus processos de produção. Machado (2012a) comenta que o progresso na realização da química em larga escala (Química Industrial), ao longo do século XX, teve dois tipos de consequências muito diferentes:

(i) por um lado, desempenhou um papel fulcral no desenvolvimento da civilização, contribuindo decisivamente para a melhoria das condições de vida dos seres humanos – permitiu grandes avanços na alimentação, habitação, saúde, transportes, etc.;

(ii) por outro, foi responsável pela deterioração generalizada do ambiente, embora não tenha sido o único culpado – a responsabilidade é compartilhada por muitas das outras atividades industriais, incluindo a agricultura intensiva, e pela produção de energia: a produção da energia elétrica a partir do carvão e o desenvolvimento dos transportes com base nos combustíveis líquidos derivados do petróleo, isto é, a utilização intensiva dos combustíveis fósseis, tiveram uma contribuição brutal para a destruição do ambiente (MACHADO, 2012, p. 4).

A essas observações, acrescentamos que, apesar de contribuir para o avanço econômico e para o desenvolvimento de um país, a Indústria Química também provoca inúmeros inconvenientes²⁰, como a geração de subprodutos tóxicos, a contaminação do ambiente, a produção de grandes volumes de efluentes tóxicos gerados por vários processos químicos, etc. Machado (2012a) relata ainda que há um problema generalizado de impacto ambiental nocivo, causado pelas substâncias químicas produzidas artificialmente, além dos poluentes resultantes do uso dos combustíveis fósseis, que, nos tempos que correm, não podem ser ignorados ou menosprezados pela própria Química, tampouco pela sociedade em geral.

A crise, portanto, não é do ambiente, mas do modo de produção/reprodução da vida, sendo que a química é um meio de transformação material para “ajudar” esse sistema de produção quanto às condições de vida. Logo, se esse sistema está provocando uma crise (ambiental), a Química precisa ser reformatada e revista, e logo, evoluir para uma Química Verde.

É preciso considerar, por exemplo, que a necessidade de redução/eliminação do uso de produtos e insumos químicos nocivos força a busca por alternativas a substâncias e processos químicos clássicos, visando a mudanças nas práticas tradicionais de produção.

²⁰ Essa afirmação leva a, pelo menos, duas possíveis interpretações: uma delas é inerente à própria Química e suas atividades (transformações irreversíveis e processo não limpos), enquanto a outra é de natureza ética (legislação branda, lucro fácil, entre outros). Ressalta-se que, neste trabalho, reconhecem-se as limitações impostas pela segunda lei da termodinâmica, que trata do papel da Química na incorporação de critérios ambientais no modo de pensar e produzir essa ciência.

Esse entendimento pode associar-se à percepção e ao enfretamento do que Fleck (2010) chama de **complicação** no EP vigente. De acordo com o autor, *complicações* são problemas que não podem ser resolvidos, em um dado momento histórico, pois ainda não há conhecimentos disponíveis para sua solução (FLECK, 2010).

Lorenzetti e Delizoicov comentam que a consciência da complicação “ocorre quando o Coletivo de Pensamento passa a ter compreensão dos problemas e incongruências não solucionadas pelo EP que compartilham, o que contribui para a transformação e instauração de um novo EP” (2009, p. 10). No caso desta investigação, a consciência da complicação está associada ao momento em que os químicos percebem a necessidade de evoluir a maneira como desenvolvem suas atividades, superando a forma clássica, e historicamente construída, sobre as atividades científico-tecnológicas e de produção da Química (ou seja, aquela de costas para o ambiente), buscando superar algumas lacunas relativas à inserção e articulação da temática ambiental, inclusive no ensino dessa ciência.

Deste modo, a urgência na mudança da relação antrópica com os recursos naturais (principalmente de ordem não-renovável) e a imprescindibilidade do avanço para sistemas mais sustentáveis de produção e consumo, por exemplo, são resultantes da necessidade de superação dos paradigmas do risco e da diluição²¹, no desenvolvimento da Química. Tais mudanças refletem em trajetórias que estão se movendo na direção de uma Química mais sustentável, a partir da evolução dos conhecimentos, e da filosofia da Química Verde, caracterizando a transformação e instauração de um estilo de pensamento, compartilhado pelo coletivo dos químicos verdes.

A esse respeito, Sangiogo e Marques (2012), com base em Fleck, mencionam que as complicações, ao auxiliarem na instauração, extensão e transformação de EPs, possibilitam um melhor entendimento de elementos que constituem a teoria da gênese do conhecimento ou de um fato científico, e ainda ressaltam que:

A instauração, extensão ou transformação de conhecimentos e práticas está imbricada à necessidade de se tomar consciência, de haver a complicação sobre e de conhecimentos e práticas já estabelecidas ou que estão em construção. Após

²¹ Os conceitos de paradigma de risco e de diluição serão apresentados e discutidos na sequência.

essa consciência da complicação, a exemplo da compreensão de que determinado EP não dá conta de responder um problema, **a circulação intercoletiva assume papel importante na construção do novo EP** que está intrinsecamente relacionado ao conjunto de conhecimentos e práticas do sujeito/estudante (SANGIOGO; MARQUES, 2012, p. 7, grifo nosso).

O exposto pelos autores reforça a justificativa e também a importância de se estudar a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde, em teses e dissertações (nas áreas de interesse), principal objetivo desta tese de doutorado. Analisar o que vem sendo produzido, no âmbito da PPG, pode ajudar a compreender quais complicações são percebidas pelo coletivo dos químicos, de que maneira isso influencia na produção do(s) conhecimento(s) em QV, e também, em que medida favorecem seu ensino e a formação de professores de Química.

Cumprir notar que a Química tem buscado colaborar, em maior ou menor grau, com a melhoria dos processos e produtos industriais e o devido saneamento e monitoramento ambiental. Para tanto, como veremos a seguir, guia-se pelos princípios da preservação ambiental e da prevenção de danos ao ambiente, de modo que suas atividades podem ser repensadas e a variável ambiental inserida em suas práticas e estudos. Todavia, essas iniciativas parecem estar muito aquém das necessidades socioambientais e das possibilidades dos padrões técnico-científicos pela Química até então desenvolvidos.

2.2 DIMENSÃO AMBIENTAL NO ÂMBITO DA QUÍMICA: INDÍCIOS DA CONSCIÊNCIA DE COMPLICAÇÕES E SEU ENFRENTAMENTO NO COLETIVO DOS QUÍMICOS

A Química é uma área das ciências naturais que estuda a composição, a estrutura, as propriedades e as transformações de materiais e substâncias, podendo ser direcionada para aplicações práticas, visto que fornece à sociedade um largo espectro de produtos, os quais possibilitam o desenvolvimento da economia e a melhoria da qualidade de vida. Contudo, também pode/deve contribuir para gerar e/ou minimizar a degradação ambiental. Parece inquestionável a presença dos produtos químicos em nosso dia a dia, seja de forma direta, através de produtos farmacêuticos, fertilizantes, tintas, plásticos e

borrachas, seja de forma indireta, a partir de insumos na indústria têxtil, automobilística e eletrônica, por exemplo.

Johnson afirma que a indústria química transformou profundamente as relações dos seres humanos com o mundo natural, pois criou a dependência dos indivíduos por produtos químicos sintéticos:

As pessoas vestem roupas de náilon e poliéster ou a mistura desses com fibras naturais. Suas casas são forradas com carpetes de lã e uma mistura de náilon, a cozinha com folhas de vinil (...) os móveis são de madeira recobertos de verniz (...) o carro conserva o metal em sua estrutura, mas seu interior é de vinil (...) os pesticidas sintéticos controlam a produção agrícola do plantio à estocagem (...) milhares de produtos químicos de limpeza se espalham nos supermercados. É realmente uma era química (...) período em que os sintéticos químicos ocuparam um lugar dominante na nossa economia e no dia-a-dia (JOHNSON, 1998, p. 153).

Associado a isso, Demajorovic (2000) reconhece que vivemos em uma era química, na qual o desenvolvimento de pesquisas em busca de novas substâncias químicas, desde o século XIX, tem ocorrido devido à capacidade dessa ciência (ou seja, dos químicos) de continuamente se inovar.

É importante reiterar que as preocupações com a Química, suas atividades e processos industriais surgem a partir do grito de alerta dos movimentos ambientalistas das décadas de 1960-70. Nesse mesmo período ocorreu o lançamento do livro já citado, *Silent Spring (Primavera Silenciosa)*, da bióloga Rachel Carson (1962), considerada a mais importante, ou então, a primeira obra publicada, que expôs os efeitos nocivos do uso indiscriminado de alguns produtos químicos, como o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT). O livro tornou público o impacto da indústria química, ajudando a desencadear uma mudança de postura dos Estados Unidos, e de outros países do mundo, em relação aos pesticidas e poluentes. A denúncia se tornou um marco na revolução ambientalista e despertou um movimento acerca da consciência ecológica.

Em se tratando do papel da Química, partilhamos da opinião de Gonçalves, que argumenta que:

a Química tenha uma contribuição negativa na geração de problemas ambientais, há de se ponderar os esforços atuais de parte da comunidade científica para minimizar ou evitar problemas ambientais produzidos pelas atividades humanas que envolvem a Química (GONÇALVES, 2009, p. 5).

O reconhecimento, pela comunidade científica, sobre o agravamento da crise entre meio ambiente e sociedade, sugere a necessidade de reflexões sobre suas ações e os modos como compreende e desenvolve sua relação com o ambiente natural. Isso implica ainda em reflexões mais profundas, capazes de questionar as características de funcionamento de sua racionalidade predominante. No caso da Química, destacamos a necessidade de superação da *racionalidade técnica* — que se caracteriza, dentre outros aspectos, pela valorização da instrumentalidade técnica para a resolução dos problemas. A racionalidade técnica é herdada do positivismo e diz respeito à lógica racional, orientada pelos procedimentos técnicos, enquanto que a técnica responde a uma necessidade, demanda ou exigência histórica de um grupo ou de segmentos de uma estrutura social (WEBER, 2002). A atividade profissional é principalmente instrumental, técnica, com vistas à solução de problemas, mediante a aplicação de teorias e técnicas científicas. Nessa concepção, os desenvolvimentos científicos e tecnológicos estão associados a uma racionalização delineada por interesses capitalistas, tal qual uma relação de única dimensão. Por exemplo, as indústrias farmacêuticas (que utilizam procedimentos baseados nos conhecimentos e no uso de produtos químicos) priorizam pesquisas em medicamentos, em vez de enfatizar pesquisas sobre doenças.

Isso se associa ao que Chauí (2010) — fundamentada em alguns filósofos alemães da Escola de Frankfurt (dentre eles, Adorno, Marcuse e Horkheimer) — comenta sobre a racionalidade instrumental. Relata que a partir do momento que o sujeito toma a decisão de dominar, controlar e transformar a natureza, a razão se torna instrumental. Isso ocorre pelo não contentamento da ciência em simplesmente conhecer as coisas e os seres humanos, mas surge da necessidade da construção e aplicação artificial no mundo físico, biológico e humano, onde a “ciência vai deixando de ser uma forma de acesso aos conhecimentos

verdadeiros para tornar-se instrumento de dominação, poder e exploração” (CHAUI, 2010, p. 297).

Ao se pensar na lógica de atuação da indústria química, quando orientada apenas para a produtividade e o lucro (similar a de tantas outras organizações atuantes na sociedade industrial), percebe-se que esta se fundamenta no domínio proporcionado pela lógica da racionalidade técnica, facilitada pela ciência. Ao assumir as premissas máximas de uma racionalidade centrada em aspectos econômicos, orientadas pela ação racional técnica, acaba negando ou ignorando questões de caráter social e ambiental, notadamente vitais para a sobrevivência humana. Isso reflete na urgência do estabelecimento de um novo tipo de reflexão, pelos distintos grupos das sociedades, e especificamente, o coletivo dos químicos, que devem auxiliar na reestruturação dos sistemas de produção, com vias a um novo tipo de racionalidade, mais compatível com as necessidades de preservação do meio ambiente, fundamentado em princípios sustentáveis, o que, de certo modo, Thornton (2000) chama de paradigma ecológico.

A busca por essa nova racionalidade resulta em uma concepção conhecida como *racionalidade ambiental*, que trata de um conjunto de mudanças institucionais e sociais necessárias para conter os efeitos estabelecidos entre um passado eco-destruidor e um futuro sustentável (LEFF, 2006). Em sua compreensão, “surge assim, como um conjunto de processos de racionalização com diferentes instâncias de racionalidades que conferem legitimidade à tomada de decisões com respeito à transformação da natureza e do uso dos recursos” (LEFF, 2001, p. 134).

A construção de uma racionalidade ambiental (que incorpora um conjunto de critérios que deve nortear as decisões dos agentes sociais, orientar as políticas públicas, normatizar os processos de produção e consumo), implica na desconstrução da racionalidade predominante na sociedade, cujo foco centra-se exclusivamente nos resultados econômicos.

Essa nova racionalidade, compatível com os interesses de manutenção, preservação e prevenção de danos ambientais, ainda é pouco percebida na esfera da Química e suas atividades (técnicas, industriais ou de ensino). Essa maneira de desenvolver a ciência, que requer a instauração de uma nova ética na relação estabelecida entre o homem e o meio ambiente, de novos valores e novos fundamentos teóricos, de novos instrumentos e práticas, associa-se àquela definida pela filosofia da Química Verde, por exemplo.

Demonstrando a diversidade e a impossibilidade de uma lógica ambiental geral, vale destacar que a racionalidade produtiva proposta por Leff (2006) baseia-se na taxionomia de racionalidade estabelecida por Weber (1983), e constitui, na verdade, quatro racionalidades ambientais, a saber: (1) racionalidade ambiental substantiva (valores); (2) racionalidade ambiental teórica (conceitos, suporte, produção); (3) racionalidade ambiental técnica ou instrumental (vínculo social e material); (4) racionalidade ambiental cultural (significações, identidade e integridade) (FERNANDES; PONCHIROLI, 2011).

Em suma, a noção de racionalidade ambiental é um movimento contrário à razão baseada apenas no cálculo econômico como critério predominante da racionalidade social. Ela propõe a incorporação de normas ao comportamento econômico e a internalização das externalidades ambientais, ou seja, sugere que outros critérios sejam considerados, cujas ações, que visam construir um desenvolvimento equitativo e quiçá sustentável, devem ocorrer nos processos políticos, na legislação, nos procedimentos de gestão e nos processos educacionais, sociais e produtivos.

Há, portanto, a necessidade de se compreender melhor o que existe/define os discursos acerca do DS, o alcance de seus objetivos, das condições de possibilidades de seu alcance (ou não), além das limitações vinculadas a um estilo de pensar um DS. Esses aspectos serão apresentados e discutidos no item subsequente.

2.2.1 A busca da Sustentabilidade Ambiental nas Atividades Químicas

A conceituação de DS surgiu ao final do século XX para traduzir várias ideias e preocupações relacionadas aos efeitos deletérios ao planeta, advindos do crescimento econômico. Diante da percepção da crise ambiental global é que a ideia de sustentabilidade ganhou corpo e expressão política na adjetivação do termo desenvolvimento (NASCIMENTO, 2012a). Observa-se que hoje existe uma variedade de pesquisas e publicações sobre o assunto, que buscam uma maneira de entender e explicar a sustentabilidade, seja como processo ou produto final.

Associada ao modo como os problemas ambientais são avaliados, elaboraram-se distintas proposições sobre o DS. Dentre elas, a mais difundida e também muito criticada, (LAYRARGUES, 1998; HUESEMANN, 2003; LOUREIRO, 2012) encontra-se formulada no “Relatório Brundtland”, que define DS como “um processo que permite

satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender as gerações futuras.” (WCED, 1987, p. 46).

Em termos gerais, o DS foi descrito, nesse documento, como uma tentativa de superar as limitações que a tecnologia e a organização social impõem sobre o meio ambiente, definindo objetivos que levassem em consideração variáveis econômicas e sociais. Para tanto, seria preciso a utilização consciente dos recursos renováveis e também dos não renováveis, a fim de não esgotá-los, e também, a conservação de espécies animais e vegetais, na tentativa de minimizar os impactos sobre a qualidade da água, do ar e outros elementos naturais, visando sempre às necessidades futuras. O conceito de DS, assim compreendido, além de vago, apresenta uma contradição, pois não deixa claro quais são as necessidades da geração presente, tampouco as do futuro. No entanto, é preciso considerar que, embora ainda esteja em construção, apresenta uma evolução histórica associada ao retrato da economia global, fruto das discussões realizadas nos movimentos ambientalistas mundiais.

Apesar de encontrarmos distintos entendimentos para esse conceito, o DS está ligado a preocupações como a qualidade ambiental, a pobreza, a equidade, a justiça, a segurança, o controle da população, etc., o que implica em uma mudança no funcionamento/organização da civilização (LIAO, 2012).

Sachs afirma que os adjetivos acrescentados ao termo desenvolvimento é que dão ênfase ao que deve ser priorizado. Para ele, o crescimento econômico está longe de resolver os problemas relacionados à crise ambiental, sendo que o desenvolvimento significa “a efetivação universal do conjunto dos direitos humanos, desde os políticos e cívicos, passando pelos direitos econômicos, sociais e culturais, e terminando nos direitos ditos coletivos, entre os quais está, por exemplo, o direito a um meio ambiente saudável” (2007, p. 22). Ele aponta três dimensões básicas, que objetivam a incorporação de posturas éticas e sociais como garantia de um possível desenvolvimento dito sustentável: a ideia de um tripé da sociedade — desenvolvimento socialmente incluyente, economicamente sustentado e ambientalmente sustentável. E é nessa última esfera que se situa a sustentabilidade ambiental, de acordo com Marques e Machado (2014).

Basiago (1995), ao discutir os diferentes usos, definições e domínios da sustentabilidade, defende que o conceito tem um caráter metodológico e que, como a definição é imprecisa, a palavra pode ser usada para descrever uma variedade de preocupações sociais. Por exemplo, do ponto de vista da biologia, a sustentabilidade está ligada à

conservação da diversidade biológica, enquanto que, no campo da economia, o conceito é usado por aqueles que defendem a contabilização dos recursos naturais.

Os autores Sartori, Latrônico e Campos (2014) relatam que não é por acaso que os conceitos de sustentabilidade e DS ainda são mal compreendidos, pois cada ciência tende a ver apenas um lado da equação, já que abordagens referentes a estratégias tomadas em busca da sustentabilidade (como produção mais limpa, controle da poluição, ecoeficiência, gestão ambiental, responsabilidade social, ecologia industrial, investimentos éticos, economia verde, eco-design, reuso, consumo sustentável, resíduos zero, por exemplo) dependem do campo de aplicação.

Muito comumente, os conceitos de DS e sustentabilidade são utilizados como sinônimos (MACHADO, 2010; SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014), conforme comentam Marques e Machado (2014), em pesquisa realizada no âmbito da Química. Os autores compartilham do entendimento expresso por Dovers e Handmer (1992), expondo que há uma diferença entre os dois conceitos, procurando distingui-los: “Desenvolvimento sustentável refere-se a um novo caminho de desenvolvimento da nossa atual civilização tecno-industrial adequado para alcançar o objetivo final, como um estado sustentável — a sustentabilidade.” (MARQUES; MACHADO, 2014, p. 04). Ou seja, o DS é um caminho a ser trilhado para o alcance da AS (e também da sustentabilidade social e econômica, por exemplo). Para tanto, deve existir um equilíbrio dinâmico, no qual a quantidade de recursos extraídos da natureza não ultrapasse o limite de sua capacidade de reposição, sendo o *equilíbrio* o cerne do conceito. Portanto, há uma relação de interdependência presumida entre um e outro, ainda que esses autores coloquem em dúvida o alcance biofísico de SA quando consideram as Leis da Termodinâmica.

Neste sentido, em um trabalho que elaboramos (ROLOFF *et al.*, 2014), expusemos as ideias de Georgescu-Roegen (2012), que argumenta que a problemática ambiental necessita ser interpretada à luz da Segunda Lei da Termodinâmica, a qual impõe limites físicos ao crescimento econômico. O autor critica a ideia de economia como sendo mera circulação de valores (e bens), desconsiderando que tanto o estoque quanto o fluxo material têm origem na ideia de natureza como sendo infinita. Sustenta que a fabricação de uma mercadoria exige a extração/uso de matérias-primas, em processos que modificam irreversivelmente a natureza, envolvendo diretamente a transformação de massa e energia, em um processo de degradação entrópica. A

matéria, ao passar de estados de baixa entropia para estados de alta entropia, o faz por meio de perda de energia útil, geralmente manifestada na forma de calor, portanto, mediante uma forma de energia irreversível e irrecuperável, a exergia. Sua tese é de que um equilíbrio entre economia e ambiente é fisicamente (termodinamicamente) impossível, mas o homem pode alterar sua relação com a natureza (o planeta), tornando-a durável no tempo histórico, e para a qual defende um programa bioeconômico. Nesse mesmo viés, Huesemann (2003), apoiado também na Segunda Lei da Termodinâmica, constata que não há como uma atividade humana (industrial) não produzir danos ao meio ambiente.

Dentro da complexidade que envolve a ideia-força do alcance da SA, a Química pode desempenhar um importante papel na incorporação de critérios ambientais no modo de pensar químico e no desenvolvimento de suas práticas. Afinal, se essa ciência é fortemente responsável pela degradação ambiental, além de emitir alertas sobre isso, representa também uma possibilidade de solucioná-la, ou então, evitá-la, agindo preventivamente — como preconiza a QV.

Uma das principais ações para minimizar o impacto ambiental causado pelas atividades industriais químicas é possível através do tratamento dos resíduos químicos — ainda que signifique apenas remediar o problema. Esse tipo de tratamento apresenta vantagens ambientais, mas o ideal seria a utilização de técnicas que reduzissem na fonte a geração de resíduos — passando, assim, a prevenir o problema (ROLOFF, 2011).

Para distinguir tais perspectivas (remediação e prevenção), nos baseamos na reflexão entre a *Química* e o *Ambiente*, apresentada por Machado (2004), na qual diferentes preposições podem ser utilizadas para exprimir a ligação entre esses dois termos, conforme expresso no quadro a seguir:

Quadro 3: Preposições para a ligação entre os termos Química e Ambiente

(continua)

QUÍMICA DO AMBIENTE	Estudo dos modos de existência das substâncias químicas no ambiente; dos processos de sua formação; de seu comportamento e mobilidade; das reações em que intervêm. Classicamente, restringia-se às substâncias naturais, sendo designada por Geoquímica.
QUÍMICA NO AMBIENTE	Similar à anterior, considera as substâncias lançadas no ambiente pela atividade humana, sobretudo aquela decorrente da Química Industrial. É trivialmente associada ao termo Química Ambiental.

Quadro 3: Preposições para a ligação entre os termos Química e Ambiente

(conclusão)

QUÍMICA PARA O AMBIENTE	Em contraste com as anteriores, transmite uma ideia de esforço deliberado para a proteção do ambiente por parte de quem pratica a Química, de tal forma que evite a produção de poluentes e resíduos tóxicos, em vez de remediar <i>a posteriori</i> seus efeitos nocivos. Esse tipo proativo constitui a Química Verde.
----------------------------	--

Fonte: Machado (2004).

A partir das ligações expressas por Machado (2004), é possível discernir distintas posturas no modo de entender e interpretar como os sujeitos encaram essa relação. Junto a elas, compreendemos que estão as formas de enfrentar e perceber a crise ambiental, e logo, sua possível relação com as substâncias químicas e as atividades da química industrial.

No viés da *remediação* dos problemas ambientais, como uma alternativa utilizada e sugerida pela Química, destacamos a perspectiva da Química Ambiental. E quanto à *prevenção* de problemas ambientais, derivados de atividades e substâncias químicas, temos a Química Verde.

Nesse cenário de busca pela SA, em que a Química precisa reconhecer a necessidade do desenvolvimento de processos que reduzam/eliminam a degradação ambiental, acredita-se que práticas da QAmb, e principalmente da QV, têm muito a contribuir. Como tais abordagens podem favorecer as discussões e o entendimento das questões ambientais e sua relação com a Química, apresentaremos a seguir aspectos associados a cada uma delas.

2.2.2 Química Ambiental: a remediação como solução para os problemas ambientais

A Química Ambiental originou-se da Química clássica, sendo hoje considerada um campo de estudo e de pesquisa interdisciplinar, pois não envolve apenas as áreas básicas da Química, mas também a Biologia, a Geologia, a Ecologia, a Engenharia Sanitária e a Toxicologia, por exemplo.

A QAmb pode ser definida de várias maneiras, mas, de acordo com a Divisão de Química Ambiental, da Sociedade Brasileira de Química, ela estuda os processos químicos (mudanças) que ocorrem no meio ambiente. Essas mudanças podem ser naturais ou causadas pelo homem, as quais, em alguns casos, podem trazer danos à humanidade. Atualmente, há uma grande preocupação em entender a química do

meio ambiente, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida em nosso planeta²². Para a Divisão, a Química Ambiental não é entendida como ciência da monitoração ambiental, mas sim, da elucidação dos mecanismos que definem e controlam a concentração das espécies químicas candidatas a serem monitoradas.

Essa definição vai ao encontro das reflexões apresentadas por Machado (2004), quando associa a QAmb à Química **do** e **no** Ambiente, visto que a primeira está ligada ao estudo da composição das partes do ambiente, como a química da atmosfera, da água e do solo (meio biofísico), enquanto que a segunda (mesmo se assemelhando à primeira), sugere uma maior associação ao estudo das substâncias lançadas no ambiente pela atividade humana/industrial, além das transformações decorrentes disso (LEAL, 2012).

Cumprir notar que a Química **do** ambiente volta-se mais ao conhecimento e a estudos da Química da água, do solo e do ar, concentrando-se em disponibilizar informações e identificar características e reações envolvidas em fenômenos, além de relatar problemas e a situação que se encontra o meio ambiente natural (LEAL; MARQUES, 2008). Já a Química **no** ambiente associa-se aos problemas ambientais causados por ações antrópicas de lançamento e dispersão de substâncias químicas no ambiente, que são estudados na busca por *remediar* os riscos e mesmo sanear os danos causados.

Associado a tais entendimentos, Cortes Jr. (2013) reconhece a QAmb como uma das áreas da Química que mais tem crescido nas últimas décadas, e cujos estudos têm sido impulsionados pela investigação da relação entre os problemas ambientais e a ocorrência de compostos antropogênicos no ambiente. Isso significa que a QAmb tem como objetivo proporcionar a melhoria da qualidade de vida no planeta, buscando o desenvolvimento de procedimentos, técnicas e ferramentas para a detecção e o saneamento de resíduos tóxicos emitidos no meio ambiente.

É importante salientar que a ciência e a tecnologia devem ser utilizadas de forma a se pensar não apenas na preservação da natureza e da vida. Logo, a Química, sendo desenvolvida a partir da *prevenção* de problemas ambientais, representaria a superação de uma visão neutra de ciência (MARQUES *et al.*, 2007). Apesar dessa responsabilidade, é preciso reconhecer que as atividades químicas e a própria contribuição da Química na resolução dos problemas ambientais não derivam

²² Essa definição encontra-se disponível em: www.sbjq.org.br/divisoes.php. Acesso em: 12 dez. 2014.

exclusivamente de si mesmas, afinal, nesse processo entram em jogo aspectos econômicos, políticos e sociais, igualmente responsáveis por sua produção e solução. Quando se analisa o quadro desse modo, avança-se na superação de um entendimento salvacionista de ciência e de tecnologia (AULER, 2002).

As pesquisas em Química Ambiental, realizadas no Brasil durante a década de 1980, dedicavam-se à poluição ambiental e consistiam no monitoramento de espécies químicas consideradas poluentes, em um dos três compartimentos ambientais: atmosfera, litosfera e hidrosfera (ANDRADE, 1992). Todavia, não manifestavam preocupação com as relações existentes entre as partes, a ponto de, em certa medida, negligenciá-las. A partir da criação da Divisão de Química Ambiental (em 1994), na SBQ, além do avanço da legislação ambiental, as pesquisas na área passaram a ter base no paradigma do contexto ou da problemática ambiental, e não mais apenas nos trabalhos de monitoração ambiental (MOZETO; JARDIM, 2002).

A esse respeito, Jardim faz importantes observações:

Muito embora a democratização da discussão sobre as questões ambientais tenha sido um dos principais fatores para um maior conhecimento dos processos de degradação da nossa qualidade de vida e para o aprimoramento de uma legislação pertinente, os problemas de poluição ambiental ainda são cercados de muita desinformação (ou contrainformação), o que muitas vezes dificulta a escolha da melhor opção preventiva ou mesmo paliativa para o problema (JARDIM, 2001, p. 03).

Entendemos que tais dificuldades possam ser superadas a partir da formação dos químicos, afinal, a Química não apenas como prática científica, mas também como disciplina formativa, pode ser muito útil para a compreensão das questões atreladas ao meio ambiente, pois, além de fazer parte do meio, favorece estudos relativos às interações entre as substâncias que o constituem e também daquelas que o poluem.

Os próprios pesquisadores Mozeto e Jardim, já citados, reforçam que a razão de ser da QAmb, enquanto disciplina dos cursos de Química, ou ainda como habilitação específica, são os ecossistemas e seus compartimentos abióticos e bióticos, onde “todas as questões abordadas que digam respeito a processos naturais e/ou afetados por ações antrópicas, quer da atmosfera, hidrosfera e geosfera/pedofera,

têm de ser tratadas de forma holística ou integrada” (MOZETO; JARDIM, 2002, p. 8).

Diversos autores relatam que, no início da década de 1980, iniciou-se a oferta da disciplina de Química Ambiental nos departamentos, institutos e cursos de Química (JARDIM, 2001; MOZETO; JARDIM 2002; CORTES JUNIOR; CORIO; FERNANDEZ, 2009). É possível afirmar que isso tenha ocorrido, pois foi a partir desse período que as questões ambientais passaram a fazer parte das discussões em todos os segmentos da sociedade, embora já houvesse avanços na tomada de consciência acerca da relação entre os problemas ambientais e o modelo de desenvolvimento econômico — que considerava que o planeta Terra tinha capacidade infinita e de prover recursos ilimitadamente — a partir dos anos 1960 (ROLOFF, 2011).

Cortes Junior, Corio e Fernandez ressaltam que o estudo da Química Ambiental pode ser importante para a formação dos químicos, a fim de “torná-lo[s] mais consciente[s] acerca dos valores relacionados à integração entre o ser humano e o ambiente”, enquanto que os licenciandos, especificamente, como “educadores em Química, não podem negligenciar a temática da Química Ambiental na sua profissão, dada a necessidade de educar ambientalmente por meio da química” (2009, p. 46).

Partilhando de tais afirmações, acreditamos que a proposição de melhorias, a busca por soluções e, principalmente, a prevenção da geração de problemas ambientais, seja o objetivo comum de diferentes setores, áreas produtivas e cursos de formação dos químicos (independente da habilitação). A partir dele, suas práticas podem ser repensadas, mediante a inserção de valores e atitudes que orientem suas ações com vistas à tutela do meio ambiente. E é nesse cenário que surge a Química Verde.

A maneira de compor entendimentos sobre o enfoque dado aos problemas ambientais, sua detecção e proposição de soluções apresentadas e praticadas, aproximam-se do que Fleck (2010) chama de estilo de pensamento. Se tomarmos como parâmetro a QAmb e a QV, estes seriam constituintes do círculo esotérico, se postos em relação àqueles químicos que não se preocupam com questões ambientais, isto é, os membros do círculo exotérico.

Embora não possamos afirmar a existência de um ou mais EP dessa comunidade QV, o fato é que, quando se compara esse grande “coletivo” de químicos verdes (Química **para** o ambiente – prevenção

de problemas ambientais) com o “coletivo” dos químicos ambientais (Química **do e no** ambiente – remediação de problemas ambientais), surgem algumas evidências que os distinguem, ainda que haja entre ambas (e os sujeitos que se auto incluem nesses dois campos) certo compartilhamento de matizes de um mesmo EP em relação aos cuidados com o ambiente. Logo, isso pode ser fruto da proximidade das práticas compartilhadas e do próprio objeto do conhecimento (Química e ambiente), como explorado por Epicoco, Oltra e Jean (2014), que caracterizaram as comunidades epistêmicas (constituídas em torno de grupos de pesquisadores que compartilham um objetivo comum de criação de conhecimento, em um campo de investigação comum) no contexto da ciência acadêmica. Essas observações serão compreendidas no próximo item.

2.2.3 A emergência da Química Verde: a prevenção na geração de problemas Ambientais

A partir da necessidade de novas modificações das condutas químicas, visando tanto ao controle quanto à prevenção da poluição ambiental, causada por algumas de suas atividades e/ou produtos, é que surge a chamada Química Verde. Uma nova postura de investigação laboratorial e implementação industrial da Química, com o objetivo global de conseguir suporte para o DS. Segundo Machado (2004), a QV pode ser classificada, desde a sua origem, como a Química **para** o ambiente, pois busca *a priori* cuidados com o meio ambiente, pela prevenção da poluição através do estabelecimento de tecnologias limpas e ambientalmente sustentáveis.

De acordo com seus precursores, Paul Anastas e John Warner, a Química Verde pode ser definida como “a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente” (ANASTAS; WARNER, 1998, p. 11, tradução nossa). Além de eliminar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, procura orientar e atuar na redução da produção de resíduos, incentivando a fabricação de produtos compatíveis com o ambiente. Assim, a QV é um campo emergente, que teve origem nos anos 1990 (ANASTAS; WARNER, 1998), em função da necessidade da busca por respostas e soluções para os desafios ambientais, consolidando-se como uma nova maneira de desenvolver a Química (MACHADO, 2004).

De lá para cá, muitas pesquisas com base nos princípios da QV vêm sendo desenvolvidas, assim como conhecimentos científicos em

torno dessa nova prática. Cabe ressaltar que a QV é uma nova racionalidade no padrão analítico e produtivo da Química, e não uma nova área. Desta maneira, deve perpassar todos os seus campos, sejam eles voltados à pesquisa, às práticas industriais ou ao seu ensino (ROLOFF; MARQUES, 2014).

Por entendermos que a Química Verde seja uma resposta mais consistente, diferente (paradigmática) e interdisciplinar para a crise ambiental, é que nos dedicamos a entendê-la e descrevê-la de modo mais minucioso.

Embora não possamos afirmar que a QV já tenha consolidado um novo estilo de pensamento, entre os químicos, sem sombra de dúvidas, vêm caracterizando sua extensão, e até mesmo, transformação, uma vez que têm proporcionado a emersão de novas ideias no domínio de se fazer/produzir/ensinar a Química. Isso corrobora com o defendido por Fleck (2010), ao expor que os conhecimentos e práticas de um EP podem ampliar-se e transformar-se ao longo de sua história.

A perspectiva da Química Verde pode associar-se à gênese e ao desenvolvimento de um fato científico, sendo estes explicados:

[...] pelas ideias iniciais relativas ao fato, surgidas no passado, e que, apesar das modificações, continuam existindo. **Estas ideias vão sendo pouco a pouco modificadas, sofrendo re-interpretações de acordo com o pensamento em evidência. Assim, o pensamento vai se modificando e se adaptando ao meio e em consonância com o sistema.** O observar é dirigido, por meio de um condicionamento histórico-cultural, sempre levando em consideração um conceito pré-formado (PFUETZENREITER, 2002, p. 149, grifo nosso).

O fato pode ser entendido como a consciência da necessidade dos cuidados com o ambiente — na relação entre o homem com o meio ambiente —, e a QV, como o pensamento que se modifica (consciência da complicação). É preciso considerar que essa filosofia proporciona transformações do/no conhecimento, em uma posição contra-hegemônica ao fazer tradicional da Química, e isso é perceptível por meio do processo histórico.

Vale lembrar que o movimento relacionado com o desenvolvimento da QV iniciou nos anos 1990, principalmente nos

Estados Unidos, Inglaterra e Itália. Sousa-Aguiar e colaboradores (2014) comentam que, desde então, um grande progresso tem sido alcançado em diversas linhas de pesquisa voltadas à QV, dentre elas: a catálise; a formulação de solventes menos nocivos ao ambiente e o desenvolvimento de processos que utilizam matérias-primas renováveis. E nas linhas mais tradicionais, comentam sobre a existência de diversos estudos relacionados a novas áreas da Química, destacando, como exemplo, a sonoquímica (que busca aumentar rendimentos e reduzir gastos com insumos através do uso de ultrassom).

Assim sendo, torna-se importante conhecer o contexto em que a Química Verde foi proposta. Conforme já abordado, por volta da década de 1960 começou-se a perceber os limites do progresso e os riscos associados à exploração desmedida dos recursos naturais das sociedades industriais. Nessa mesma época, ocorreu também a chamada revolução ambiental norte-americana, quando cresceu a preocupação de parte da população com os problemas da deterioração ambiental (MONTIBELLER-FILHO, 2008).

O “Relatório Brundtland” (WCED, 1987) levanta discussões acerca dos impactos negativos sobre o meio ambiente, ocasionados pela indústria química e alguns de seus produtos, ao mesmo tempo que reconhece que as substâncias químicas melhoraram a saúde e a expectativa de vida, incrementando a produção agrícola e ampliando oportunidades econômicas. Poluição, contaminações e catástrofes industriais são alguns dos problemas levantado pela comissão.

Não é por acaso que nessa seara surjam as discussões acerca da “reinvenção” da Química e de suas atividades industriais. Segundo Meirelles (2009), desde a década de 1990 a Indústria Química tem procurado adotar uma postura de redução, prevenção ou eliminação das causas dos impactos ambientais que tem gerado. Nesse período, mais especificamente no ano de 1991, a Agência Ambiental Norte-Americana (*Environmental Protection Agency – EPA*)²³, após a publicação da Lei de Prevenção a Poluição²⁴ dos Estados Unidos, lançou um programa

²³ Um grande número de informações acerca da agência pode ser obtida a partir do sítio eletrônico da EPA: www.epa.gov/greenchemistry. Acesso em: 19 dez. 2014.

²⁴ Essa foi a primeira e única lei que se centrou na prevenção da poluição, ao invés do típico tratamento e remediação. Através dela, a EPA tentou se associar à indústria para encontrar métodos mais flexíveis e economicamente viáveis, não somente nas regras já existentes, mas também prevenindo a poluição em sua origem (ANASTAS e WARNER, 1998).

chamado “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção da Poluição”, uma linha que financiava projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em rotas e produtos sintéticos (TUNDO; ROMANO, 1995; SANSEVERINO, 2000; LENARDÃO *et al.*, 2003; MACHADO, 2008a; CORRÊA; ZUIN, 2009).

Em 1993, o programa foi expandido através da inserção de outros tópicos, como solventes ambientalmente corretos e compostos inócuos, sendo, assim, renomeado, e passando a adotar oficialmente o nome de Química Verde. Nesse mesmo ano estabeleceu-se, na Itália, o Consórcio Universitário Química para o Ambiente (INCA)²⁵, cujo objetivo era reunir pesquisadores envolvidos com as questões químicas e ambientais para a disseminação dos princípios e tópicos de interesse da química mais limpa ou ambientalmente correta. É importante salientar que todos os anos o INCA promove a Escola Internacional de Verão em Química Verde, que conta com a participação de estudantes de mais 20 de países (CORRÊA; ZUIN, 2009).

Dois anos mais tarde, precisamente em 1995, o governo dos EUA instituiu um programa de premiação chamado “The Presidential Green Chemistry Challenge” (PGCC), com o objetivo de reconhecer inovações em pesquisas que poderiam ser implementadas na indústria para a redução da produção de resíduos na fonte (LENARDÃO *et al.*, 2003; CORRÊA; ZUIN, 2009). Os autores relataram que foram premiados trabalhos em cinco categorias:

1. Acadêmico;
2. Pequenos negócios;
3. Rotas sintéticas alternativas;
4. Condições alternativas de reação, e
5. Desenvolvimento de produtos químicos mais seguros ou inócuos.

Em 1997 foi criado o Instituto de Química Verde (*Green Chemistry Institute – GCI*), que desde janeiro de 2001 tem parceria com a Sociedade Americana de Química (*American Chemical Society – ACS*). Já no mês de setembro do mesmo ano, a União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union for Pure and Applied Chemistry – IUPAC*) aprovou a criação do Subcomitê Interdivisional de QV, e em 2004, editou o livro *Química Verde en Latinoamérica*, dentro

²⁵ Maiores informações sobre o consórcio, suas ações e publicações, disponíveis em: www.incaweb.org. Acesso em: 19 dez. 2014.

da série de textos “Green Chemistry”, da IUPAC/INCA (MACHADO, 2008a; CORRÊA; ZUIN, 2009).

Machado (2008a) comenta a resistência do uso do termo na literatura científica e pedagógica para além desses círculos. Diz que a QV começou a ser usada de forma coloquial (em jornais, encontros, etc.), e acredita que isso tenha se dado devido à conotação política que a palavra *verde* tinha em muitos países, ligada à primeira geração dos ambientalistas, “os verdes” puros e duros, que almejavam a conservação do ambiente a todo o custo, independentemente das consequências econômicas e sociais. Explica que o termo apareceu pela primeira vez em revistas científicas, no título de um comentário publicado na revista *Science*, em 1993, e em revistas pedagógicas, no título de uma publicação no *Journal of Chemical Education* (JCEd). A escassez no uso do termo só diminuiu com o lançamento, em 1999, do periódico *Green Chemistry*, pela Sociedade Britânica de Química (*Royal Society of Chemistry* – RSC). O autor realizou buscas nos sites de publicações científicas da ACS e do JCEd e percebeu que o termo QV só ganhou aceitação científica e pedagógica a partir do ano 2000.

No âmbito nacional, os conceitos da QV começaram a ser difundidos recentemente, no meio acadêmico, governamental e industrial (SANSEVERINO, 2000). Destacam-se atividades como as Escolas de Verão, *workshops* e grupos de pesquisa voltados à QV, e também as publicações veiculadas nas revistas da SBQ, especificamente os periódicos *Química Nova* (QN), *Revista Virtual de Química* (RVq), *Química Nova na Escola* (QNEsc) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS), além dos trabalhos produzidos e apresentados nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ), que em sua 37ª edição apresentou, pela primeira vez, uma seção científica dedicada exclusivamente às produções voltadas à QV. Realizamos um levantamento nas publicações desses veículos, que serão posteriormente apresentadas nesta tese, pois estão diretamente voltadas à circulação de ideias acerca da QV e de suas implicações ao seu ensino.

Ao tratar dos programas de inserção da Química Verde no contexto brasileiro, Corrêa e Zuin (2014), em um boletim informativo do Conselho Regional de Química da IV região²⁶, ressaltam a crescente necessidade da integração dos variados setores — indústria, academia e instituições governamentais — para se potencializar a geração de

²⁶ O boletim completo encontra-se disponível em: www.crq4.org.br/informativomat_1044. Acesso em: 19 dez. 2014.

conhecimentos de forma científica, técnica, ética e socialmente comprometida.

A indústria química é um sistema muito complexo, que envolve a fabricação de cerca de 100.000 compostos variados, por meio de aproximadamente 3.000 processos de fabricação distintos, e sua formulação em cerca de 6.000.000 de produtos químicos, disponibilizados a outras indústrias, a serviço e ao público; e esse sistema tem forte relação com o DS, apontando que a QV exerce um papel fulcral na condução desse processo (MACHADO, 2011a).

É preciso considerar que a indústria química está entre os maiores setores industriais do mundo, e de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM)²⁷, em termos de faturamento líquido, a indústria química brasileira é a sétima maior do mundo, em uma comparação que tem como base o ano 2010.

Ainda que a indústria química contribua para o avanço econômico e o desenvolvimento de um país, ela também gera inconvenientes, como: a formação de subprodutos tóxicos; a contaminação do ambiente; a produção de grandes volumes de efluentes tóxicos gerados por vários processos químicos, etc., embora a busca da resolução de problemas de poluição e a tomada de consciência seja crescente (MACHADO, 2011b).

Mesmo que pareça algo óbvio, o conceito da QV não nasceu subitamente, mas é resultante de um longo processo de estudo, desenvolvido por químicos e engenheiros químicos, a fim de tornar a indústria menos nociva ao ambiente. Esse processo histórico de construção, consolidação e aplicação tem contado com a conscientização dos químicos para o problema dos resíduos (aspecto que também caracteriza uma complicação destacada por Fleck, influenciando um novo pensar acerca da prevenção da geração de resíduos químicos), enquanto que a aproximação da investigação acadêmica aos objetivos da química industrial tem possibilitado a construção de um campo teórico, resultante da fusão de vários conceitos precursores, conforme comenta Machado (2004, 2011b).

A esse respeito, Epicoco, Ultra e Jean (2014) reconhecem que, nas últimas décadas, vem ocorrendo um grande interesse dos químicos no desenvolvimento de uma Química mais sustentável, cujo resultado ocorre pela propagação de novos conhecimentos, produzidos a partir de uma nova forma de se fazer Química, e para os autores, isso tem

²⁷ Informações sobre a indústria química brasileira podem ser obtidas através do sítio eletrônico da Abiquim: www.abiquim.org.br

configurado a emergência e a conformação daquilo que chamam de comunidade epistêmica²⁸ em torno do conceito de Química Verde.

Ancorados em Haas (1992), os autores afirmam que, no âmbito acadêmico, as comunidades epistêmicas são constituídas por grupos de pesquisadores que compartilham princípios, métodos e objetivos cognitivos comuns, de criação de conhecimento em um campo de investigação comum (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). O entendimento desse conceito pode ser associado ao compartilhamento de um Estilo de Pensamento, por um coletivo de pensamento (FLECK, 2010), como expressa Haas, em uma de suas notas de rodapé:

Nossa noção de “comunidade epistêmica” lembra de alguma forma a noção de Fleck de “coletivo de pensamento” – um grupo sociológico com um estilo de pensar comum. Também lembra, de alguma forma, definição sociológica ampla de paradigma de Kuhn, que é “um amontoado de constelações de crenças, valores, técnicas e assim por diante, compartilhados por membros de uma dada comunidade” e que governam “não uma disciplina mas um grupo de praticantes” (HAAS, 1992, p. 03, tradução nossa).

Em se tratando especificamente da comunidade epistêmica QV, os autores sugerem quatro argumentos, a saber: a QV é formada por um grupo de químicos que compartilha o objetivo comum de criação de conhecimento no campo da pesquisa sobre sustentabilidade; o livro sobre QV, escrito por Anastas e Warner (1998), representou um manual de códigos da comunidade e padrões compartilhados; os 12 princípios da QV resumem os desafios comuns e preveem regras para superá-los; e por fim, afirmam que o *Green Chemistry Journal* pode ser visto como a autoridade processual e estrutural da comunidade, junto com a *Environmental Protection Agency* e investigadores, a exemplo de Anastas e Warner (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). Neste sentido, o

²⁸ O conceito de comunidade epistêmica ganhou terreno na ciência política, em particular nas relações internacionais, na sequência da publicação do trabalho de Haas, que define uma comunidade epistêmica como “uma rede de profissionais com experiência e reconhecida competência em um domínio específico e uma reivindicação de autoridade ao conhecimento relevante para a política dentro desse domínio ou área” (1992, p. 3, tradução nossa).

Green Chemistry Journal, além de uma importante fonte de informações para entender os campos e temas de interesse da QV que melhor expressam a evolução da comunidade epistêmica QV, tanto pela autoridade que exerce quanto por ser um periódico que reúne as produções desse grupo, caracteriza-se como um dos principais instrumentos de divulgação dessa comunidade.

Desta maneira, a filosofia QV se consolidou fortemente, apoiada por uma rede de profissionais do meio acadêmico, da indústria e de esferas políticas, e tal aspecto é afirmado pelo rápido crescimento, do termo “Química Verde”, em publicações científicas e no debate público. Esse fator reflete o importante papel da circulação de ideias não apenas entre os membros do círculo intracoletivo, mas principalmente a discussão e o reconhecimento gerados pela circulação no meio exotérico (ou seja, aqueles leigos formados que não são especialistas em QV).

O processo de construção e consolidação da QV é apresentado por Epicoco, Oltra e Jean (2014) a partir de uma análise histórica de suas origens e desenvolvimento, da qual se destacam três estágios de construção. O primeiro (que vai de 1980 até o final de 1993), caracterizado pela necessidade de adoção de prevenção da poluição, ao invés de uma política de comando e controle, foi formalizado politicamente na Lei de Prevenção da Poluição, de 1990, através da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (já abordado).

O segundo estágio (1993-1998) foi marcado pelo movimento de institucionalização progressiva da QV, expresso através da criação de simpósios, da organização de redes de cooperação entre a indústria, a academia e o governo (e também entre nações como o Japão e a Itália, e não apenas nos Estados Unidos). Em 1998, o prof. Paul Anastas e John Warner publicaram o primeiro manual sobre Química Verde, no qual expunham seus objetivos, princípios, visões e desafios.

Já o terceiro período (1999-2008) foi caracterizado por uma contribuição significativa do *Green Chemistry Journal* (GCJ), dado o número de publicações em QV no periódico. Em 2009, durante seu décimo ano de publicação, a GCJ era o 15º de 140 periódicos de Química, de acordo com o fator de impacto do *Web of Knowledge* (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014). Embora a EPA tenha dado ênfase na promoção da criação de redes de cooperação entre a academia e a indústria (na implementação de princípios QV), as iniciativas de QV se multiplicaram em todo o mundo, especialmente no Japão, Europa, Austrália, Canadá e China.

Esses elementos configuram uma comunidade epistêmica QV (ou então, matizes de um estilo de pensamento), onde a EPA dos EUA e pesquisadores como Anastas e Warner, além do *Green Chemistry Journal*, desempenham um papel importante na circulação de conhecimentos QV, também entre círculos eso e exotéricos.

O desenvolvimento da QV, em substituição às atividades químicas vigentes, passa pela identificação prioritária dos problemas mais críticos ao ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, os doze princípios da QV, introduzidos por Anastas e Warner em 1998,

têm servido para a consciencialização dos químicos sobre variados aspectos da Química que requerem revisão com vista a reduzir os seus impactos negativos sobre a saúde humana e ecológica. Os referidos princípios proporcionam prescrições genéricas para concretizar a transição da Química atual para a QV e têm sido usados com êxito (MACHADO, 2012b, p. 1250)

O emprego dos 12 princípios da QV tem como ponto central diminuir os riscos através da minimização do perigo intrínseco do processo e das substâncias relacionadas a ele, de modo a implicar em uma mudança de paradigma sobre a gerência do risco químico, guiados pela preocupação com a qualidade de vida e com o meio ambiente, envolvendo a prática da química (ANASTAS; WARNER, 1998; LENARDÃO *et al.*, 2003; PRADO, 2003; MACHADO, 2004; CORRÊA; ZUIN, 2009). São eles:

Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde

(continua)

1	PREVENÇÃO	Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo após sua geração.
2	ECONOMIA DE ÁTOMOS	Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3	SÍNTESE DE PRODUTOS MENOS PERIGOSOS	Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que tenham pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
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.

Quadro 4: Os doze princípios da Química Verde

(conclusão)

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, essas substâncias devem ser inócuas.
6	BUSCA PELA EFICIÊNCIA DE ENERGIA	A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7	USO DE FONTES RENOVÁVEIS DE MATÉRIA-PRIMA	Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
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 essas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9	CATÁLISE	Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
10	DESENHO PARA 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.
11	ANÁLISE EM TEMPO REAL PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO	Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
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, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios.

Fonte: Lenardão *et al.* (2003).

O desenvolvimento de métodos alternativos de sínteses químicas, que minimizem o custo energético, reduzam ou eliminem o uso de solventes orgânicos convencionais e otimizem o consumo de todos os reagentes utilizados, são os pilares fundamentais da QV. Em uma de suas publicações, Machado (2011c) expõe que, quando se deseja desenvolver uma síntese para otimizar a verduza do processo, todos os doze princípios devem ser usados e, se cumpridos, ocorrerá o que o autor chama de “Síntese Verde Ideal”.

É possível encontrar na literatura muitos exemplos e estudos mais aplicados relativos aos princípios da QV, ainda que a maioria das pesquisas e publicações seja oriunda da área da Química Orgânica (SANSEVERINO, 2000; PRADO, 2003; DA SILVA; LACERDA; JONES JR, 2005; COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008a; GOES *et al.*, 2013; ROLOFF *et al.*, 2014). Isso se justifique talvez pelo fato de que a maior parte dos exemplos encontrados na literatura sobre sua aplicação origina-se da perspectiva das sínteses orgânicas, que exemplifica o papel da circulação intracoletiva entre os sujeitos constituintes de um coletivo de pensamento. Inferimos, assim, a importância de as demais áreas da Química também aumentarem seus esforços para ampliar as pesquisas e inserir com maior efetividade a perspectiva da QV em suas atividades, aspecto que pode ser favorecido pela circulação intercoletiva de saberes, proporcionada por tais publicações, pelo desenvolvimento de pesquisas no âmbito da pós-graduação e pelas discussões em eventos científicos, por exemplo.

Sendo, então, a QV outro estilo de pensar e fazer a Química, mais compatível com o ambiente, torna-se válido ressaltar que a ciência Química (especialmente a indústria química) depende do meio ambiente, pois é dele que derivam as fontes de matérias-primas e da energia empregada nos processos de produção. O que mais uma vez parece se reafirmar é a necessidade de se utilizar materiais renováveis e diminuir o consumo de energia nas atividades de pesquisa e produção, dado o esgotamento dos recursos não-renováveis. A esse respeito, Machado (2004) destaca que mudanças na produção química, com a fabricação de produtos novos ou não, não dependem exclusivamente da Química, mas também de mudanças técnicas e econômicas — como as exigências de mercado — e da influência crítica dos cidadãos, levando-se em conta aspectos globais envolvidos nos meios de produção.

Neste sentido, os processos educativos e de formação profissional necessitam incorporar a dimensão ambiental, incentivando sua compreensão e buscando introduzir práticas da QV. Estes são elementos que podem contribuir significativamente ao desenvolvimento de uma educação química (verde), em uma perspectiva crítica e emancipatória²⁹ (FREIRE, 1987).

²⁹ Essa perspectiva de ensino visa ao rompimento de uma educação tecnicista, baseada na transmissão de conhecimentos, buscando “a formação de sujeitos sociais emancipados, isto é, autores de sua própria história” (FREIRE, 1987, p. 18).

Pensando nisso, Winterton (2001) formulou “os segundos doze princípios da QV”, dirigidos especialmente aos profissionais da Química acadêmica (MACHADO, 2012b), que desenham novos processos de síntese de moléculas e podem contribuir para uma maior objetividade na consolidação da QV e, assim, na implementação dos processos de fabricação industrial — campo onde realmente interessa obter verdura (RAMOS, 2009; MACHADO, 2008b).

No Quadro 5, apresentamos os outros doze princípios da Química Verde.

Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde

(continua)

13	IDENTIFICAR E QUANTIFICAR OS COPRODUTOS (SUBPRODUTOS EVENTUAIS E RESÍDUOS)	Identificar os coprodutos e determinar suas quantidades relativamente às 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	ESTABELECE 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 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 liberação de calor com a mudança de escala.
18	CONSIDERAR LIMITAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E DE MASSA	Identificar fatores que afetam 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 ENGENHEIROS QUÍMICOS	Identificar e compreender pontos de construção para o escalamento da química no desenvolvimento do processo industrial por estudo das várias alternativas de tecnologia disponíveis para implementá-lo e contatos com engenheiros químicos.

Quadro 5: Os segundos doze princípios da Química Verde

(conclusão)

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 no fabrico.
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	MONITORIZAR, 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.

Fonte: Machado (2008b)

Esses doze outros princípios, complementares aos demais, são numerados de 13 a 24 para dar sequência aos doze primeiros, e assim, evitar confusão. Como o objetivo de sua utilização seria o de possibilitar uma “atitude proativa” em favor do “esverdeamento” (COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2009) das reações químicas, podem facilitar o entendimento e o emprego da QV nos processos de síntese, contribuindo para o *design* verde de produtos e processos.

Em um de seus artigos, Machado (2012b) comenta que esses segundos doze princípios não têm sido objeto de tanta atenção como os primeiros, não sendo ainda abordados, tampouco nos mais recentes livros que tratam da QV. Para ele:

Estes princípios, tal como os primeiros 12, por si sós, não são suficientes para garantir a montagem de processos verdes e implementar uma Indústria

Química Verde – porque o bom cumprimento da cadeia de verdura [...] envolve fatores tecnológicos exteriores à Química, bem como outros (econômicos, etc.), não contemplados nos princípios. No entanto, este segundo conjunto de princípios de QV merece atenção – porque permite um aumento da consciencialização dos químicos laboratoriais quer para os problemas de concretização de verdura à escala industrial, quer para a necessidade de definir áreas de investigação académica previsivelmente mais produtivas para este fim (MACHADO, 2012b, p. 1255-1256).

Apesar das afirmações do autor sobre processos químicos industriais resultantes das investigações dirigidas à QV, que envolvem componentes de natureza tecnológica e económica, e que caem fora do domínio da Química de base, é preciso considerar que a QV também proporciona vantagens para a esfera tecnológica (pois simplifica processos), a económica (pois, em algumas situações, reduz custos com matéria-prima, energia e tratamento/produção de resíduos, por exemplo) e a ambiental (que poupa recursos e reduz a poluição). Todas estas características servem como suporte da sustentabilidade.

Como demonstra Machado (2012b), os grupos de princípios têm intraligações entre si e interligações entre os dois grupos. E mesmo que as interligações entre os vinte e quatro princípios seja complexa, para que se consiga a verdura química dos processos, é necessário que todos os princípios (dos primeiros aos outros doze) sejam aplicados em conjunto.

Os primeiros doze princípios têm sido muito úteis na divulgação da QV, proporcionando uma primeira avaliação da verdura de reações e auxiliando na comparação de procedimentos (vias de síntese) com vista a escolher a mais aceitável quanto a impactos ambientais, como salientado por Machado:

[...] a utilização destes princípios tem limitações diversas, por exemplo, por um lado, são algo genéricos e distantes da realidade industrial – ignoram ou, pelo menos, não explicitam, características importantes da Química do mundo real, por exemplo, a necessidade de usar ferramentas de avaliação de largo alcance (ciclo

de vida), de garantir viabilidade econômica, de proporcionar uma adequada inserção societal da Química, etc.; por outro, são prescrições *qualitativas* – e a avaliação cabal da verdura exige o cálculo de métricas *quantitativas* de verdura, preferivelmente holísticas (MACHADO, 2012b, p. 1257, grifo nosso).

Já os segundos doze princípios, que têm por base uma atitude mais pragmática, são voltados antes à implementação industrial da Química para complementar algumas das limitações dos primeiros princípios, pois “eles ajudarão os químicos laboratoriais a fazer incidir a sua atenção em áreas de investigação mais produtivas quanto à QV e a selecioná-las precocemente como merecedores de atividade prioritária — isto é, favorecem uma atitude proativa dos químicos com respeito à QV” (MACHADO, 2012b, p. 1258).

A verdura de um procedimento químico pode ser avaliada por meio de cálculos de um conjunto de grandezas, chamadas de métricas de verdura química. Machado comenta que a “métrica é um meio de avaliação do funcionamento de um sistema dinâmico complexo que permita aferir o modo como ele opera, especificamente quanto ao cumprimento dos respectivos objetivos, isto é, um sistema de medição da performance do sistema” (2014, p. 37). Quando se procura examinar a verdura química, busca-se avaliar até que ponto um composto, um processo de fabricação ou uma via de síntese são verdes. O autor comenta que avaliar a verdura química é um processo complexo, que envolve características de benignidades variadas, pois depende de variáveis diversificadas (desde a síntese laboratorial de um novo composto/substância até a utilização/consumo dessas moléculas), e a isso, ele chama de cadeia de verdura química.

Resumidamente, as métricas da QV constituem-se no uso sistêmico das *métricas clássicas* da Química (econômica, rendimento e seletividade), com as métricas específicas da QV, que são as *métricas de massa* (não produção de resíduos e a incorporação dos átomos dos reagentes nos produtos) e as *métricas ambientais* (aferem benignidade ambiental de produtos e processos).

Depreende-se, a partir do exposto, que a QV tem se constituído em uma abordagem fundamental na reformulação/reformatação de modelos teóricos e práticos da Química para o desenvolvimento de metodologias e processos científicos e inovações tecnológicas, os quais buscam oferecer respostas e soluções aos desafios ambientais.

Contribui, assim, com a superação dos paradigmas clássicos da Química — *o paradigma do risco e o da diluição* (MARQUES *et al.*, 2013).

Machado (2012a) explica que o *paradigma da diluição* surgiu num contexto de falta de consciência das consequências nocivas à saúde humana e da biosfera em geral, do lançamento de substâncias químicas no ambiente; algo muito comum até a primeira metade do século XX, quando se descartavam substâncias residuais de processos industriais diretamente no ar, água ou solo.

Por meio desse paradigma, admitia-se que, se porventura existissem efeitos nocivos, a *diluição* de uma substância, no meio em que se fazia a descarga, era suficiente para mitigar seus impactos negativos (acreditava-se que a diluição era a solução para os problemas da poluição). O autor comenta que foi nesse período que se construíram centrais térmicas com enormes chaminés — para que os gases fossem dispersos na atmosfera em grandes altitudes —, ou as fábricas junto a grandes rios — para diluir os fluxos líquidos residuais (MACHADO, 2012a).

Quanto ao *paradigma de risco* (PR), Thornton (2000) caracteriza-o como a predisposição de gerir a poluição química, baseado na capacidade assimilativa do ambiente em absorver e degradar poluentes, sem danos, e na suposta existência de um grau de exposição ao qual os organismos podem ser expostos com pouco ou nenhum efeito adverso.

Machado (2012a) comenta que o paradigma do risco em processos químicos industriais se expressa na linha de fabricação, que se mantém intacta, sendo que o controle dos poluentes e/ou o tratamento de resíduos é feito no fim do processo. Isso é implementado a partir da neutralização de fluxos residuais ácidos (antes de sua libertação), da absorção de poeiras dos fluxos de gases nas chaminés, da incineração de resíduos perigosos ou seu tratamento químico para a conversão em materiais mais inócuos, cuja deposição no ambiente se possa fazer com “riscos aceitáveis”.

O fato é que o paradigma do risco não é capaz de evitar a contaminação química global. Marcelino e Marques (2013) destacam seis falhas do PR, baseadas em apontamentos feitos por Thornton (2000): Falha 1 – reside no pressuposto de que há uma descarga “aceitável” de produtos químicos, que não irá sobrecarregar a capacidade de assimilação dos ecossistemas. Falha 2 – desconsiderar a dispersão global do dano e a simultaneidade e continuidade de milhares de outras fontes poluidoras. Falha 3 – desconsiderar os efeitos sinérgicos

que aumentam a toxidez e a complexidade de uma mistura. Falha 4 – não há pesquisas científicas suficientes sobre os riscos de substâncias, mesmo individuais. Falha 5 – mesmo rotas sintéticas controladas geram produtos indesejáveis e muitos outros desconhecidos. Falha 6 – a ineficácia das tecnologias de controle e descarte, pois só mudam o tempo, a forma e o local da exposição.

Pressionado pela nova postura socioambiental, no âmbito da Química, diluir ou encaminhar os resíduos para as estações de tratamento (onde é feito o ajuste das cargas emitidas aos parâmetros estabelecidos para os lançamentos), reciclá-los, reutilizá-los, ou ainda incinerá-los depois de tratados, quando se faz uma reflexão crítica em torno da SA, já não é mais suficiente.

Embora o paradigma do risco tenha contribuído para o controle da poluição, em função de suas limitações intrínsecas, foi substituído por um novo paradigma, denominado *paradigma ecológico* (THORNTON, 2000), que previa a prevenção de problemas ambientais (causados pelo descarte inapropriado de substâncias químicas) e sua precaução (evitando práticas que têm o potencial de gerar danos ao ambiente) (MACHADO, 2011a; MARQUES *et al.*, 2013).

Para Thornton (2000), as bases desse novo paradigma incorporam o *princípio da precaução* (PP) e formam seus quatro pilares de ação química: 1) Descarte zero: visa evitar o acúmulo e descarte de substâncias persistentes e bioacumuláveis, negando a capacidade assimilativa; 2) Produção limpa: redesenho de produtos e processos para evitar uso e geração de substâncias tóxicas; 3) Ônus reverso: baseando o controle de substâncias em provas da segurança na produção e uso, demonstrar antecipadamente que ações não são susceptíveis a riscos significativos e que não existe uma alternativa mais segura disponível; 4) Controle de classes de produtos químicos: eliminação de compostos e processos químicos nocivos.

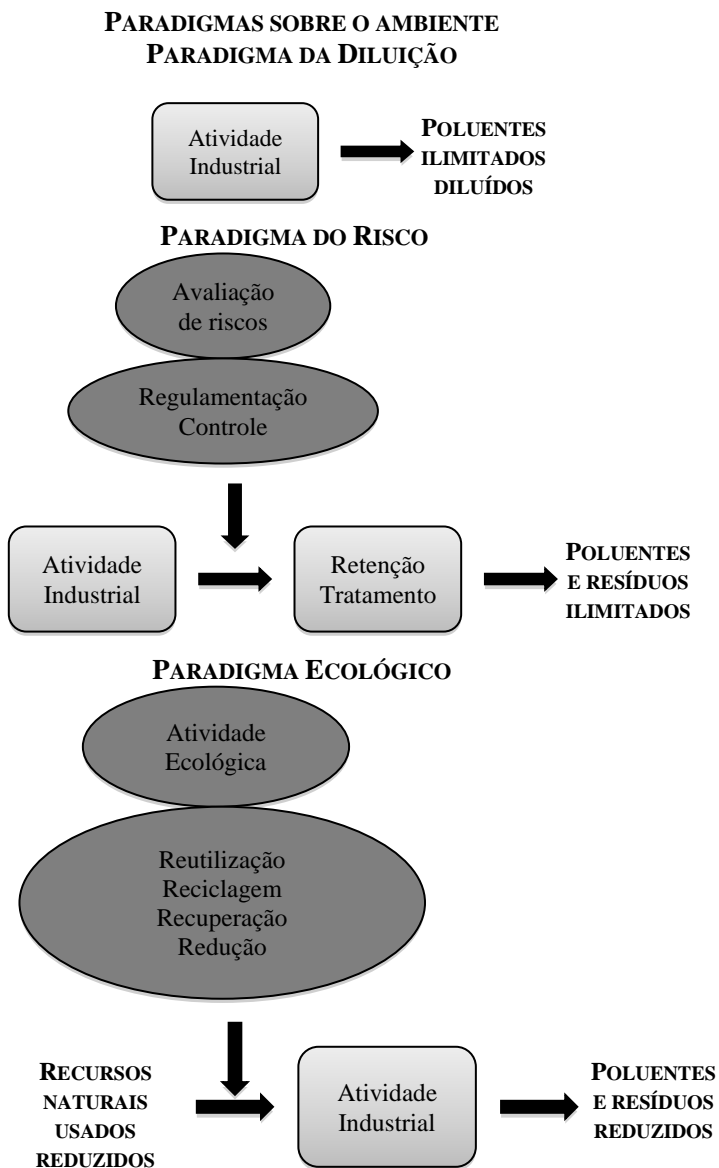
O PP envolve o reconhecimento e a exposição das inerentes incertezas acerca dos eventuais efeitos das substâncias químicas sobre os seres humanos e o meio ambiente, e procura assegurar que os compostos químicos e processos de fabricação sejam testados antecipadamente para garantir, de maneira preventiva, que seus impactos ambientais sejam inócuos.

Em síntese, Marcelino e Marques (2013) comentam que o paradigma do risco (PR) (tecnocrático) se baseia em uma pretensa “certeza científica” apoiada em princípios falhos como neutralidade, objetividade e desenvolvimento cumulativo da C&T, enquanto o paradigma ecológico coloca em xeque essa concepção “ingênua” da

atividade científico-tecnológica, recorrendo ao PP como eixo estruturador.

Machado (2012a) esquematiza as ideias gerais de cada um dos três paradigmas, que representam a atitude sobre o ambiente da sociedade em geral, e da Química Industrial em particular, ao longo do século XX, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Evolução dos paradigmas da atitude humana sobre o ambiente



Fonte: Machado (2012a)

Essa figura traz uma síntese gráfica da evolução de três fases, que correspondem aos paradigmas apresentados e discutidos. Percebe-se a relação entre eles e a atividade industrial química e a forma de descarte dos resíduos produzidos. No caso do paradigma da diluição, eles são lançados e dispersos no ambiente, enquanto que no paradigma de risco, os resíduos passam por processos de retenção e eventual tratamento antes do descarte no ambiente. Já no caso do paradigma ecológico, em função da tomada de consciência das limitações do modelo vigente, as prioridades passam a ser outras, com a prevenção da poluição à partida do processo, visando diminuir a quantidade de poluentes e resíduos produzidos.

No lastro da temática ambiental e da necessidade permanente de se reduzir os impactos ambientais, discutir o enquadramento e a reformatação da Química envolve mudanças de atuação, quer na própria Química, quer no invólucro socioambiental onde a sua prática industrial ocorre, o que pode se dar por meio da QV.

Apesar de a QV não se limitar à expressão de princípios éticos, estes têm orientado um novo pensar e fazer dos químicos, e essa nova postura da atividade química (em atividades científicas e de aplicação industrial) visando à proteção ambiental, limitando ou impedindo a dispersão de resíduos, ou então, prevenindo a disseminação de poluentes e contaminantes tóxicos no ambiente, associa-se ao que Machado (2011b) sinteticamente expressa:

A gênese da QV envolveu uma transição da química da postura reducionista do racionalismo cartesiano (raciocínio linear causa → efeito, com objetivo único: o produto da reação), para a postura sistêmica (raciocínio por linhas paralelas, que não foge à complexidade, holístico, dirigido a objetivos múltiplos – envolvendo simultaneamente produto e os resíduos) (MACHADO, 2011, p. 539).

Na esteira dos movimentos ambientalistas e das discussões sobre o DS, podemos relacionar a origem das contribuições da QV como uma resposta aos problemas gerados pela indústria química, com a superação dos paradigmas clássicos da Química (diluição e risco), pela emergência do paradigma ecológico. O desenvolvimento científico e a inovação

tecnológica têm sido grandes marcas da contribuição da QV se alcançar a SA.

Marques e colaboradores expressam que:

Por tais aspectos, a QV tem se colocado promissoramente, seja como uma vertente que busca aglutinar transversalmente pesquisadores e profissionais do ensino das diferentes áreas, em especial as que tradicionalmente compõem a Química, seja em direção de um novo modo de desenvolver a Química, comprometido com a prevenção e salvaguarda do ambiente, por vezes denominada de “sustentabilidade” ambiental (2013, p. 916).

Não é à toa que, no atual cenário, a Sustentabilidade e o DS, no âmbito da Química, são vistos como objetivos da QV, pois, na prática, essa filosofia é importante para estabelecer formas de se avaliar tecnologias quanto aos impactos ambientais, proporcionando procedimentos, ferramentas e métodos operacionais para esse fim (MARQUES; MACHADO, 2014).

A QV é, então, percebida como uma possibilidade de fazer evoluir a Química, no sentido da sustentabilidade, sem que se comprometam os conhecimentos químicos. Como anunciam Torresi, Pardini e Ferreira:

Dentro deste contexto, o que a Química, através de seus cientistas e pesquisadores, pode contribuir para um desenvolvimento sustentável? A resposta é simples, a Química pode trazer o ponto de equilíbrio para este desenvolvimento melhorando os produtos de consumo com novos materiais mais adequados, além de novos métodos de produção de fármacos e produtos químicos intermediários, ambientalmente recomendáveis. Deve-se ressaltar que já há algum tempo a Química vem trabalhando com a concepção de uma ciência ambientalmente mais recomendável, chamada de Química Verde (TORRESI; PARDINI; FERREIRA, 2010, p. 5).

Outros autores complementam a visão sobre a relação entre QV e sustentabilidade (PRADO, 2003; MACHADO, 2004; 2010, 2011a;

CGEE, 2010; REIS *et al.*, 2011; CORRÊA *et al.*, 2013; MARQUES *et al.*, 2013; ZUIN, 2013; MARQUES; MACHADO, 2014), como o entendimento expresso por Prado:

Dentro dos princípios da necessidade de um desenvolvimento sustentável, tem-se como regra que a química deve manter e melhorar a qualidade de vida. O grande desafio é a continuidade do desenvolvimento, diminuindo os danos causados ao meio ambiente. Tal fato requer uma nova conduta química para o aprimoramento dos processos, com o objetivo fundamental da geração cada vez menor de resíduos e efluentes tóxicos, bem como da menor produção de gases indesejáveis ao ambiente. Este novo caminho a ser delineado pela química é denominado como química sustentável ou química verde: ‘A criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias tóxicas’ (PRADO, 2003, p. 738).

A QV talvez esteja sinalizando e dando mostras de que exista um modo diferente de se fazer Química, o que fará com que as manifestações quanto à crise ambiental diminuam, ou então, acabem, pois ela agirá preventivamente, diferentemente dos ambientalistas ou dos críticos à ideia de DS e SA, os quais, ainda que implicitamente, sustentam a tese de que é impossível o DS, pois não há como alterar o modo como depredamos a natureza para sobreviver, ou que apenas existe esse modo de transformar os recursos naturais (a base material do processo de desenvolvimento) em bens e produtos que necessitamos, fruto do modelo de produção capitalista. Agindo assim, acabam secundarizando ou obscurecendo a questão física (termodinâmica) em prol de uma discussão ideológica e ecológica. Já os químicos verdes parecem indicar que é possível manter um nível de desenvolvimento, pois buscam desenvolver novos processos de síntese, através do uso de materiais renováveis, de economia energética e controle de riscos.

Um viés que reconhece a QV como sinônimo de Química para o DS, e que objetiva conduzir ações científicas e processos industriais

ecologicamente corretos, é defendido e apresentado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010)³⁰:

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**. A razão pela qual a química assumiu tamanha importância nestas últimas décadas se deve ao fato de que a química se situa no centro de todos os processos que impactam o meio ambiente, **afetando setores vitais da economia** (CGEE, 2010, p. 09, grifo nosso).

Esse entendimento está associado à ecoeficiência, pois reconhece como necessário enquadrar a economia a um modelo ambiental sustentável, concepção defendida pela Economia Verde. Esse conceito é mais recente que o DS, e ganhou projeção na conferência Rio+20, sendo definido como “uma economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica” (PNUMA, 2011, p. 02). Quem defende a bandeira da Economia Verde reconhece que a busca pela sustentabilidade se baseia no desenvolvimento econômico. Salientamos que compreender a QV como um elemento da Economia Verde pode ser algo perigoso por conta de concebê-la como um processo estritamente relacionado às inovações tecnológicas e de caráter salvacionista.

Machado (2004) discorre sobre o papel das ideias de DS e da importância de se pensar as relações entre a química industrial e a SA,

³⁰ A CGEE é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que tem, dentre outros objetivos: promover e realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível nas áreas de educação, ciência, tecnologia e inovação e suas relações com setores produtores de bens e serviços; promover e realizar atividades de avaliação de estratégias e de impactos econômicos e sociais das políticas, dos programas e projetos científicos, tecnológicos, de inovação e de formação de recursos humanos; promover a interlocução, articulação e interação dos setores de educação, ciência, tecnologia e inovação com o setor empresarial. Para maiores informações, conferir: www.cgee.org.br.

em termos científicos, técnicos, econômicos e sociais, argumentando que a expressão “Química Verde e Sustentável” torna-se uma variante da própria QV. Tundo (2007), porém, apresenta uma diferenciação entre a Química Sustentável (QS) e a Química Verde. Para ele, a QS trata de processos mais ambientalmente benignos e que possibilitam uma maior margem de lucro, enquanto a QV se interessa primordialmente por processos mais benignos ambientalmente, sem ser precisamente de interesse industrial.

Marques e Machado (2014) também reconhecem a QV como uma nova prática da Química, adequada para trazer SA a produtos e processos químicos. Porém, destacam que a Sustentabilidade é um conceito que envolve uma série de problemas em diferentes níveis, tais como: a observação, a descrição, a quantificação e o esclarecimento dos fatos, a análise de suas causas, o prognóstico e a formulação de hipóteses, a definição de objetivos e a visualização e a construção de estratégias para persegui-los. Portanto, há a necessidade de se levar em conta os limites físicos do ambiente, assim como as limitações impostas pela Segunda Lei da Termodinâmica no campo da Química (no que diz respeito às transformações materiais e energéticas), que não devem ser desconsideradas ao se discutir a SA no âmbito da QV (MARQUES *et al.*, 2013).

Por essas razões, assumimos, baseados em Georgescu-Roegen (2012), que a SA deva ser buscada como um processo sócio-histórico, e ainda que incessante e inalcançável, sua inevitável busca requer uma gestão adequada dos recursos naturais (energéticos e/ou materiais) e dos sistemas que dão suporte à vida (como a atmosfera, a hidrosfera e o clima, por exemplo). Tudo isso exige mudanças comportamentais e atitudinais nos campos econômico, social, científico e tecnológico (LIAO, 2012).

Desta maneira, defendemos que os conceitos e práticas relacionados à Química e aos postulados da Termodinâmica, que envolvam o alcance e os limites da SA, do DS e da sustentabilidade em geral, devem fazer parte da formação dos químicos, já que tais entendimentos irão influenciar suas práticas químicas, sua atividade científica, e também, o ensino dessa ciência. Advogamos, portanto, pela inserção da QV no ensino visando à formação de profissionais químicos.

No entanto, convém ressaltar que não se trata somente de incluir os doze princípios da QV em disciplinas do currículo da graduação em Química, mas uma formação para o pensamento crítico e reflexivo, que questione, por exemplo, os objetivos e o uso da QV para além de

processos industriais mais limpos. A QV tem potencial para contribuir à busca da SA como processo histórico e temporal, sempre considerando a impossibilidade física desse alcance, pelos limites termodinâmicos. Sendo assim, configuramos o ensino da QV como uma Educação Química Verde. Defende-se que ela precisa fazer parte da formação de seus profissionais, seja no ensino de química escolar, na graduação ou na pós-graduação. Como esta tese tem como foco principal a circulação de ideias envolvendo a QV, e os reflexos ao seu ensino, passamos a discorrer sobre argumentações e justificativas para essa escolha, e isso se dará com base na literatura, no capítulo seguinte.

O capítulo que aqui se encerra teve como objetivo principal “evidenciar ideias e discutir compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química, circulantes em produções acadêmicas, especialmente aquelas ligadas à QV”, no intuito de responder à primeira questão complementar desta investigação: **Em que aspectos compreensões sobre a crise ambiental e sua relação com a Química circulantes em produções acadêmicas orientam visões sobre QV?**

Em síntese, buscamos, ao longo dessas páginas, demarcar o que parte da literatura, relacionada com a ciência Química, traz acerca da crise ambiental (definições, compreensões, causas, características, etc.), e o que nós, enquanto pesquisadores, entendemos acerca dessa problemática de abrangência planetária. A tomada de consciência, consequência de preocupações com a proteção e cuidados com o ambiente natural, fortemente pressionada pelos movimentos ambientalistas emergentes na década de 1960, impulsionou a busca de soluções aos problemas ambientais, resultando na publicação do “Relatório Brundtland” (1987). Este, como já assinalamos, descreve e delinea a tentativa de superar as limitações que a tecnologia e a organização social impõem sobre o meio ambiente, discute e apresenta o conceito de DS a partir de uma ideia-força que busca defender um tipo de desenvolvimento econômico para a melhoria social, tendo como pano de fundo essencial a tutela do ambiente. Esse foi o contexto histórico, sociopolítico e ambiental, de influências e implicações, que contribuiu para o surgimento da QV.

Assim, foi a partir da contextualização acerca das relações de alguns problemas ambientais resultantes de atividades químicas, que discutimos o surgimento da QV como uma possibilidade de desenvolvimento de novas ideias e práticas da Química, na busca de soluções aos grandes desafios ambientais impostos à sociedade e à economia moderna, procurando avançar para sistemas mais sustentáveis de produção. Ou seja, destacamos a necessidade da Química (clássica)

ser feita e pensada sob um novo olhar, evoluindo a uma química mais limpa e preventiva em relação ao ambiente, nos moldes apregoados pela QV.

Neste sentido, ao pensarmos o contexto de produções científicas da QV, e utilizando algumas categorias epistemológicas de Fleck, consideramos possível caracterizar a existência de um coletivo formado por integrantes que compartilham uma forma de pensar e praticar a QV, ao produzir e difundir os resultados de suas pesquisas em/sobre Química Verde. Esse coletivo é constituinte de um círculo esotérico (FLECK, 1986) em relação a outro coletivo, que forma um círculo exotérico, constituído por aqueles químicos que (ainda) não incorporam a QV (e no limite, práticas de cuidados com o ambiente) aos processos e produtos químicos que desenvolvem. Cabe observar que ainda não explicitamos a presença dos integrantes nesses círculos, cuja preocupação, foco de atuação e produções se centram no ensino da QV, algo sobre o qual nos debruçaremos mais adiante.

Por fim, pensar em mudanças na relação quanto ao uso dos recursos naturais e o repensar as formas de produção e utilização de materiais e os padrões de consumo atuais dependem da transição para sistemas mais sustentáveis, algo que não é simples, uma receita mágica, pois depende do desenvolvimento de novos métodos, produtos e/ou processos que possam atender aos limites do meio ambiente e contribuam com a busca da sustentabilidade ambiental. Dentro dessa perspectiva, o ensino da Química não pode negligenciar seu papel e a nova abordagem que a QV oferece.

A seguir, discutimos a circulação de ideias, as experiências e as propostas voltadas ao ensino da QV, analisando implicações à formação dos químicos, particularmente, a formação de professores de química.

CAPÍTULO 3

CIRCULAÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A QUÍMICA VERDE: INFLUÊNCIAS NO ENSINO DE QUÍMICA

A ciência da qual partimos, a Química e a Química Verde/Sustentável, parece muito difícil e talvez o seja por causa de sua complexidade e sua linguagem. Na verdade, o que é realmente difícil é traduzir esta matéria em palavras e em uma linguagem mais acessível, não apenas cientificamente, mas também do ponto de vista da divulgação e da comunicação... (GREEN, 2007, p. 2, tradução nossa).

A partir das considerações anteriores, evidenciamos a necessidade de mudanças no ensino da Química, sobretudo em relação a incorporar os cuidados com o ambiente, em convergência com a busca pela prevenção de danos ambientais, princípio norteador intimamente relacionado aos princípios da QV. Isso implica em fazer com que esse princípio alcance a formação do químico, assim como seus valores e produções científicas, evoluindo da Química Clássica à Química Verde. Contudo, abrimos este capítulo com alguns tópicos relacionados aos aspectos ambientais e sua relação com o ensino de Química para, depois, adentrar propriamente no levantamento e análise de produções em QV.

Portanto, discutiremos a QV na perspectiva da importância de seu ensino. E faremos isso, levantando e analisando a circulação de ideias e práticas sobre a temática ambiental, de estudos e relatos de atividades específicas da QV, particularmente aquelas voltadas ao ensino da Química, a partir de publicações feitas nos espaços de divulgação da SBQ: nos Anais de sua Reunião Anual (RASBQ) e de suas quatro revistas científicas: *Química Nova* (QN), *Química Nova na Escola* (QNEsc), *Revista Virtual de Química* (RVq) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS). Com isso, e ancorados na perspectiva epistemológica de Fleck, buscamos compreender a dinâmica de construção, disseminação e circulação coletiva do conhecimento acerca da QV, de modo a analisar a ressonância no ensino da Química e na formação do professor de Química.

A análise crítica dessas publicações pode evidenciar a “penetração” dos princípios da QV na constituição de um novo estilo de pensar e fazer da Química, uma vez que essas produções se constituem enquanto expressão do reflexo da produção da comunidade epistêmica dos QV (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014) — o que pensam, pesquisam e julgam prioridade —, as quais, de certa maneira, podem estar influenciando na formação dos químicos. Nesta investigação, interessa-nos analisar a reverberação dessas produções na formação dos professores de Química, também em nível de pós-graduação. Afinal, tanto os licenciados quanto os pesquisadores em ensino de química são os responsáveis pelo ensino formal dessa ciência, promovendo uma nova postura proporcionada pela QV em relação ao ambiente, e também, uma cultura com vistas à Sustentabilidade.

3.1 O ENSINO DE ASPECTOS AMBIENTAIS PELA QUÍMICA

Como apontamos ao longo dos capítulos anteriores, a degradação ambiental ocorrida em nível planetário está intimamente relacionada às relações entre homem-natureza, agravada, principalmente, pelo seu modo de vida social e suas atividades econômicas. O modelo atual de desenvolvimento econômico tem contribuído, em grande extensão, para o agravamento da situação. Cotidianamente, grandes catástrofes ambientais, naturais ou provocadas por atividades antrópicas são confirmadas por meio da mídia, embora, muitas vezes, de forma genérica e noticiosa (MORADILLO; OKI, 2004).

Desta maneira, a emergência da superação de uma perspectiva conservacionista e técnica para a compreensão e o enfrentamento dos problemas ambientais, consequência do ideário ambientalista e da evolução dos ideais de preservação ambiental, exprime a relevância da inserção da temática ambiental em processos educativos.

É importante que a comunidade química esteja plenamente consciente do desafio que o tratamento de problemas ambientais requer, e que a Química, por si própria, tem muito a contribuir para a sua resolução. Já aos professores dessa ciência, é importante que se apropriem de conhecimentos que possam favorecer a compreensão, a explicação e a possível resolução desses problemas.

Nesse movimento de se repensar os empreendimentos tecnocientíficos, o ensino de Química deve ser transformado, passando a basear-se em uma ética socioambiental, que deve orientar também a Ciência/Química e suas atividades. Em consonância com esse

entendimento, Zandonai e colaboradores (2014) apontam que os “programas de pesquisa do campo da Química e áreas correlatas têm procurado contemplar metodologias, obtenção e uso de produtos que sejam considerados menos impactantes e idealmente inócuos à saúde humana e ao ambiente” (ZANDONAI *et al.*, 2014, p. 75).

A preocupação com relação à conduta do campo da Química no que tange às problemáticas socioambientais, especificamente com relação ao seu ensino, além de fazer referência à sustentabilidade, deve oportunizar conhecimentos científicos, relacionando-os a valores, atitudes, procedimentos e comportamentos dos educandos, de modo a provocar mudanças — consideradas muito necessárias no pensar e agir dos sujeitos — nas questões ambientais. Diante do exposto, é preciso considerar que os próprios documentos que normatizam o ensino de Química no país são inequívocos em relação à importância dada à temática ambiental, conforme se discute a seguir.

3.1.1 Panorama do ensino da temática ambiental no Brasil: o que dizem os documentos norteadores

A educação no país é regida por orientações formuladas pelo Ministério da Educação (MEC). Como o quadro da urgência ambiental planetária coloca um grande desafio aos sistemas escolares, os documentos que regulam o ensino reforçam a importância da abordagem e tratamento de questões ambientais em todos os níveis de ensino, como expresso, por exemplo, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química (DCN) (BRASIL, 2001), que são as normas que orientam o planejamento curricular das Instituições de Ensino Superior (IES) e que fornecem subsídios para a reformulação dos cursos de Química no país. Constituem-se em princípios, procedimentos e fundamentos a serem observados na (re)estruturação curricular desses cursos, ressaltando que deve haver concordância e coerência entre a formação oferecida e a prática esperada pelos futuros profissionais.

Para o Bacharelado, em se tratando de trabalhos de investigação científica e produção ou controle de qualidade, espera-se que um químico, dentre outras habilidades, “possua conhecimento da utilização de processos de manuseio e descarte de materiais e de rejeitos, tendo em vista a preservação da qualidade do ambiente” (BRASIL, 2001, p. 4). Com relação à aplicação dos conhecimentos, esse profissional deve:

- Saber realizar avaliação crítica da aplicação do conhecimento em Química tendo em vista o

diagnóstico e o equacionamento de questões sociais e ambientais;

- Saber reconhecer os limites éticos envolvidos na pesquisa e na aplicação do conhecimento científico e tecnológico;
- Ter conhecimentos relativos ao assessoramento, ao desenvolvimento e à implantação de políticas ambientais [...] (BRASIL, 2001, p. 4 e 5).

O mesmo documento ressalva que a formação de um Licenciado em Química deve fornecer:

[...] capacidade crítica para analisar de maneira conveniente os seus próprios conhecimentos; assimilar os novos conhecimentos científicos e/ou educacionais e refletir sobre o comportamento ético que a sociedade espera de sua atuação e de suas relações com o contexto cultural, socioeconômico e político (BRASIL, 2001, p. 6).

Como esses cursos — Bacharelado e Licenciatura — se inter cruzam, podem influenciar na realidade das universidades. Logo, o ensino de Química deve então “compreender e avaliar criticamente os aspectos sociais, tecnológicos, ambientais, políticos e éticos relacionados às aplicações da Química na sociedade” (BRASIL, 2001, p. 7).

Assim como as DCN para os cursos de Química, os documentos oficiais que orientam os currículos da Educação Básica apontam, no geral, para a importância do tratamento de questões ambientais. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Fundamental (BRASIL, 1997), o meio ambiente é sugerido como um tema transversal. Já os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) expressam como objetivos formativos o desenvolvimento de competências e habilidades pelos alunos a partir do ensino científico-tecnológico, pois o aprendizado deve contribuir para o desenvolvimento de “meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social” (BRASIL, 1999, p. 7).

Quanto ao ensino de Química, especificamente, o documento ressalta que os conteúdos químicos devem ser abordados de forma interdisciplinar, permitindo também a contextualização do

conhecimento, considerando-se as vivências individuais dos alunos e a sociedade em sua interação com o mundo (BRASIL, 1999). Já nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+) (BRASIL, 2002), que buscaram complementar os parâmetros já instituídos, o ensino de Química deve “possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2002, p. 87).

É evidente a importância dada à inserção de questões ambientais no ensino da Química, indicando a necessidade da utilização de formas diversas para o seu tratamento e abordagem. Porém, o que se observa é a dificuldade que os professores apresentam em trabalhar com questões ambientais em sala de aula, uma vez que a prática docente da maioria dos professores de Química do Ensino Médio continua baseada no ensino tradicional (SCHNETZLER; ARAGÃO, 1995; COELHO, 2005; MARQUES *et al.*, 2007).

No que tange à pós-graduação, a CAPES desempenha um papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação (mestrado e doutorado) em todos os estados da Federação. Suas atividades podem ser agrupadas em linhas de ação, cada qual desenvolvida por um conjunto estruturado de programas:

- avaliação da pós-graduação *stricto sensu*;
- acesso e divulgação da produção científica;
- investimentos na formação de recursos de alto nível no país e exterior;
- promoção da cooperação científica internacional.
- indução e fomento da formação inicial e continuada de professores para a educação básica nos formatos presencial e a distância.³¹

Dentre suas resoluções, decretos, deliberações, leis, normas, pareceres e portarias, a coordenação publicou em 2010 o Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020, em dois volumes (BRASIL, 2010a; 2010b). Esses documentos definiam novas diretrizes, estratégias

³¹ Informação disponível em: www.capes.gov.br/historia-e-missao. Acesso em: 16 fev.2015.

e metas para dar continuidade e avançar nas propostas para a política de pós-graduação e pesquisa no Brasil. Já em 2012, a CAPES publicou o livro *Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável – Capes na Rio+20*, no qual apresentava os avanços da pós-graduação brasileira na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, denominada Rio+20, em comemoração aos 60 anos de criação da agência. Nele, buscava identificar recursos, potencialidades e desafios a serem trabalhados conjuntamente na direção de um padrão de desenvolvimento coerente aos ideais de sustentabilidade (BRASIL, 2012), tendo como base informações provenientes dos outros dois documentos, além de incluir textos elaborados por especialistas de reconhecimento internacional e contribuições de consultores e de coordenadores de áreas de avaliação da CAPES. Em função de nosso objeto de pesquisa, nos deteremos agora a destacar aspectos desse último documento.

O texto registra a evolução da PPG brasileira no enfoque do DS e seus marcos históricos, além do quadro atual e os desafios da pós-graduação relacionados aos temas da Rio+20, sendo apresentados aspectos ligados aos importantes instrumentos para a formação dos recursos humanos. Apresenta também um resgate histórico sobre os Planos Nacionais de Pós-graduação (PNPG), já elaborados, e que tiveram como objetivo “capacitar docentes das universidades, avaliar o desempenho do sistema de pós-graduação e o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica, para o atendimento das prioridades nacionais” (BRASIL, 2012, p. 18).

A compilação do primeiro documento (I PNPG 1975-1979) ocorreu em paralelo às discussões promovidas a partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972, o que implicou em uma etapa importante do avanço da discussão da questão ambiental e repercutiu na urgente necessidade de produção e intercâmbio de informações e conhecimento. Isso resultou em uma série de mudanças, como a criação, nos últimos anos, de instrumentos legais e institucionais brasileiros, segundo consta:

O governo estabeleceu instituições e leis, nas quais vêm **incorporando ao discurso político, as preocupações com o desenvolvimento humano e meio ambiente**. Foram criadas e fortalecidas diversas entidades nessa vertente, **cabendo destacar aquelas relativas ao meio ambiente** que congregam órgãos e instituições estaduais do

setor, representados, na sua maioria pelas novas Secretarias de Meio Ambiente de cada Estado da Federação. **Ao lado desse movimento surgem políticas específicas para os demais setores voltados à formação de pessoal e arcabouço institucional que atendessem a essas demandas da sociedade, especialmente na área da educação, ciência e tecnologia** (BRASIL, 2012, p.16, grifo nosso).

Nesse contexto foi elaborado o II PNPG (1982-1985), cujo objetivo central era a formação de recursos humanos qualificados para as atividades docentes, de pesquisa e técnica visando ao atendimento dos setores público e privado. O III PNPG (1986-1989), organizado no mesmo período do I Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), expressava uma tendência vigente à época: a conquista da autonomia nacional. Dentro dessa perspectiva, a ênfase principal desse plano estava no desenvolvimento da pesquisa pela universidade e a integração da pós-graduação ao sistema de ciência e tecnologia, aliado ao setor produtivo nacional. A preocupação com a questão ambiental e a redução das políticas de desenvolvimento regional configuram o foco do III PNPG. O horizonte temporal desse plano coincidiu com a promulgação, em 1988, da atual Constituição Federal do Brasil, o que caracterizou um momento de novos arranjos institucionais com a criação e o fortalecimento de sistemas nacionais, novas diretrizes e princípios que vinculavam, indissociavelmente, educação e ciência, tecnologia e meio ambiente, ratificando o papel da educação nesse processo, além de contemplar também alguns princípios enunciados em 1987, no documento “Nosso Futuro Comum” (BRASIL, 2012).

Já o IV PNPG (1998-2002) não foi promulgado, mas as diretrizes foram adotadas pela CAPES. Definiu-se pela ênfase na expansão do sistema, na diversificação do modelo de pós-graduação, na introdução de mudanças no processo de avaliação e na inserção internacional do Sistema Nacional da Pós-Graduação Nacional (SNPG). O V PNPG (2005-2010), por sua vez, caracterizou-se:

[...] pela introdução do princípio de indução estratégica nas atividades de pós-graduação em associação com as fundações estaduais e os fundos setoriais, pelo aprimoramento do processo de avaliação qualitativa da pós-graduação (conceito de nucleação, revisão do sistema

Qualis/CAPES e introdução do PROEX), pela preocupação com solidariedade entre programas de pós-graduação e seu impacto social; expansão da cooperação internacional; combate às assimetrias; formação de recursos humanos à inovação tecnológica no mundo globalizado e competitivo; e ênfase na formação de docentes para todos os níveis de ensino, como de quadros técnicos, por meio de mestrado profissional para os segmentos público e privado da sociedade (BRASIL, 2012, p.17).

Por meio do V PNPGE empreenderam-se esforços no sentido de subsidiar a formulação e implementação de políticas públicas voltadas às áreas de educação, ciência e tecnologia. A política adotada visou atender às demandas e temas emergentes da sociedade, como garantir a consolidação e a ampliação do SNPEG.

O VI PNPGE (2011-2020), atualmente vigente, segundo a CAPES, inscreve-se no quadro de “janelas de oportunidades”, que se abrem na perspectiva do crescimento e da nova configuração social e econômica do país. Trata-se de um instrumento de ação importante para concatenar o desenvolvimento vivenciado pelo país, aproveitando essas oportunidades também para superar heranças sociais e históricas e contribuir para uma sociedade de bem-estar na perspectiva do DS (BRASIL, 2012), onde:

Planos Nacionais de Pós-Graduação (PNPG), em suas edições, constituíram-se em elementos essenciais na construção, desenvolvimento conceitual e enquadramento da pós-graduação no país. Entendida como subsistema do conjunto do sistema educacional, **a pós-graduação foi contemplada nos diferentes Planos Nacionais por uma direção macro-política com a realização de diagnósticos e estabelecimento de metas e de ações, articulada por amplo sistema de financiamento governamental de ciência, tecnologia e meio ambiente** (BRASIL, 2012, p.19, grifo nosso).

A pós-graduação é entendida como um subsistema do sistema universitário, e este, do sistema educacional. A CAPES comenta que os PNPGE são essenciais na construção, no desenvolvimento conceitual e no

enquadramento da pós-graduação no país, pois realizam diagnósticos e estabelecem metas e ações, articuladas com base em um amplo sistema de financiamento governamental, que abrange a ciência, a tecnologia e o meio ambiente.

O livro ainda apresenta indicadores da produção científica da PPG, relatando a situação atual e desafios da pós-graduação relacionados aos temas da Rio+20 (água, oceanos, emprego, economia verde, inclusão social, energia, cidades sustentáveis, alimentos, segurança alimentar e agricultura sustentável, mudanças climáticas e desastres naturais). Especificamente para a Química, o documento discute a necessidade do aumento de pesquisas que busquem fontes de energia renováveis e processos limpos na área. Esse aspecto reforça a necessidade de se refletir sobre formas mais adequadas para a produção de conhecimentos científicos e tecnológicos que possam reduzir ou eliminar a geração de resíduos e efluentes tóxicos, e que pode ser inserida por meio do movimento da QV (ROLOFF; MARQUES, 2014; MARQUES, MACHADO, 2014; ZUIN; MARQUES, 2015). Em consonância com tal afirmação, Zuin (2013) aponta que a QV tem se tornado cada vez mais presente nos PPG em Química do país.

A publicação do documento sobre a CAPES na Rio+20 (BRASIL, 2012) pode contribuir para o aprofundamento dos debates em círculos especializados (esotérico), envolvendo sujeitos responsáveis pela tomada de decisão, de modo a orientar a dinâmica de desenvolvimento do país na direção da busca pela sustentabilidade. É importante que seu conteúdo perpassasse os indivíduos que constituem o círculo exotérico na PPG, ou seja, aqueles que ainda não discutem a inserção da perspectiva ambiental como suporte ao panorama atual do desenvolvimento científico e tecnológico nacional.

Percebe-se que os documentos oficiais que orientam a educação no país apontam para a importância e a necessidade de se tratar questões, como as ambientais, em todos os níveis de ensino, embora não exista um consenso acerca de um referencial pedagógico teórico-conceitual único para subsidiar as práticas e perspectivas educacionais, quando se considera a produção tecnocientífica e suas inter-relações com as questões ambientais.

No âmbito do ensino da Química, processos para se trabalhar a conscientização, juntamente com a apropriação dos conhecimentos químicos, associados às questões ambientais, podem se dar por meio de propostas de contextualização do ensino. A título de exemplo, a abordagem de questões ambientais pode se dar por meio de temas geradores (FREIRE, 1997; DELIZOICOV, 2008; COELHO;

MARQUES; DELIZOICOV, 2009), ou ainda, ocorrer via ideias do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), quando o enfoque nessas questões tem como intuito desenvolver nos alunos atitudes e valores (SANTOS; SCHNETZLER, 2003; SANTOS; MORTIMER, 2001; SANTOS, 2008). O tratamento/abordagem também pode se dar por meio da experimentação (GONÇALVES, 2009). A incorporação de metodologias voltadas ao estudo de situações sócio-científicas controversas também tem se mostrado atraente em processos educativos que contemplam a perspectiva ambiental (ZUIN, 2008). Nesta pesquisa, ainda que brevemente, discutiremos sobre as perspectivas da Educação Ambiental, da Química Ambiental (já abordada, mas agora com foco sobre seu ensino), e as formas pelas quais a QV pode ser inserida no ensino de Química.

3.1.2 Educação, Desenvolvimento e Sustentabilidade: interlocuções com a Educação Ambiental

As condições gerais da origem dos problemas ambientais no mundo, suas relações com o desenvolvimento econômico/social e com os avanços do conhecimento científico, em resposta às diversas necessidades da humanidade em seu processo de construção e transformação do natural, social, cultural e ético, discutidas nos movimentos ambientalistas, refletiram também no campo educacional, resultando no surgimento da chamada Educação Ambiental (EA).

A EA é parte integrante de um movimento de constituição de alternativas contra-hegemônicas que visam à construção de outras formas na relação sociedade-natureza, e também histórico, ao considerar a questão ambiental no mundo. Não trabalharemos aqui a forma tradicional de uma resenha histórica sobre a gênese desse conceito³², como surge e se transforma ao longo dos anos, já que a intenção é desenvolver um breve panorama das principais propostas de educação baseadas na EA, as quais podem auxiliar na resolução dos novos desafios colocados ao ensino de aspectos ambientais intrinsecamente associados à Química.

É importante destacar a existência de diversas vertentes de EA, com objetivos, ideias, propostas, ideologias e pensamentos distintos. Santos e colaboradores (2012) expressam que as adjetivações da EA

³² Vários trabalhos apresentam e discutem exaustivamente o tema. Importantes leituras sob essa ótica histórica são apontadas por Loureiro (2012, p. 81).

existentes vão surgindo na medida em que se deseja diferenciar processos educativos ambientais que não dariam conta das mudanças necessárias para a melhoria da relação entre o humano e o meio ambiente, caracterizando disputas ideológicas.

Em um de seus trabalhos, Sauv  (2005) cataloga 15 distintas correntes em EA, a saber: naturalistas, conservacionistas, de resolu o de problemas, científicas, sist micas, humanistas, etnográficas, feministas, biorregionais, críticas e de sustentabilidade, por exemplo. Descreve todas e defende que cada uma delas se distingue por características particulares, embora possam ser identificadas algumas zonas de convergência.

Outras são identificadas igualmente por Layrargues (2006), baseado nas proposi es de outros autores: educa o para o DS, educa o para a sustentabilidade, EA problematizadora, ecopedagogia, educa o no processo de gestão ambiental, EA crítica, EA transformadora, e EA emancipatória. Essas três últimas denomina es, particularmente significativas e similares, são apresentadas e discutidas por Loureiro:

- *crítica* - por situar historicamente e no contexto de cada forma o socioecon mica as rela es sociais na natureza e estabelecer como premissa a permanente possibilidade de nega o e supera o das verdades estabelecidas e das condi es existentes, por meio da a o organizada dos grupos sociais e de conhecimentos produzidos na práxis;
- *emancipatória* - ao almejar a autonomia e a liberdade dos agentes sociais pela interven o transformadora das rela es de domina o, opressão e expropria o material;
- *transformadora* - por visar a mais radical mudança societária, do padrão civilizatório, por meio do simultâneo movimento de transforma o subjetiva e das condi es objetivas (LOUREIRO, 2012, p. 88-89).

Destacamos e defendemos essas correntes ligadas   EA, pois, praticando-as como referencial analítico e/ou dialogando com as perspectivas da QAmb e da QV, entendemos que possam proporcionar não somente a aquisi o de conhecimentos técnico-científicos, mas também ser relevantes para a constru o de uma nova racionalidade

ambiental, que possibilite o julgamento de valores e atitudes em relação ao meio ambiente.

Cabe lembrar que há quase dois anos se encerrou a Década das Nações Unidas de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (DEDS) (2005-2014), cujo objetivo era “integrar os valores inerentes ao DS em todos os aspectos da aprendizagem com o intuito de fomentar mudanças de comportamento que permitam criar uma sociedade sustentável e mais justa para todos” (UNESCO, 2005, p. 16). Sendo assim, percebe-se que o DS fundamenta-se na visão de um mundo onde todos tenham a oportunidade de se beneficiar da educação e de aprender os valores, comportamentos e modos de vida exigidos para um futuro sustentável e para uma transformação positiva da sociedade.

Esses fatores corroboram com os princípios norteadores da EA, visto que essa perspectiva tem como foco e experiência as discussões/ações que visam proporcionar mudanças (éticas) atitudinais e comportamentais nos seres humanos. Porém, o documento elaborado pela UNESCO (2005) deixa claro que a educação para o DS não deve ser equiparada à EA, visto que a interpretam como uma disciplina que enfatiza a relação dos homens com o ambiente natural, as formas de conservá-lo, de preservá-lo e de administrar seus recursos adequadamente. Logo, a educação para o DS *engloba* a EA, colocando-a no contexto mais amplo dos fatores socioculturais e das questões sociopolíticas de igualdade, pobreza, democracia e qualidade de vida.

Zuin e Freitas (2007) expõem que, para o Ensino Superior, na Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), é facultada a criação de disciplinas nas áreas voltadas aos aspectos metodológicos da EA, nos cursos de pós-graduação e de extensão. Especificamente à formação inicial de professores, o PNEA ressalta que a dimensão ambiental deve constar nos currículos, em todos os níveis e disciplinas, sendo que, para os professores em atividade, deve haver formação complementar em suas áreas de atuação (ZUIN; FARIAS; FREITAS, 2009). As autoras destacam que o processo mais amplo de institucionalização da EA (iniciado há mais de trinta anos) não se dissocia do movimento de ambientalização curricular, que pode ser definido como um:

processo complexo de formação de profissionais que se comprometam continuamente com o estabelecimento das melhores relações possíveis entre sociedade e natureza, contemplando valores e princípios éticos universalmente reconhecidos, o desafio de sua inserção não se esgota nos espaços

curriculares tradicionais (vulgo disciplinares), mas demanda a totalidade das práticas e políticas acadêmicas de ensino, pesquisa, extensão e gestão, ou seja, os pilares sobre os quais se estrutura a nossa idéia contemporânea de universidade (ZUIN, 2008, p. 6).

Um curso ambientalizado contempla trabalhos por meio de projetos, incorpora aspectos relacionados à contextualização, promove novas maneiras de refletir e agir coletivamente, além de dar maior flexibilidade ao currículo, embora ainda seja um processo incipiente nas universidades brasileiras, uma vez que depende “de mudanças efetivas nas estruturas institucionais que permitam o questionamento, a revisão e o desenvolvimento de abordagens epistemológicas, metodológicas, éticas e políticas mais adequadas à dimensão dos desafios colocados pela problemática ambiental” (ZUIN; FARIAS; FREITAS, 2009, p. 7).

Corroborando com o exposto, é preciso considerar que a EA mantém uma estreita relação com o ensino de Química, por oportunizar a compreensão de conhecimentos científicos e relacioná-los aos valores, atitudes, procedimentos e comportamentos dos educandos quanto às questões ambientais. E isso pode contribuir para a construção do conhecimento nas discussões, a fim de superar as nefastas consequências da degradação socioambiental.

Trabalhar com a perspectiva da EA, no ensino de Química, pode também asseverar a superação da característica antropocêntrica das ações humanas e de visões reducionistas de meio ambiente (ROLOFF, 2011). Ao incorporar metodologias, teorias e práticas estruturadas a partir das relações de interações entre os conjuntos dos fenômenos naturais e antrópicos, pode gerar compreensões superadoras do simplismo reducionista inerente ao pensamento dualista.

Zuin e Marques (2014) entendem que os aportes da EA podem fazer com que a Química evolua para a perspectiva da QV, convergindo-a ao campo social, especialmente da educação. Isso reforçaria uma perspectiva da educação CTS distanciada da racionalidade instrumental ou técnica, de origem na filosofia positivista.

O trabalho concomitante entre essas perspectivas (EA e QV) pode favorecer a problematização e a superação de visões simplistas e acríticas de entendimentos sobre o tratamento da problemática ambiental no ensino como, por exemplo, as três posturas apresentadas por Loureiro (2002), presentes em parte significativa dos ambientalistas e educadores no tratamento dessa temática: i) o naturalismo – os

problemas são abordados ignorando as relações sociais e a relação indivíduo-natureza, enquanto a ação humana é definida como antrópica e interpretada a partir dos parâmetros das ciências biológicas; ii) o tecnicismo – as soluções técnicas e de manejo e gestão de recursos naturais são apontadas como capazes de resolver dilemas atuais; e iii) o romantismo ingênuo – defendido por aqueles que buscam ser política e ecologicamente corretos, mas desconsideram a própria dinâmica da natureza e a inevitável ação humana sobre ela (nessa corrente poderíamos enquadrar os preservacionistas e conservacionistas).

Desta maneira, a EA tem o importante papel de fomentar a percepção da necessária integração do ser humano com o meio ambiente, no que se refere ao ensino de Química, não devendo se restringir a estudos de problemas ambientais, como o aquecimento global e a chuva ácida, por exemplo (ABREU; CAMPOS; AGUILAR, 2008), pois se assim o for, pode se reduzir a assuntos da Química **no** ambiente, relacionados a uma visão reducionista de meio ambiente, que pouco favorece a formação de compreensões e atitudes globais das questões ambientais, por desconsiderar os aspectos econômicos e sociais a elas relacionados (LEAL, 2002; PEREIRA *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2010).

Embora se reconheça sua necessidade, sabe-se que a incorporação da perspectiva ambiental nos espaços e currículos educacionais não se configura em ações simples, de modo que são indispensáveis novas perspectivas políticas, metodológicas e também epistemológicas para que seja garantida sua inserção em todos os níveis de ensino (MARQUES *et al.*, 2007; ZUIN, 2008; ZUIN; FARIAS; FREITAS, 2009). E assim sendo, julgamos que as questões ambientais não devem ser vistas e empregadas como enxertos disciplinares, mas abordadas de forma transversal. Como os conhecimentos científicos precisam fazer parte de uma visão globalizante de mundo, acreditamos que, além da EA, a Química Ambiental e a Química Verde são propostas que podem contribuir na abordagem dos temas ambientais, favorecendo a compreensão da problemática que os envolve e suas relações com a Química. E sobre isso discorreremos a seguir.

3.1.3 Situando a dimensão ambiental no ensino de Química: possibilidades da sinergia entre Química Ambiental e Química Verde

A formação de indivíduos aptos a tomar decisões sobre implicações socioambientais, com posicionamento crítico e capaz de estabelecer relações entre as diferentes dimensões (sociais, tecnológicas e científicas), pode, de algum modo, ser garantida por meio do aprendizado e da utilização de um corpo de conhecimentos e práticas, tanto da QAmb quanto da QV.

A QAmb, como já sinalizado, procura o desenvolvimento de procedimentos, técnicas e ferramentas para a detecção e saneamento de resíduos tóxicos emitidos no meio ambiente, identificando as causas e os problemas ambientais derivados dos processos químicos e suas tecnologias, criando, assim, ferramentas para o tratamento, na tentativa de remediar tais problemas (LEAL, 2002; MOZETO; JARDIM, 2002).

De acordo com Mozeto e Jardim (2002), a QAmb é reconhecida como o maior e mais natural exemplo da intermultidisciplinaridade da Química, destacando que os projetos de pesquisa na área de concentração (quer no ensino quer na avaliação da QAmb) não devem adotar uma abordagem reducionista. Os autores têm uma percepção de QAmb enquanto uma disciplina específica, que tem como objetivo os ecossistemas, seus compartimentos abióticos e bióticos. Todavia, ressaltam que todas “as questões abordadas que digam respeito a processos naturais e/ou afetados por ações antrópicas, quer da atmosfera, hidrosfera e geosfera/pedósfera, têm de ser tratadas de forma holística ou integrada” (MOZETO; JARDIM, 2002, p. 8).

Cortes Junior e Fernandez (2007) também entendem que a QAmb tem um caráter inter e multidisciplinar (dado que interage com a biologia, a geologia e a física), e uma dimensão socioeconômica, estruturada na interligação entre os conhecimentos químicos e a busca de uma complementaridade em outras áreas, visando ao entendimento da complexidade da questão ambiental, presente no universo da ciência e no senso comum da sociedade.

Quanto ao ensino de Química tendo como elemento configurador os conhecimentos da Química Ambiental, este permite:

trabalhar os conhecimentos químicos, permitindo que o aluno reconheça e compreenda as interações e transformações que ocorrem no meio ambiente, mantendo a atenção permanente à formação de

valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a preservação, a identificação e a solução de problemas ambientais, sociais, culturais e éticos, exige um novo olhar acerca da química, um novo tratamento desse conhecimento e de sua abordagem no ensino (CORTES JUNIOR; FERNANDEZ, 2012, p. 4).

Os autores compreendem que a QAmb se apresenta como uma proposta que pode estabelecer um novo paradigma no ensino de Química, de modo a incluir esse campo de conhecimento na formação humanística do cidadão, contribuindo para a educação ambiental e a conscientização holística e integrada da relação homem/natureza. Ao mesmo tempo, justificam a necessidade de os sujeitos precisarem ter conhecimentos sobre QAmb (mesmo que uma noção básica), pois não deriva exclusivamente dos químicos ou da indústria química a responsabilidade pela qualidade ambiental, já que todos estamos envolvidos com tomadas de decisão que envolvem a temática ambiental (CORTES JUNIOR; FERNANDEZ, 2007).

A própria Divisão de Ensino da SBQ, reconhecendo a necessidade de produzir materiais com temas atuais da Química, lançou uma série de cadernos temáticos no periódico *Química Nova na Escola*³³ para suprir a falta de material didático no país. Dos cinco temas escolhidos, um dos volumes foi dedicado à Química Ambiental, o qual, segundo Mozeto e Jardim (2002), alcançou um sucesso sem precedentes por trazer uma linguagem bastante simples e bem fundamentada sob o ponto de vista científico. Mesmo que isso reflita na importância da abordagem da QAmb no ensino da Química, é preciso levar em consideração que a inserção da dimensão ambiental no campo da educação tem se constituído em um grande desafio. As dificuldades encontradas pelos professores de Química na incorporação de metodologias que contemplem a perspectiva ambiental podem derivar de seus processos formativos (VAZ DE MELO, 2007; ABREU; CAMPOS; AGUILAR, 2008).

Para fomentar uma outra leitura da dimensão ambiental, no ensino da Química, a já citada perspectiva da QV surge como uma possibilidade que pode ser empregada em todos os níveis de ensino.

³³ Para conhecer os sete cadernos publicados, acessar: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/>.

De modo simplificado, podemos dizer que a QV, a partir de seus princípios, incentiva, desenvolve e aplica técnicas e metodologias químicas que visam reduzir e, preferencialmente, eliminar a produção de resíduos nas sínteses. Objetiva evitar o uso de solventes e reagentes tóxicos, além da geração de produtos ou subprodutos que sejam nocivos à saúde humana e ao ambiente. A QV pode, então, ser interpretada como a busca por um modelo de desenvolvimento em direção à SA (MACHADO, 2004), e como sua inserção prática pode proporcionar uma reflexão sobre a importância da ética ambiental na ciência química, há quem defenda a necessidade de sua abordagem no ensino da Química (ZUIN, 2008; ROLOFF, 2011; MARQUES, 2012; ZUIN, 2011; ALTAVA; BURGUETE; LUIS, 2013; HILL; KUMAR; VERMA, 2013; GÓES *et al.*, 2013; MARQUES *et al.*, 2013; SERRANO; RUVALCABA, 2013; MANSILLA; MUSCIA; UGLIAROLO, 2014; MARQUES; MACHADO, 2015; ZUIN, MARQUES, 2014; 2015).

Hill, Kumar e Verma (2013), ao mesmo tempo que discutem a educação enquanto uma ferramenta para a apreensão de conceitos químicos sustentáveis, percebem que são necessárias mudanças no ensino, de modo que seja possível abordar temas sociais relevantes (como a degradação ambiental e a fome, por exemplo) de forma interdisciplinar, considerando o papel da Química, defendendo a importância da educação científica para desvelar os problemas ambientais e da QV como alternativa para o desenvolvimento da SA. Para tanto, reconhecem que os princípios orientadores da QV oferecem desafios significativos para o ensino de Química, uma vez que a mentalidade de estudantes e pesquisadores têm de ser alterada para pensar em termos da SA, afinal, termos e conceitos como economia de átomos, redução de resíduos, tóxico *versus* benigno, eficiência energética, matérias-primas renováveis, controle de qualidade e gestão da segurança, tradicionalmente não foram incluídos na educação Química (HILL; KUMAR; VERMA, 2013).

Considerando os princípios que regem a QV, nas diferentes áreas que permitem sua aplicação (já que a QV é um passo em direção à sustentabilidade), onde os produtos e processos procuram equilíbrio ambiental socialmente viável, economicamente rentável, energeticamente desejável e eticamente aceitável, seu ensino torna-se um empreendimento em expansão, abrangendo várias regiões do mundo (SERRANO; RUVALCABA, 2013).

Eilks e Rauch (2012), ao falar sobre os desafios de um desenvolvimento mais sustentável, destacam igualmente o papel e as contribuições do ensino de Química, especificamente pelo viés da QV.

Para eles, esses aportes devem fazer parte não apenas da formação inicial dos químicos, mas também serem abordados na escolarização básica.

Em consonância com essa afirmação, Burmeister e Eilks (2012) descrevem o desenvolvimento e a avaliação de um plano de aula de Química para o Ensino Médio, cujo tema era a Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) a partir de três exemplos. As situações de estudo usam questões ambientais como um contexto para o ensino de Química, ao passo que utilizam o debate sobre o plástico como uma questão sócio-científica. Os autores revelam que o plano de aula tem potencial para contribuir com níveis mais elevados de motivação por parte dos alunos e para a compreensão da EDS. Isso porque a indústria química está no cerne de toda a sociedade industrializada, apontando para uma química mais verde a fim de atingir uma produção mais sustentável. Desta forma, portanto, a educação química exerce um papel de destaque na EDS (BURMEISTER; EILKS, 2012).

No que tange à formação inicial de professores de Química, Karpudewan, Ismail e Roth (2012b) discutem em seu artigo os resultados de uma pesquisa realizada com licenciandos em Química, de uma universidade da Malásia, cujo objetivo era demonstrar que um curso contendo atividades laboratoriais de QV pode modificar os comportamentos pró-ambientais de pessoas (por exemplo, o despejo de resíduos tóxicos e a falta de reciclagem — que não é uma atitude QV). A pesquisa foi realizada com um grupo de 140 professores (que desenvolveram as atividades laboratoriais QV) e outros 123 no grupo controle (que desenvolveram as atividades com a “química tradicional”). Questionários pré-teste e pós-teste foram aplicados para mensurar os motivos que levavam os estudantes a terem comportamentos pró-ambientais. Foram selecionados também alguns sujeitos para a entrevista pré e pós-teste. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que a inserção da QV no currículo de curso para a formação de professores de Química mostrou-se eficiente para modificar os valores dos estudantes de modo a desencadear comportamentos pró-ambientais. É preciso destacar que o comportamento pró-ambiental, desejado pelos autores, volta-se a uma educação ambiental conservadora, pois se preocupa apenas com ações de conservação do meio ambiente, sem se focar em aspectos socioculturais.

Altava, Burguete e Luis (2013) também ressaltam que a educação é um aspecto fundamental da QV. Em seu artigo, apresentam a

experiência de um grupo de pesquisadores (composto por sujeitos de diferentes universidades espanholas, centros de pesquisa e outras instituições) que, convencido da importância crescente do campo da QV, começa a trabalhar em conjunto, criando a chamada Rede Espanhola de Química Sustentável (na última década do século XX, ou seja, no período em que a QV é criada), que busca regulamentar a inclusão dos conceitos da QV nos currículos de Química da graduação e pós-graduação. No entanto, no mesmo artigo, os autores concentram-se em apresentar a implementação do programa interuniversidades de pós-graduação (mestrado e doutorado) em Química Sustentável, destacando ser um processo complexo (em função do formato, por envolver distintas IES) e apresentando a organização e a estrutura do programa. Falam do sucesso e interesse de expansão do programa não apenas na Europa, avaliando a possibilidade da cooperação de países norteafricanos (Argélia e Marrocos) e latino-americanos (Peru e Cuba).

Como cada vez mais os químicos estão conhecendo, e até adotando, a QV em suas práticas (ZUIN, 2013), e é importante que recebam uma educação em QV, principalmente os mais jovens e em processo de formação. Porém, para a adoção de práticas e métodos QV no meio acadêmico, é necessário que os profissionais recebam, já na educação formal, informações e conhecimentos sobre essa filosofia (MANSILLA; MUSCIA; UGLIAROLO, 2014). Logo, os educadores devem adquirir conhecimentos para integrar a QV ao currículo. Baseados em Anastas e Kirchhoff (2002), os autores definem passos importantes a serem tomados para promover os pilares dessa nova perspectiva no currículo:

- O reconhecimento sistemático de perigo/toxicidade como uma propriedade física/química da estrutura molecular que pode ser projetada e manipulada.
- O desenvolvimento e a utilização de experimentos práticos para demonstrar os princípios da Química Verde.
- A incorporação de equações balanceadas nos livros de química orgânica, em conjunto com a utilização do conceito de “economia atômica”.
- A introdução dos conceitos básicos de toxicologia química.
- A incorporação de questões da química verde nos exames de certificação profissional.

- Disponibilizar para os professores materiais de referência para a incorporação da química verde nos cursos existentes.
- Educar os legisladores e educadores sobre os benefícios da Química Verde. (MANSILLA; MUSCIA; UGLIAROLO, 2014, p. 57, tradução nossa).

Cumprido destacar que os autores ressaltam que não é necessário propor um curso dedicado à QV, mas que sua implantação deve perpassar transversalmente todas as áreas da Química, como já salientado, mesmo se referindo a atividades de laboratório de química orgânica.

Goes e colaboradores (2013) trazem uma interessante discussão acerca do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK³⁴) em QV, de professores do Instituto de Química de uma universidade do país, que atuam em disciplinas dos cursos de graduação em Química, Química Ambiental, Química Industrial e Licenciatura em Química. Além das concepções e propósitos identificados de ensinar a QV, baseados no trabalho de Burmeister, Rauch e Eilks (2012), descrevem três modelos básicos para a implementação de aspectos associados ao DS no ensino da Química:

Modelo 1. Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais: tal abordagem envolve a transformação dos tradicionais experimentos em experimentos orientados de acordo com os princípios da QV. Esse modelo pode ajudar a evidenciar como a pesquisa em química e as indústrias químicas podem buscar a minimização do uso de recursos materiais e energéticos, a diminuição da geração de resíduos, e a proteção do ambiente de maneira geral. Nessa abordagem a ênfase não recai de maneira significativa sobre aspectos mais controversos a respeito de decisões sobre tecnologias alternativas, ou sobre a complexa interligação entre ciência, tecnologia e sociedade.

³⁴ PCK refere-se ao termo *pedagogical content knowledge*, um construto introduzido por Shulman (1986, 1987) para descrever o conhecimento que distingue um professor de um especialista da matéria.

Modelo 2. *Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química*: nesse modelo, os princípios de química que embasam as estratégias usadas para contribuir ao desenvolvimento sustentável e à QV, bem como suas aplicações industriais, são trabalhados como conteúdos específicos no currículo. Um ponto importante nessa abordagem é o seu potencial de evidenciar os princípios fundamentais de química envolvidos em processos e produtos utilizados no dia a dia, tornando-os mais significativos (Pilot e Bulte, 2006).

Modelo 3. *Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos*: esse modelo busca abordar conteúdos de química através do uso de questões sócio-científicas no contexto de debates sociais controversos. Tem seu foco principal na abordagem de como os desenvolvimentos da química podem ser avaliados na sociedade considerando-se as diversas dimensões da sustentabilidade, ou seja, busca a compreensão de como a química é relacionada com a sociedade, economia e ambiente. Tal abordagem tem uma significativa orientação ao desenvolvimento de habilidades com foco em EDS (GOES *et al.*, 2013, p. 115).

Esses modelos refletem possibilidades pedagógicas para o ensino da QV e podem estar presentes nas T&D, propriamente, o *corpus* de investigação desta tese³⁵, refletindo, de certo modo, na constituição de um estilo de pensamento sobre a QV na comunidade epistêmica (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014) dos químicos verdes.

Dentre as considerações apresentadas na pesquisa realizada por Goes e colaboradores (2013) quanto ao PCK de QV, destacamos um dos resultados: os professores atribuem maior importância à abordagem da QV nos cursos de Química Ambiental e Industrial, e **menor nos cursos de Licenciatura** e Bacharelado. Em termos gerais, os resultados sugerem que os aspectos relacionados ao modelo 3 (aspectos sócio-

³⁵ Essas categorias foram adaptadas e empregadas no processo de análise das T&D, conforme será apresentado no próximo capítulo.

científicos) assumem maior ênfase para a formação do pesquisador e professor.

É possível perceber que a utilização do corpo de conhecimentos e práticas tanto da QAmb quanto da QV para a abordagem de questões ambientais pode, de algum modo, garantir que os químicos recebam um conjunto de conhecimento sobre processos químicos que ocorrem no meio ambiente, sejam naturais ou não, ou então, na forma de remediação ou prevenção.

Quando associados os conhecimentos proporcionados pela QAmb — já que esta tem como foco principal o estudo das partes que constituem o meio natural e a avaliação dos impactos ambientais causados por ações antrópicas — aos estudos, pesquisas, produtos e princípios da QV, acreditamos que isso se constitua em um modelo que tem avançado na organização e na prática curricular-pedagógica dos cursos de Química, ainda que lentamente (ROLOFF, 2011). Em outras palavras, através de diferentes aportes teórico-práticos, tem se buscado dar um novo direcionamento às atividades químicas.

É possível perceber que apenas o estudo a partir das partes que constituem o meio natural e a avaliação dos impactos ambientais causados por ações antrópicas não são suficientes. É preciso ir além, pois a Química, como disciplina científica e associada à produção de conhecimentos (com um enorme potencial para o cuidado ambiental, pela produção e uso de novas formas de energia e de materiais, por exemplo), pode proporcionar entendimentos e práticas químicas mais sustentáveis. Desta maneira, faz-se necessário que seja reconhecida a importância global desse novo ramo da Química, favorecendo repensar o quê, porque e como ensinar química, em uma base mais sustentável.

Mesmo cientes da existência de limitações/dificuldades para a inserção da QV (das produções derivadas de seus doze princípios) no ensino de Química, e de uma formação que possibilite o tratamento adequado de temas ligados à Química Verde (ZUIN, 2013), uma vez que suas produções estão ainda pouco presentes no seio da Química e na formação inicial dos químicos (MARQUES *et al.*, 2013) — onde a difusão dos conceitos da QV (no Brasil) no meio acadêmico, industrial e governamental começou há pouco mais de cinco anos — (CORREA; ZUIN; 2009), mesmo assim, entendemos que ela já está contribuindo na formação de profissionais da química mais críticos³⁶ quanto às

³⁶ Por formação de sujeitos críticos, compreendemos aquela que aponta para a “tomada de consciência” dos conflitos e contradições existentes nas relações entre os seres humanos e a natureza, e logo, deles entre si, com vistas à

preocupações ambientais, sendo isso um reflexo ou consequência da influência da circulação de ideias acerca da Química Verde nas publicações da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Analisaremos essas produções e sua circulação entre os químicos para, na sequência, analisarmos sua influência nos estudos que vêm sendo produzidos no âmbito da pós-graduação.

3.2 A QUÍMICA VERDE E AS PREOCUPAÇÕES COM O SEU ENSINO: ANÁLISE DE PRODUÇÕES ACADÊMICAS DA SBQ

Diante do aumento da preocupação dos químicos com o meio ambiente e após duas décadas de criação da QV, percebe-se que há um crescimento constante no número de estudos, em vários periódicos, que tem apresentado resultados de pesquisas e, em alguns casos, relatos de atividades de formação e de ensino, em muitas áreas da Química, como aponta a pesquisa de Sousa-Aguiar e colaboradores (2014). Sanseverino (2000) comenta que terminologias como tecnologia limpa, processo limpo, síntese limpa e Química Verde têm sido frequentes na literatura, demonstrando uma nova conduta química para o aprimoramento de processos a fim de reduzir a geração de resíduos e os efluentes tóxicos. Mas, como salientam Marques e colaboradores (2013), embora esse crescimento e essa nova conduta sejam em parte positivas, propostas acerca do ensino de QV ainda são pouco presentes na formação inicial dos químicos.

No intuito de compreender como ocorre a circulação de ideias, resultados de pesquisa, experiências de ensino e de textos para difusão da QV, no âmbito nacional, e utilizando os mesmos critérios e descritores para a seleção das T&D, buscamos identificar os trabalhos publicados no âmbito da SBQ nos últimos 12 anos (2002 a 2014) referenciados na QV. As plataformas virtuais, disponibilizadas pela SBQ, foram utilizadas para o levantamento das publicações nas Reuniões Anuais da SBQ (RASBQ) e em quatro periódicos: *Química Nova* (QN), *Química Nova na Escola* (QNEsc), *Revista Virtual de Química* (RVq) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS).

transformação dessas mesmas relações em direção à equidade social e à busca pela sustentabilidade ambiental.

Essa escolha se deu pelo fato de a SBQ constituir-se como a principal sociedade de Química do país³⁷ – especialmente no âmbito da aglutinação da comunidade química acadêmica – visto que objetiva “o desenvolvimento e consolidação da comunidade química brasileira, a divulgação da Química e de suas importantes relações, aplicações e consequências para o desenvolvimento do país e para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos”³⁸. Além disso, destacamos a facilidade para a identificação e localização dos documentos publicados nesses veículos de divulgação, em função da *PubliSBQ*, um portal específico que inclui um mecanismo de indexação e busca das publicações da SBQ.

Zuin e Marques (2015) comentam que, no Brasil, as produções voltadas à QV e suas implicações para a Sustentabilidade, a SA, o DS e o ensino da QV têm crescido de maneira significativa, as quais destacam que um dos principais espaços de divulgação tem sido, propriamente, a SBQ, através de sua Reunião Anual e suas quatro revistas científicas. Neste sentido, é preciso levar em conta que essa produção tem o papel de comunicação científica e formação científica, resultante da circulação de conhecimentos, especialmente entre os pares (de químicos e educadores químicos), presentes, justamente, nesses periódicos e anais.

Na Tabela 7 e no Gráfico 4 consta a distribuição/publicação dos trabalhos de pesquisa e/ou relatos de experiências envolvendo a QV, ao longo dos anos, em cada um dos veículos pesquisados, por nós identificados.

³⁷ Essa opção não significa que desconsideramos ou que não reconhecemos o papel da Associação Brasileira de Química (ABQ) na divulgação, promoção de discussões e ações estratégicas para a difusão da Química no âmbito nacional e internacional.

³⁸ Essa definição foi extraída do próprio sítio eletrônico da Sociedade Brasileira de Química, e encontra-se disponível em: www.sbq.org.br. Acesso em: 13 fev. 2015.

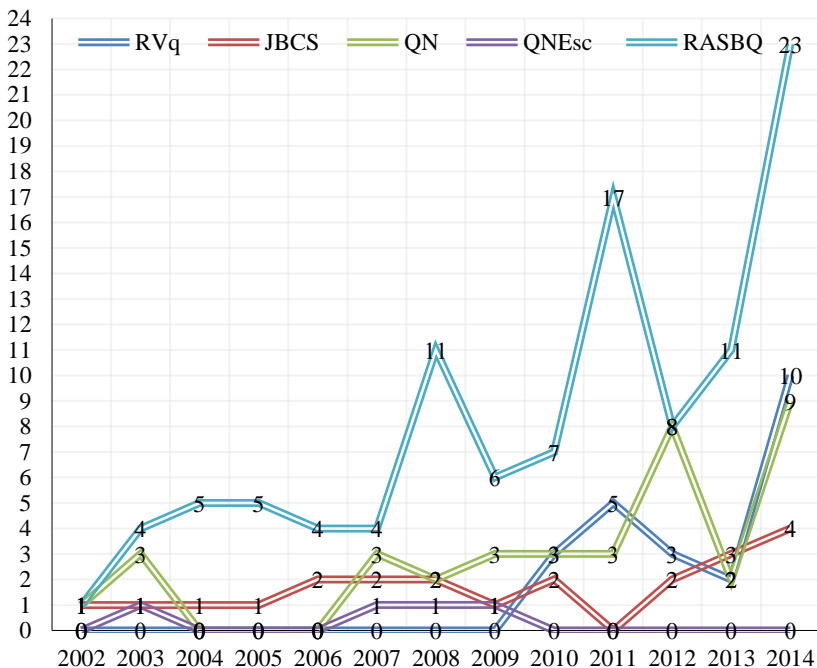
Tabela 7: Número de publicações QV anuais nos veículos da SBQ

ANO	RVq	JBCS	QN	QNEsc	RASBQ
2002	---	01	01	---	01
2003	---	01	03	01	04
2004	---	01	---	---	05
2005	---	01	02	---	05
2006	---	02	---	---	04
2007	---	02	03	01	04
2008	---	02	02	01	11
2009	---	01	03	01	06
2010	03	02	03	---	07
2011	05	---	03	---	17
2012	03	02	08	---	08
2013	02	03	02	---	11
2014	10	04	09	---	23*
TOTAL	23	22	38	04	106

Nota: *Revista Virtual da Química (RVq)*, *Journal of the Brazilian Chemical Society (JBCS)*, *Química Nova (QN)*, *Química Nova na Escola (QNEsc)*, e a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ). *Esta foi a primeira reunião que contou com uma seção exclusiva para trabalhos sobre QV, embora nem todos tenham empregado o termo de busca no título e/ou palavras-chave.³⁹

Para a sua melhor visualização, esses dados seguem dispostos na forma de um gráfico.

³⁹ Sobre os trabalhos apresentados na seção Química Verde, da 37^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, conferir: DIAS, E. D. S.; MARQUES, C. A. Produções científicas sobre Química Verde e seu ensino nas RASBQ. In: *Anais... XVII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química*, 2014. v. 1, p. 3505.

Gráfico 4: Distribuição anual de publicações QV na SBQ (2002-2014)

Percebe-se que as publicações em Química Verde, ao longo do tempo, têm crescido significativamente, principalmente nas RASBQ, muito embora os periódicos QN e RVq demonstrem evolução no número de publicações, principalmente a partir da primeira década do século XXI. Em 2002, o JBCS e a QN já haviam publicado artigos que continham os termos Química Verde e/ou *Green Chemistry*, além uma pesquisa apresentada na RASBQ.

A partir da leitura de todos esses trabalhos, foi possível realizar uma classificação de acordo com o foco de cada um deles. Na Tabela 8, apresenta-se uma síntese das produções de pesquisadores brasileiros nessas revistas e nas RASBQ, entre 2002 e 2014 (primeiro semestre), caracterizadas como publicações *em* e *sobre* Química Verde.

Tabela 8: Síntese da distribuição das produções autodenominadas QV na SBQ, entre 2002 e 2014, segundo o veículo de divulgação e foco

Veículo de divulgação	Nº de produções	FOCO											
		Conteúdos disciplinares										Currículo (Formação e ensino)	
		ORG	INO	CAT	ANA	AMB	INTEGRADORA	INTRODUTÓRIA	DISC .EXP	FIS	QMT	PROFESSOR	QUÍMICO
RVq	23	17	-	04	-	-	-	-	-	01	-	01	-
JBCS	22	10	-	07	04	-	-	-	-	01	-	-	-
QN	38	10	01	05	08	01	-	-	-	-	-	03	10
QNEsc	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	03	01
RASBQ	106	50	01	16	17	02	03	03	01	01	01	-	11
Total	193	87	02	32	29	03	03	03	01	03	01	07	22

Nota: AMB (Química Ambiental); ANA (Química Analítica); CAT (Catálise); FIS (Físico-Química); QMT (Química dos Materiais); INO (Química Inorgânica); ORG (Química Orgânica). Vale destacar que esses dados já foram publicados por Zuin e Marques (2014, 2015) em capítulos de livros (um inglês e em alemão), e aqui no Brasil, em um artigo na *Revista Brasileira de Ensino de Química* (ReBEQ) (ZUIN *et al.*, 2015) e uma comunicação oral no XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (ROLOFF; DIAS; MARQUES, 2016).

Observa-se que o número de produções dirigidas à formação dos químicos (bacharéis e licenciados) e ao ensino da QV (coluna currículo) é relativamente pequeno, correspondendo a aproximadamente 15% quando comparado ao total de produções. Merece igualmente destaque a quantidade significativa de produções nas RASBQ (cerca de 55%), que tem como marca se constituir como um espaço de divulgação para os jovens em iniciação científica, embora haja a apresentação de estudos mais consolidados sobre a temática, produzidos por diferentes pesquisadores convidados a divulgá-los. Por fim, o grande número de produções em QV na área da Química Orgânica, Química Analítica e Catálise (aproximadamente 77%), algo que não se diferencia do que tem

sido evidenciado na literatura internacional (CORREA *et al.*, 2013; MARQUES *et al.*, 2013).

Debruçamo-nos sobre aqueles trabalhos elencados na Tabela 8, classificados como de natureza curricular, voltados à formação do químico e dos professores de Química, e que totalizam 29 publicações. Vale destacar que os estudos publicados nas RASBQ oferecem certa dificuldade de análise, uma vez que dispõem apenas dos resumos.

Um importante aspecto que surgiu da análise foi a identificação do tipo ou característica do problema que deu origem a cada trabalho — nossa primeira categoria, expressa no Quadro 1 (Cap. 1.). Essa identificação, recordamos, foi efetuada a partir da leitura dos textos, na íntegra. Na Figura 5, descrevemos, sinteticamente, os aspectos de conteúdo para cada uma das seis subcategorias que constituem essa categoria, a saber: “*Curricular*”, “*Estratégias*”, “*Atividades laboratoriais*”, “*Vínculo com outros aspectos*”, “*Materiais para uso no ensino*” e “*Outra característica*”.

Figura 5: Síntese explicativa da categoria 1



Fonte: Da autora. Esta categoria foi elaborada a partir do Quadro 1 (Cap. 1).

Aqui, os trabalhos que trazem exemplos (retirados da literatura) para aplicações dos princípios da QV foram classificados como de *estratégia* para o trabalho com a QV, enquanto que as publicações que empregam algum do(s) doze princípios da Química Verde, mas que trazem sínteses, experimentos e/ou análises realizadas por seus próprios autores, foram categorizadas como *atividades laboratoriais*.

Assim, nos Quadros 6 e 7 apresenta-se a distribuição dos trabalhos analisados, realizada segundo as subcategorias apresentadas na Figura 5.

Quadro 6: A circulação (intra-coletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos químicos*

(continua)

Círculo Esotérico - Formação do Químico
<p>“Green Chemistry” – Os 12 Princípios da Química Verde e Sua Inserção nas Atividades de Ensino e Pesquisa, QN, 26 (1), 123-129, 2003.</p> <p>Estratégia</p>
<p>Desenvolvimento Sustentável e Química Verde QN, 28 (1), 103-110, 2005.</p> <p>Estratégia</p>
<p>Recursos Humanos Para Novos Cenários, QN, 32 (3), 567-570, 2009.</p> <p>Curricular</p>
<p>Uma Métrica Gráfica para Avaliação Holística da Verdura de Reações Laboratoriais – “Estrela Verde”, QN, 33 (3), 759-764, 2010.</p> <p>Materiais para uso no ensino</p>
<p>Da Gênese ao Ensino da Química Verde, QN, 34 (3), 535-543, 2011.</p> <p>Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade</p>
<p>Vinte Anos de Química Verde: Conquistas e Desafios, QN, 34 (6), 1089-1093, 2011.</p> <p>Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade</p>
<p>Dos Primeiros aos Segundos Doze Princípios da Química Verde, QN, 35 (6), 1250-1259, 2012.</p> <p>Materiais para uso no ensino</p>
<p>Novas Métricas Holísticas para Avaliação da Verdura de Reações de Síntese em Laboratório, QN, 35 (9), 1879-1883, 2012.</p> <p>Materiais para uso no ensino</p>
<p>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, QN, 36 (1), 190-194, 2013.</p> <p>Atividade laboratorial</p>
<p>Sustentabilidade Ambiental: Um Estudo com Pesquisadores Químicos no Brasil, QN, 36 (6), 914-920, 2013.</p> <p>Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade Ambiental, Sustentabilidade</p>
<p>As representações sociais de Química Ambiental dos alunos iniciantes na graduação em Química, QNEsc, 31 (1), 46-54, 2009</p> <p>Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade, Educação Ambiental, Química Ambiental</p>
<p>Um Projeto de Divulgação da Química Verde no Brasil, 30ª RASBQ</p> <p>Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável</p>
<p>Vegetais como Reagentes Químicos: Uma Proposta Experimental Baseada na Química Verde, 32ª RASBQ</p> <p>Atividade laboratorial</p>

Quadro 6: A circulação (intra-coletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos químicos*

(conclusão)

<p>Perspectivas da disciplina Introdução à Química Verde e Química Sustentável, 32^a RASBQ Vínculo com: Sustentabilidade Ambiental, Química Sustentável</p>
<p>Mapeamento do Entendimento de Conceitos de Química Verde nos Estratos Acadêmicos da Universidade Federal do ABC, 34^a RASBQ Vínculo com: Sustentabilidade</p>
<p>A Química Verde inserida nos experimentos didáticos de química, 35^a RASBQ Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável</p>
<p>Propostas de Química Experimental Baseadas na Química Verde, 35^a RASBQ Atividade laboratorial</p>
<p>Resolução enzimática empregando-se cenoura: uma proposta de experimento para disciplina de Química Orgânica Verde, 35^a RASBQ Atividade laboratorial</p>
<p>Análise da verdura química em atividades experimentais de disciplinas de graduação em Química da UFSC, 37^a RASBQ Materiais para uso no ensino</p>
<p>Atualização da Estrela Verde para o sistema GHS: reconstruindo uma métrica ambiental holística, 37^a RASBQ Materiais para uso no ensino</p>
<p>Construindo Bases Teóricas para uma Educação Química Verde, 37^a RASBQ Curricular</p>
<p>Contribuições do ensino da Biotecnologia para a Química na perspectiva da Química Verde, 37^a RASBQ Vínculo com: Biotecnologia</p>

*Elaborado a partir das categorias e subcategorias do Quadro 1.

Quadro 7: A circulação (inter-coletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos professores de Química*

(continua)

Círculo Exotérico - Formação do Professor de Química
<p>Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: Relato de uma Experiência Didática para Além do Laboratório de Ensino, RVq, 6 (1), 73-84, 2014. Estratégia</p>
<p>Química Verde, os Desafios da Química do Novo Milênio, QN, 26 (5), 738-744, 2003. Curricular</p>
<p>Visões de Meio Ambiente e suas Implicações Pedagógicas no Ensino de Química na Escola Média., QN, 30 (8), 2043-2052, 2007. Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade Ambiental, Química Sustentável, Educação Ambiental</p>
<p>Questões Ambientais na Voz dos Formadores de Professores de Química em Disciplinas de Cunho Ambiental, QN, 37 (3), 549-555, 2014. Curricular</p>

Quadro 7: A circulação (intercoletiva) de ideias nos trabalhos voltados à formação dos professores de Química*

(conclusão)

<p>Química a Serviço da Humanidade, QNEsc, Caderno Temático 5, 3-6, 2001. Vínculo com: Desenvolvimento Sustentável, Sustentabilidade Ambiental, Química Ambiental</p>
<p>A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: Um Estudo com Professores de Química, QNEsc, 25, 14-19, 2007. Vínculo com: Temas sociais, Problematização, Contextualização</p>
<p>O Conhecimento Químico e a Questão Ambiental na Formação Docente, QNEsc, 29, 30-33, 2008. Curricular</p>

*Elaborado a partir das categorias e subcategorias do Quadro 1.

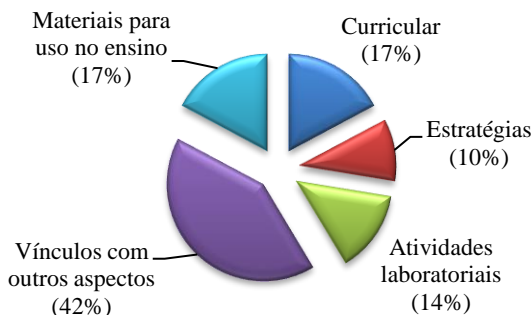
A nomenclatura dos quadros não foi aleatória, pois entendemos que os trabalhos envolvendo a QV e classificados como voltados à *Formação do Químico* fazem parte do círculo esotérico, enquanto os artigos dirigidos à *Formação de Professores* de Química compõem o círculo exotérico. Essa compreensão e “enquadramento” baseiam-se no tráfego de ideias nos círculos hierarquizados epistemologicamente, que ocorre entre os círculos esotérico e exotérico. Conforme já apresentamos, de acordo com Delizoicov (2004), a circulação intracoletiva ocorre no interior de um coletivo de pensamento a fim de formar pares, ao passo que a circulação intercoletiva consiste na disseminação e popularização dos estilos de pensamento que pode ocorrer no interior de um coletivo ou entre distintos coletivos de pensamento. Entendemos que, embora os trabalhos analisados sejam autodenominados como Química Verde, apenas uma parte deles trata explicitamente do ensino da QV. Uma intencionalidade, cujos temas e proposições são singulares, e talvez seja por isso que, para os efeitos de análise deste estudo — que é interpretar a reverberação das produções em QV no ensino e na formação de professores de Química —, sua característica e natureza se constituem como um segundo círculo, ou seja, um círculo exotérico.

É preciso considerar ainda que o tráfego de saberes e as práticas proporcionadas pela circulação intercoletiva, oriundas de ambos os círculos, influenciam-se mutuamente, podendo conduzir a transformações rumo à instauração de um novo estilo de pensamento dos sujeitos desses círculos em relação à Química Clássica. Cumpre notar também que a formação do professor de Química, nos cursos de licenciatura, ocorre com a atuação docente tanto nas áreas de conhecimentos específicos quanto nas de conhecimentos

pedagógicos/integradores. Logo, no caso da QV, ambos os círculos “contribuem” à formação do professor e ao ensino de química, ainda que de modo distinto.

A partir da análise das informações apresentadas nos Quadros 6 e 7, é possível perceber a predominância de propostas que vinculam a QV a *outros aspectos* e/ou perspectivas, a exemplo da Química Ambiental, da Educação Ambiental, do Desenvolvimento Sustentável e da Sustentabilidade. Quase metade das produções (42% da amostra) enquadrou-se nessa perspectiva (*Vínculo* com outros aspectos), como consta no gráfico abaixo.

Gráfico 5: Categorias circulantes em trabalhos SBQ, voltados à formação dos químicos e dos professores de Química (em porcentagem)

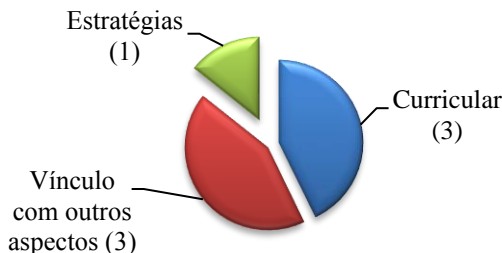


Fonte: Da autora

Essa análise é importante, visto que parte do pressuposto de que a produção do conhecimento ocorre a partir de bases teóricas e metodológicas, compartilhadas por coletivos de pesquisadores (FLECK, 2010), e que a circulação de ideias, proporcionada pela publicação dessas pesquisas (nos periódicos da SBQ e nas reuniões anuais), pode influenciar na maneira de se ensinar a QV na formação dos químicos, particularmente na formação de professores de Química. Nesta pesquisa, isso se traduz na procura e identificação das características do problema que originaram os trabalhos, expressas e associadas à justificativa ao uso/abordagem/aplicação da QV e utilizadas pelos autores dos trabalhos, pois assumimos a hipótese de que essas perspectivas também subsidiam/influenciam as pesquisas que originaram as teses e as dissertações aqui analisadas.

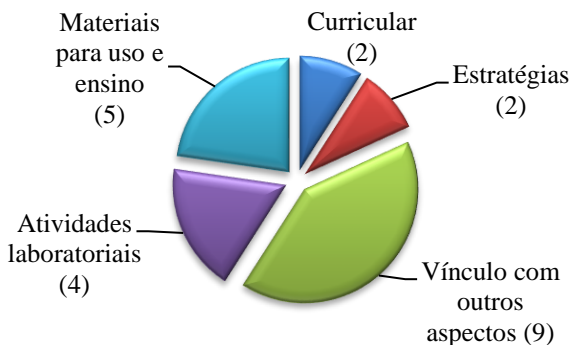
Para uma melhor visualização, expressamos graficamente a categorização apresentada nos quadros anteriores.

Gráfico 6: Circulação intercoletiva – número de trabalhos voltados à formação do professor



Fonte: Da autora

Gráfico 7: Circulação intracoletiva – número de trabalhos voltados à formação do químico



Fonte: Da autora

É perceptível que, no âmbito do círculo esotérico (voltado à formação do químico), há, além de um maior número de publicações, uma maior diferenciação nas características dos problemas expressos pelos pesquisadores QV, sendo o *Vínculo* com o DS, a SUS, a SA, a QAmb e a EA, a tipologia predominante entre esses trabalhos.

Outra peculiaridade, resultante da classificação inicial, é que as categorias *Atividades laboratoriais* e *Materiais para uso no ensino* (da QV) não se fazem presentes (pois não foram identificadas) nos trabalhos publicados pelos sujeitos que compõem o círculo exotérico.

De forma predominante, os trabalhos SBQ analisados utilizam como argumentação a importância da prática e do ensino da Química Verde, sustentando a necessidade de reformatar a Química para o enfrentamento dos problemas ambientais oriundos das atividades químicas, tendo como objetivo fundamental o alcance da Sustentabilidade e/ou do DS. Em função desse tipo de característica, os trabalhos exemplificados a seguir foram categorizados como “*Vínculo com outros aspectos*”.

Dentre eles, está o de Machado que, ao tratar da gênese do conceito de QV e problematizar a prática histórica da indústria química (fato que gera implicações não só à natureza da Química como ciência, mas também à sua reformatação para a QV), reconhece que a QV teve origem no “âmbito de uma mudança de paradigma de gestão das medidas para proteção ambiental desenvolvidas pela indústria, da postura reativa para a preventiva” (2011b, p. 541). Por essa razão, os químicos devem realizar uma perseguição sistemática de verdura química dos processos para desenvolverem a QV, essencial para o DS. Desta maneira, o ensino da QV:

deve hoje ser dirigido para o Desenvolvimento Sustentável, exigir uma visão ampla e holística da química, de natureza sistêmica, que possibilite a sua plena incorporação nos contextos ambiental, humano e societário em que a química sempre se desenvolveu e que são atualmente cada vez mais condicionantes da sua prática (MACHADO, 2011b, p. 541, grifo nosso).

Nessa mesma seara, Farias e Fávaro (2011) tratam da origem da QV e de pesquisas dentro da Química com seus preceitos, discutindo de que forma vêm influenciando no desenvolvimento de conhecimentos científicos. Comentam, a partir de um panorama geral de trabalhos publicados (em periódicos selecionados), que a QV tem se configurado em uma mudança de mentalidade da prática Química por meio de temáticas relacionadas à Química Verde. Percebem que as produções vêm aumentando muito e que os “progressos nessa área, portanto, podem ser o ponto chave nas conquistas de objetivos econômicos, como

também um valioso avanço em direção a um desenvolvimento mais sustentável” (2011, p. 1091).

No artigo de Cortes Junior, Corio e Fernandez (2009), cujos autores investigaram as representações sociais de QAmb de alunos do curso de licenciatura em Química e do bacharelado em Química Ambiental, a QV foi adotada para esclarecer o termo prevenção e as práticas e definições químicas que constituem uma forma de prevenção, distinguindo-se a Química **do** e **no** ambiente daquela desenvolvida **para** o ambiente. Essas perspectivas foram distinguidas e discutidas no Capítulo 2.

Através da análise dos trabalhos classificados como tendo vínculos com outras perspectivas e aspectos, resultou evidente, em alguns deles, a apresentação da QV como sinônimo do termo Química Sustentável, ou então, entendida como um meio de obtenção da Sustentabilidade. Outro fator que nos chamou a atenção e que, de alguma forma, já foi evidenciado na literatura, é que os termos sustentabilidade e sustentabilidade ambiental são tratados, muitas vezes, como sinônimos (MARQUES; MACHADO, 2015).

Com base nas premissas fleckianas, os trabalhos (como os apresentados) representam grupos de pesquisadores em QV que podem ser compreendidos como coletivos de pensamento que compartilham premissas epistemológicas, educacionais e metodológicas, que percebem a importância da abordagem e o trabalho com a filosofia da QV, utilizando outros aspectos/conceitos para justificar sua utilização.

Dos trabalhos, quatro deles (14% do total), também publicados pelos sujeitos constituintes do círculo esotérico, apresentam e discutem outra subcategoria, as “*atividades laboratoriais*”, associadas aos princípios da QV. Grande parte deriva de exemplos apresentados nas RASBQ, como a proposta de Bispo e colaboradores (2012), que descrevem um experimento utilizando a cenoura como fonte renovável de matéria-prima, o qual, segundo eles, “contempla perspectivas científicas e ambientais, através da abordagem de conceitos de Química Verde, cromatografia e estereoquímica” (2012, p. 1). Sampaio e colaboradores (2009) também apresentam um experimento em que a acetofenona foi reduzida por enzimas presentes na cenoura, pimentão verde e macaxeira, sendo visto como uma alternativa ao método convencional que utiliza agentes redutores extremamente tóxicos. Os autores argumentam que esse é:

um experimento viável, podendo ser aplicado em aulas práticas de química orgânica, sendo uma

ferramenta pedagógica capaz de aplicar conceitos de química verde na intenção de formar profissionais aptos a compreender os novos conceitos científicos responsáveis pela sustentabilidade do planeta (SAMPAIO *et al.*, 2009, p.1).

Ainda que justifiquem o uso da QV para o alcance do DS e da Sustentabilidade, essas propostas tratam de experimentos em Química Orgânica, apontando para a racionalidade instrumental.

Cunha e colaboradores (2013) reconhecem que o ensino experimental da QV tem assumido maiores proporções. Para tanto, apresentam uma síntese de um heterociclo polifuncionalizado e sua reação de hidrólise, utilizando os princípios da QV. A execução do experimento proporciona discussões de métodos de síntese mais modernos, como aqueles baseados na QV, os quais, segundo os autores, são importantes para a formação contemporânea dos profissionais de química.

Embora esses artigos falem em experimentação — dada a natureza da própria QV —, poucos se voltaram a relatar experiências práticas em QV, e mesmo que tenham citado exemplos, reduziram-na a uma visão mais tecnicista.

As demais tipologias ou subcategorias, *currículo*, *estratégia* e *material para uso no ensino*, tiveram muito poucos trabalhos categorizados em cada uma. Na subcategoria “*currículo*”, destacamos a pesquisa de Leal e Marques (2008) que, embora também argumentem a favor da QV como justificativa para o DS e a Sustentabilidade, discutem a inserção da QV no currículo. Os autores analisaram currículos de cursos de licenciatura em Química, investigando o enfoque dado aos problemas ambientais e buscando indícios de abordagem QV nas disciplinas dos cursos. Como resultado, salientam que nenhum trazia conteúdos relacionados à QV, embora alguns defendessem a necessidade da abordagem da QV na formação e no ensino da Química (LEAL; MARQUES, 2008). Essa argumentação também está presente no artigo publicado por Prado (2003), que discute a importância da QV como um novo conhecimento científico a ser inserido nos currículos e na prática científica, além de sua aplicação em escala comercial e industrial.

Já Roloff e Marques (2014) analisaram currículos de cursos de licenciatura em Química das regiões sul e sudeste do país, entrevistando professores responsáveis por disciplinas de cunho ambiental. Em seu

artigo, destacam que a abordagem de questões ambientais nas disciplinas investigadas se dá por meio das perspectivas da EA, da QAmb e do enfoque CTS, sendo que, em alguns casos, isso ocorria concomitantemente à QV.

Dentre as propostas que apresentam a QV como “*estratégia*” de ensino e/ou de alcance ao Desenvolvimento Sustentável, ressaltamos o artigo de Zandonai e colaboradores (2014), que apresentam uma experiência voltada à educação em QV, dirigida à formação docente, a partir de uma proposta epistemológica mais atual e em consonância com as recentes pesquisas da área da educação e do ensino de ciências, especialmente no que tange à experimentação. Os autores reconhecem que “os cursos de graduação em Química do país, bacharelado e licenciatura plenas, devem ser praticados de forma a fazer com que os estudantes desenvolvam uma visão integrada da Química, em que os princípios da QV estejam inseridos de maneira transversal no currículo” (2014, p. 75-76). E embora reconheçam também a inserção da QV no currículo, buscam compreender quais os alcances e os limites que uma estratégia centrada na experimentação, e baseada na QV, exerce na formação inicial docente. Já Da Silva, Lacerda e Jones Jr (2005) discutem a inserção da QV em cursos de graduação, apresentando os princípios norteadores da QV, dando exemplos e fazendo apontamentos positivos sobre seu uso, defendendo-a como uma estratégia para o DS.

Por fim, para propostas subcategorizadas como “*materiais para uso no ensino*”, apresentamos, como exemplo, o caso da métrica Estrela Verde, demonstrada por Ribeiro, Costa e Machado (2010). Em seu artigo, apresentam um instrumento de avaliação para o cálculo da verdura química de reações, trazendo discussões sobre métricas de QV, especificamente de massa. Apontando a importância da inclusão da QV no ensino, a EV é uma métrica que descreve quantitativa e qualitativamente, através de uma representação gráfica, todos os princípios da QV simultaneamente em uma atividade experimental. Neste sentido, tal proposição parece-nos assumir uma dimensão prática muito útil na verificação das características ambientais dos processos químicos, mas também pode ser um importante instrumento pedagógico ao ensino de Química em geral, particularmente em atividades experimentais.

É possível perceber que, além da QV mostrar-se uma importante vertente convergente nas preocupações ambientais da Química, alguns autores defendem-na como um aporte em processos de ensino.

A análise permitiu apresentar e argumentar que, ao longo do período investigado, diferentes características balizaram a produção acadêmica em QV. Percebe-se que essas publicações estão contribuindo de diferentes formas e intensidade com a circulação inter e intracoletiva de ideias acerca da QV e sua inserção nos currículos de formação dos químicos e dos professores de química, pois ressaltam a importância de se discutir aspectos no ensino de Química. A circulação de ideias, proporcionada pelas propostas selecionadas, pode favorecer no processo de formação dos professores, influenciando a atuação docente em sala de aula. Afinal, é possível considerar que os leitores dessas produções podem constituir distintos coletivos de pensamento, influenciados por diferentes estilos de pensamento, enquanto que a leitura das publicações pode auxiliar na instauração, extensão e até na transformação de seus EPs.

Essa constatação, segundo Fleck (2010), está relacionada à circulação de ideias no âmbito intracoletivo de pensamento, “o que significa que pesquisadores de áreas afins estabelecem comunicação, resultando desta a ‘importação’ de novos conhecimentos e práticas que vão influenciar o modo de ver, de pensar e de agir em determinado campo do conhecimento” (SLONGO; DELIZOICOV, 2010, p. 281).

Com as discussões apresentadas ao longo deste capítulo, buscamos entender **“De que maneira a circulação de ideias em publicações autodenominadas QV — particularmente no Brasil — pode estar influenciando a elaboração de propostas sobre seu ensino?”** Esse questionamento está diretamente associado a um de nossos objetivos específicos, que busca *identificar e discutir em que medida a circulação de ideias envolvendo a QV pode estar influenciando a elaboração de propostas voltadas ao seu ensino.*

Fazendo uma relação entre essa influência e pensando na circulação de ideias (resultados de pesquisa, experiências de ensino e textos para a disseminação da QV), entendemos que isso possa estar ocorrendo por meio do/no próprio processo de produção de conhecimento, resultante da interação entre os autores de T&D com outras produções da comunidade científica, em particular, dos autodenominados químicos verdes. Neste sentido, destacamos algumas características importantes extraídas dos trabalhos publicados no âmbito da Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

Das 29 publicações analisadas, 5 delas têm origem em dissertações que fazem parte do *corpus* de investigação desta tese (COELHO; MARQUES, 2007; LEAL; MARQUES, 2008; CORTES JUNIOR; CORIO; FERNANDEZ, 2009; ROLOFF, MARQUES, 2014;

ZANDONAI *et al.*, 2014). Essas pesquisas resultaram em 3 artigos, um deles publicado na QNEsc, os outros dois na QN e na RVq, respectivamente. Outros 12 trabalhos trazem como autor ou coautor um pesquisador que orientou, pelo menos, uma das teses e/ou dissertações analisadas neste trabalho (destacamos C. A. Marques, com seis publicações; J. B. de Andrade, com duas publicações; F. M. da Silva e J. Jones Jr., com um artigo; E. J. Lenardão, R. C. Bazito e A. G. S. Gustavo Soares do Prado, com uma publicação cada). Outras 4 publicações (todas do periódico *Química Nova*) são de autoria (ou coautoria) de um dos principais referenciais teóricos utilizados nesta tese quanto à Química Verde, o professor português Adélio Machado.

Percebemos também que, em trabalhos apresentados na RASBQ (na 32^a, 34^a e 35^a edições), além de uma publicação de 2013, na QN, há colaboração de autoria, ou seja, trabalhos distintos, produzidos pelas mesmas pessoas.

Essas observações corroboram com aspectos sinalizados ao longo deste estudo, pois a divulgação, o papel da comunicação e a formação científica resultantes de publicações, promovem a circulação dos conhecimentos que, além de contribuírem na formação/instauração de um novo estilo de pensar e desenvolver a Química com cuidados com o ambiente (portanto, na perspectiva da QV), reforçam a conformação da comunidade epistêmica QV (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014).

Neste capítulo nos dedicamos, basicamente, em apresentar argumentos a favor da inserção da dimensão ambiental no ensino da Química. Para isso, nos baseamos nas orientações de alguns dos principais documentos norteadores educacionais do país, tanto da educação básica quanto do ensino superior, além daqueles exclusivos da pós-graduação. Para além das contribuições da Química Verde, também enfatizamos as contribuições das perspectivas da Educação Ambiental e da Química Ambiental na abordagem das questões ambientais no ensino da Química. Defendemos a sinergia positiva desses campos de conhecimento como elementos formadores da cultura de cuidados ambientais no seio da Química.

Particularmente, a partir da análise de publicações dos canais de divulgação da Sociedade Brasileira de Química, identificamos e discutimos as características dos trabalhos para o uso/emprego da QV.

A análise dos conteúdos das produções investigadas, de seus problemas de pesquisa, dos referenciais teóricos utilizados e dos procedimentos metodológicos adotados, auxilia na compreensão da aplicação da QV, favorecendo a constituição de um olhar crítico sobre

seu ensino, com reflexos na formação dos químicos e dos professores de Química. Sinalizou também que, nesses coletivos, encontra-se uma reflexão de cunho educacional — com destaque positivo para a ocorrência dessa reflexão dentro do coletivo de especialistas em QV. Isso nos permite, em certa medida, caracterizar a existência do que Fleck (2010) denominou de transformação de um estilo de pensamento, com a evolução no modo hegemônico de se produzir e ensinar a Química em direção à Química Verde. Ou seja, há sinais de evolução no modo de pensar e fazer a Química, expressa pelo interesse, proposições e experiências relativas aos cuidados com o ambiente, cujo grau ou nível ainda precisa ser melhor compreendido.

As discussões apresentadas neste capítulo buscaram ainda orientar as análises das T&D, constituintes do universo desta investigação, ou seja, a circulação de ideias aqui identificada será comparada aos resultados obtidos na análise T&D e apresentada no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 4

COLETIVOS PRODUZINDO SOBRE QUÍMICA VERDE E SEU ENSINO: IMPLICAÇÕES À FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA

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. A convergência de disciplinas científicas e de campos de pesquisa, historicamente separados, não poderá ocorrer sem a emergência de novos profissionais e cientistas que reconheçam quão multifacetados e profundos são os desafios científicos e tecnológicos e quão inteligente será o esforço necessário para integrá-los. Para isso, será necessária a construção de novos currículos, novas estruturas educacionais e novos caminhos que busquem a coerência intelectual. Os princípios da Química Verde, a sustentabilidade e a atuação responsável deverão ser transversais aos novos currículos e às novas estruturas. A Química Verde deve deixar de ser apenas um conceito, para ser uma atitude responsável (PINTO et al., 2009, p. 568).

Ao longo deste capítulo abordaremos as informações obtidas a partir da leitura das T&D constituintes do *corpus* de investigação da tese. É preciso lembrar que todos os trabalhos foram classificados de acordo com as categorias e subcategorias definidas *a priori*, apresentadas anteriormente no Quadro 1 (Capítulo 1).

No capítulo anterior, ao analisarmos conhecimentos e práticas da/sobre QV nas produções circulantes na literatura, particularmente no âmbito da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) — lembrando que as T&D podem circular na forma de artigos científicos nos veículos de divulgação da SQB —, percebemos a existência de dois distintos círculos de pensamento, que serão problematizados neste capítulo, ao

lado das produções na forma de T&D. Com isso, objetivamos compreender melhor se esses círculos permanecem ou se novos e distintos círculos se formam, à medida que especialidades podem se expressar sobre o ensino da QV e a formação de professores de Química.

Assim, por meio da análise documental⁴⁰ — leitura integral das T&D — buscamos selecionar informações que indiquem quais conhecimentos e práticas os autores dos trabalhos produzem, definem, delimitam e defendem com/pelo emprego/uso da Química Verde. E, a partir disso, discutir em que medida a circulação desses conhecimentos e práticas reverberam e podem contribuir ao ensino e à formação de professores de Química na perspectiva da QV.

Para tanto, mergulhamos no *corpus* a ser analisado, buscando identificar, selecionar e interpretar fragmentos de interesse, processo este que contou com o auxílio dos pressupostos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977), estabelecendo relações com algumas categorias analíticas da teoria do conhecimento de Fleck (2010).

A análise de conteúdo é uma das técnicas utilizadas para tratamento de dados em pesquisas qualitativas. De acordo com Bardin, o termo análise de conteúdo designa:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42).

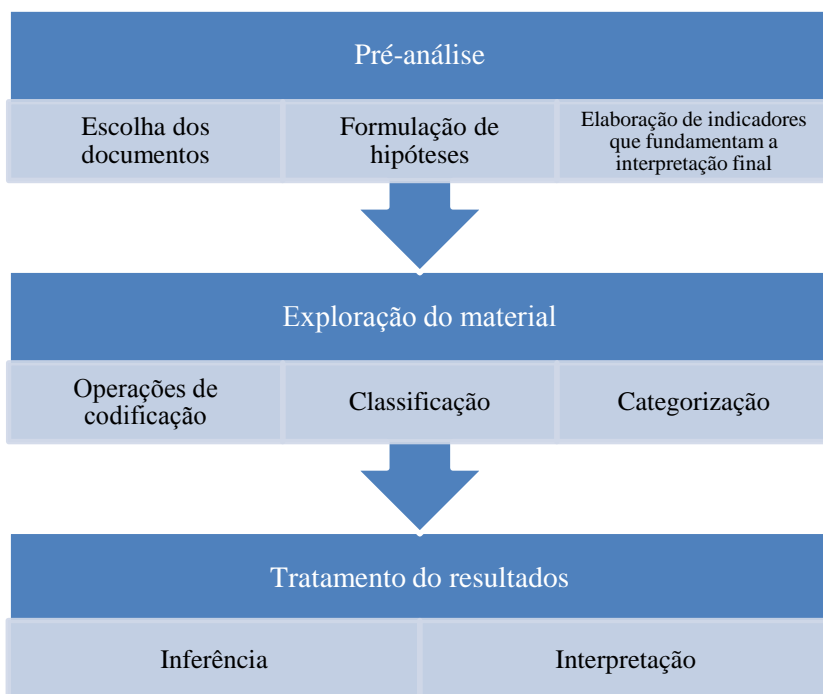
Essa abordagem nos possibilita classificar o conteúdo em grupos de elementos sob um determinado título genérico que, segundo Moraes (1999), conduz a descrições sistemáticas qualitativas ou quantitativas que ajudam a reinterpretar mensagens e atingir uma compreensão de significados em um nível que vai além de uma leitura comum,

⁴⁰ De acordo com Lüdke e André (1986), a análise documental “pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema” (p. 38).

constituindo-se, assim, em uma abordagem metodológica com características e possibilidades próprias.

Bardin (1977) indica que a utilização da análise de conteúdo prevê três fases fundamentais, conforme o esquema apresentado na Figura 6: a pré-análise, a exploração do material, o tratamento dos resultados.

Figura 6: Fases do processo de Análise de Conteúdo



Fonte: Adaptado de Bardin (1977).

Nesta investigação, a primeira fase (*pré-análise*) consistiu na etapa de organização do material, realizada através da identificação, seleção e localização das T&D. Nesse mesmo momento foram formulados os objetivos da análise, mediante a elaboração de indicadores que fundamentassem a interpretação final (BARDIN, 1977). Na segunda fase (exploração do material), ocorreu a análise propriamente dita. Foi longa e trabalhosa, uma vez que as T&D foram lidas na íntegra e os fragmentos de interesse extraídos, identificados e

codificados. A partir disso, iniciou-se o processo de categorização. Para Bardin, a categorização “é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos” (1977, p. 117). Cabe salientar que a autora argumenta que as categorias podem ser definidas *a priori* (quando sugeridas pelo referencial teórico) ou *a posteriori* (se elaboradas após a análise do material). Nesta pesquisa, a classificação realizou-se por meio de categorias definidas previamente. Já na terceira e última fase, Bardin comenta que o pesquisador “pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objectivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas” (1977, p. 101).

A seguir, apresentam-se os resultados e a discussão acerca desse processo de análise.

4.1 O CENÁRIO GERAL: DAS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DE ANÁLISE AOS NÚMEROS INICIAIS

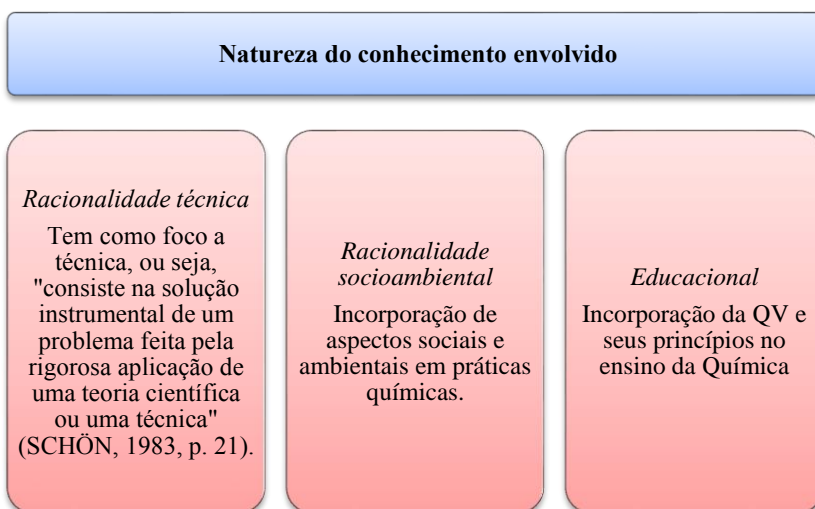
A partir do levantamento quantitativo das T&D, explicitaremos o panorama geral e a categorização dos documentos analisados, que será feito através de tabelas e gráficos. Entendemos que todas as produções analisadas podem contribuir com a aplicação dos preceitos da Química Verde no seio de toda a Química. Contudo, esta investigação se debruça especialmente sobre aqueles documentos que, de alguma maneira, expressaram, de forma explícita, algo sobre o ensino da Química Verde. Portanto, descrevemos e interpretamos qualitativamente — através de interlocuções teóricas realizadas ao longo do texto — o conjunto dos trabalhos que trata dessa dimensão. Acreditamos ainda que essas T&D podem reverberar na formação e atuação de professores de Química, além de contribuir com a inserção, discussão e articulação da problemática ambiental no ensino de Química. E esses pressupostos são importantes nesta análise e no “enquadramento” relativo aos tipos de círculos que se formam, eventualmente, no processo de circulação dos conhecimentos e práticas produzidos e socializados nas T&D sob análise.

Fundamentalmente, as categorias *a priori* e suas correspondentes subcategorias (Quadro 1) podem auxiliar a levantar, agrupar e problematizar o caráter propositivo de formulações nas T&D dirigidas à abordagem da QV, contribuindo na elaboração de propostas de conteúdos de ensino e/ou de natureza didático-metodológicas.

Nas Figuras 7 a 10 a seguir, de maneira muito breve e sintética, abordamos as demais categorias expressas no Quadro 1 (considerando que a primeira categoria já foi descrita e discutida no capítulo 3).

A segunda categoria, “Natureza do Conhecimento Envolvido”, é constituída pelas subcategorias “*Racionalidade técnica*”, “*Racionalidade socioambiental*” e “*Educacional*”, e está associada e **contém os** entendimentos expressos pelos autores sobre a origem, a produção, a aplicação e/ou a proposição de saberes e práticas em QV.

Figura 7: Síntese explicativa da categoria 2

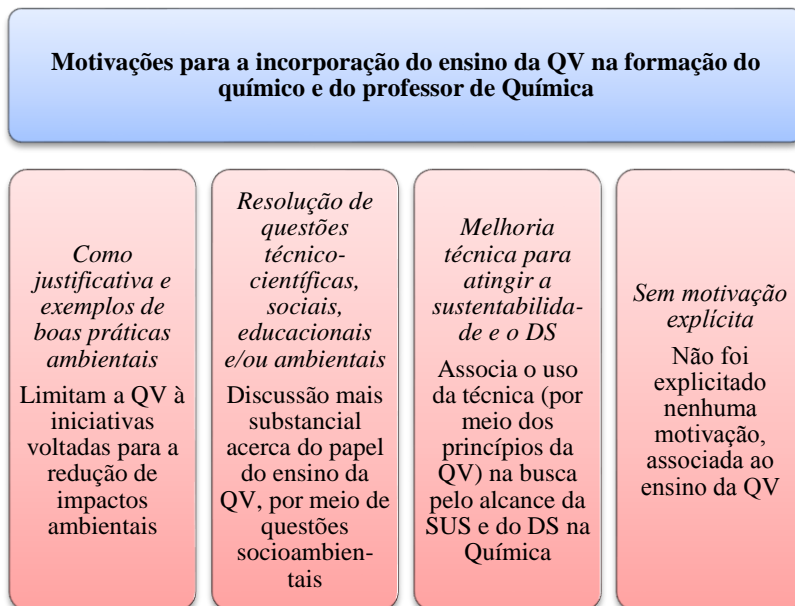


Fonte: Da autora. Esta categoria advém e foi elaborada a partir do Quadro 1 (Cap. 1).

Na terceira categoria, centrada nas “Motivações para a incorporação do ensino da Química Verde na formação do químico e do professor de Química”, foram incluídos apenas aqueles trabalhos que, de alguma maneira, trouxeram algum indicativo explícito sobre a compreensão dos autores do *para que* ensinar QV. Ela é formada por quatro subcategorias, a saber: “*Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais*”, “*Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais*”, “*Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável*” e “*Sem motivação explícita*”.

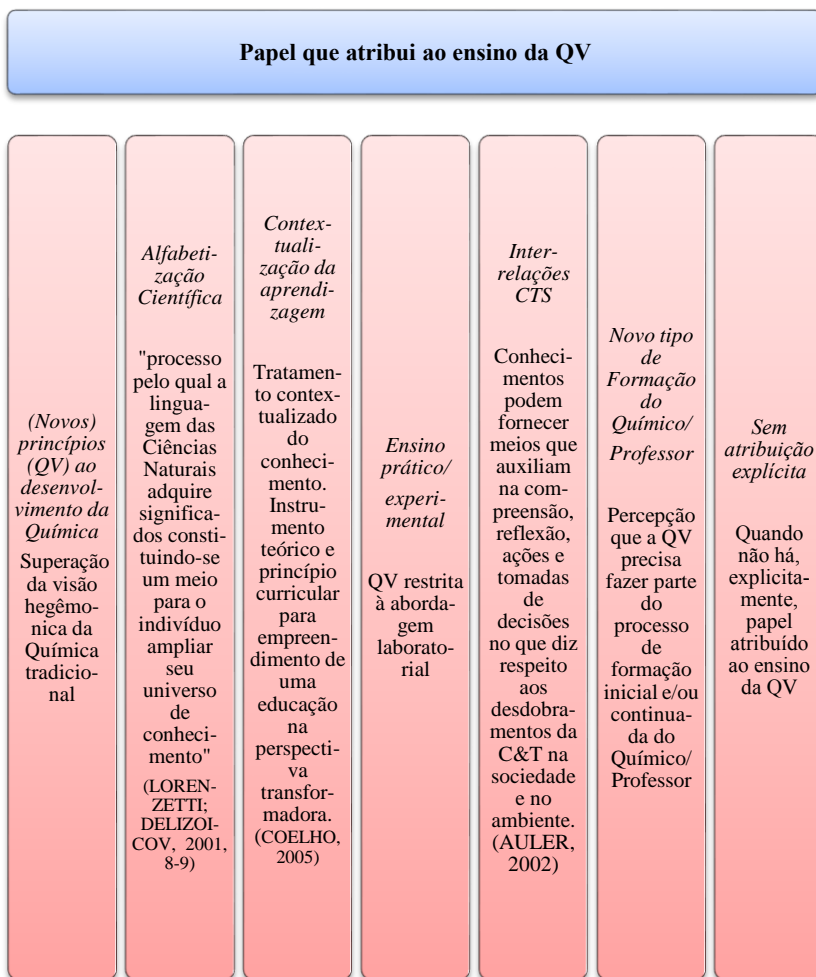
Figura 8: Síntese explicativa da categoria 3

Fonte: Da autora. Esta categoria advém e foi elaborada a partir do Quadro 1 (Cap. 1).



Composta por sete subcategorias: “(Novos) princípios QV ao desenvolvimento da Química”, “Alfabetização científica”, “Contextualização da aprendizagem”, “Ensino prático/experimental”, “Inter-relações CTS”, “Novo tipo de formação do químico/professor” e “Sem atribuição explícita”, na quarta categoria foram classificadas as produções que sinalizaram o “Papel que atribui ao ensino da Química Verde”. Aqui poderiam residir as possíveis *justificativas* utilizadas pelos autores, isto é, o *porquê* de ensinar QV.

Figura 9: Síntese explicativa da categoria 4



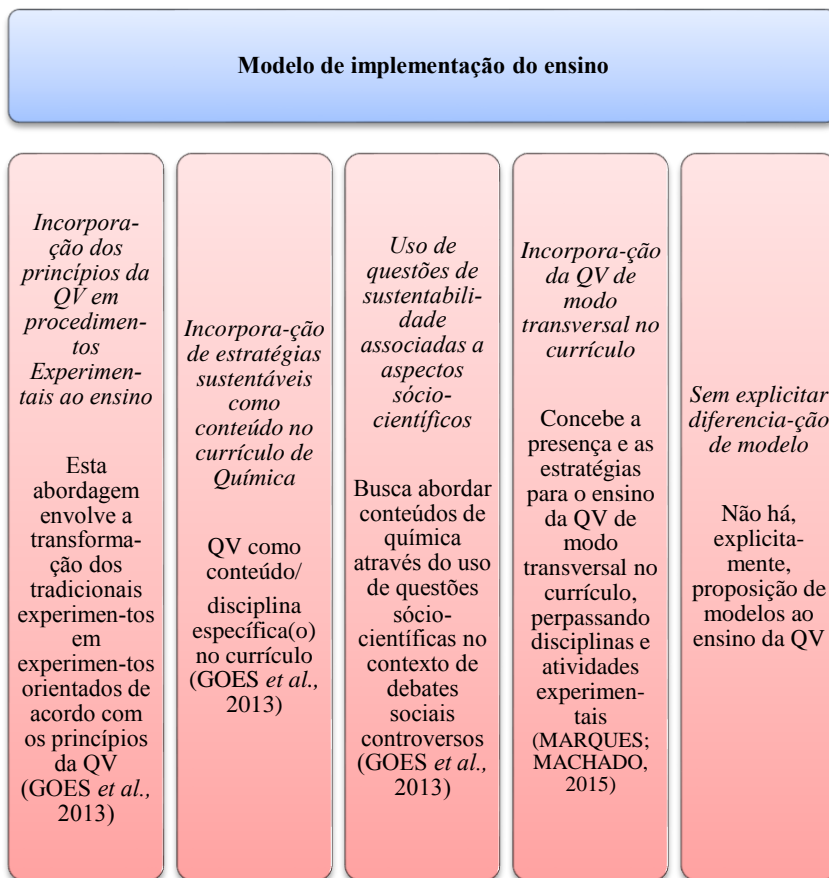
Fonte: Da autora. Esta categoria advém e foi elaborada a partir do Quadro 1 (Cap. 1).

A quinta categoria, denominada “Modelo de Implementação do ensino”, é formada pelas subcategorias “Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais ao ensino”, “Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química”, “Uso

de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos”, “Incorporação da QV de modo transversal no currículo” e “Sem explicitar diferenciação de modelo”. Os trabalhos foram categorizados conforme as possibilidades do uso/emprego da QV no ensino, isto é, segundo os critérios de *como ensinar/implementar a QV no ensino de Química*.

Figura 10: Síntese explicativa da categoria 5

Fonte: Da autora. Esta categoria advém e foi elaborada a partir do Quadro 1



(Cap. 1).

Com base nessas cinco categorias e nas correspondentes subcategorias, todas as 77 Dissertações e Teses (50D e 27T) foram lidas

na íntegra, permitindo sua categorização, conforme apresentado nas Tabelas 9 e 10, a seguir. Cabe recordar que esse corpo amostral de T&D inclui todos os trabalhos que tratavam, sinalizavam, citavam e/ou tinham como foco de pesquisa aspectos que envolvessem a QV e seu ensino, especialmente. Destaca-se que nessas tabelas se dará evidência aos trabalhos que mencionam, explicitamente, aspectos associados ao ensino da Química Verde.

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continua)

Meio	Título Ano	Aspectos Constitutivos*	Princípios QV	Área
D1	A Articulação do Conhecimento Químico com a Problemática Ambiental na Formação Inicial de Professores (2002)	1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação
D2	Síntese de Surfactantes Altamente Biodegradáveis pela Transesterificação de Ésteres de Ácidos Graxos com Sacarose (2005)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6 P7 P9	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D3	Emprego de Frutas Tropicais como Biocatalisadores em Reações de Hidrólise para a Produção de Álcoois Quirais (2005)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Orgânica
D4	A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC) (2005)	1) Vínculo com outros aspectos (Temas sociais, Problemática, Contextualização) 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos	P1	Educação Científica e Tecnológica
D5	Uso de Líquidos Iônicos como Solventes em Reações de Adição Nucleofílica de Alguns Compostos Nitrogenados a Grupos Carbonílicos (2005)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6 P9	Orgânica
D6	Estudo da Reação de Passerini em Solventes Alternativos (2006)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D7	Sílicas Hexagonais Mesoporosas Modificadas com Aminas para a Adição Nitrometano em Ciclopentenona (2006)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos Experimentais ao ensino	P2 P6 P9	Inorgânica
D8	Reações Multicomponentes na Síntese de 1,4-Diidropiridinas via Metodologia de Hantzsch em Meio Aquoso: uma estratégia em Química Verde (2007)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos Experimentais ao ensino	P2 P5	Orgânica
D9	Síntese e Caracterização de Derivados da Celulose Modificada com Anidridos Orgânicos - Adsorção e Termodinâmica de Interação com Cátions Metálicos (2007)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7	Inorgânica
D10	Síntese, Utilizando Metodologias Alternativas e Avaliação Citotóxica de Compostos Mesoiônicos da Classe 1,3,4-Tiadiazólio-2-Aminida (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P6 P8	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D11	Caracterização de Crotilestananas por RMN e Estudo da Reação de Alquilação Redutiva de Nitrobenzeno. (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5	Orgânica
D12	Adição de Tióis a Compostos Carbonílicos A,B – Insaturados utilizando KF/Alumina em Meio Livre de Solvente (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6 P7 P9	Orgânica
D13	Desenvolvimento de Metodologia Alternativa Limpa para Análise de Nitrito (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Analítica
D14	As Representações Sociais de "Química Ambiental": contribuições para a Formação de Bacharéis e Professores de Química (2008)	1) Vínculo com outros aspectos (DS, SUS, EA, QAmb) 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Ensino de Ciências

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D15	Síntese, Caracterização e Aplicação Adsorptiva de um novo Agente Sililante Imobilizado na Sílica Gel por Rotas Distintas (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Orgânica
D16	Síntese de Benzimidazóis a partir da Condensação do Citronelal e outros Aldeídos com 1,2-Fenilenodiamino, utilizando SiO ₂ /ZnCl ₂ e em Meio Livre de Solvente (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6 P7 P9	Orgânica
D17	Síntese de 5-Alquil(Aril)-3-Triclorometil-1,2,4-Oxadiazóis (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Orgânica
D18	Desenvolvimento de Procedimento em Fluxo com Detecção Espectrofotométrica para Análise de Bromoprida em Medicamentos e/ou Fluido Biológico (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Análítica
D19	Novas Metodologias em Química Verde para Reações de Barbier com Haletos Aromáticos e Selenilação de Compostos Carbonílicos. (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P9	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D20	Um Método Verde e Sensível para Determinação de Fenóis em Amostras de Água utilizando Sistemas Aquosos Bifásicos (2009)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P3 P5 P7 P11 P12	Análítica
D21	Síntese Limpa de 2-(3,5-Diiril-4,5-Diidro-1h-Pirazol-1-Il)-4-Feniltiazóis Promovida por Ultrassom (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Orgânica
D22	Reação de Baylis-Hillman acelerada por Líquido Iônico de Selenônio (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5 P6 P9	Orgânica
D23	Oxidação Aeróbica de Olefinas Alil Aromáticas Catalisada por Paládio e do Álcool Benzílico Catalisada por Nanopartículas de Ouro (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Inorgânica
D24	Síntese Verde de N-Alquilcitronelilaminas e N-Alquilcitronelilaminas a partir do (R)-Citronelal - Aplicação na Síntese de um Juvenóide (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6 P7	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D25	Microfabricação de um Analisador em Fluxo-Batelada (Micro Flow-Batch) à Base de Polímero Fotocurável Uretano-Acrilato (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1	Analítica
D26	Glicerol como Solvente Reciclável em Reações de Acoplamento entre Disselenetos de Diarila com Ácidos Arilborônicos (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Orgânica
D27	Determinação de Elementos Traço em Solo por ICP-MS após Volatilização Empregando Combustão Iniciada por Micro-Ondas (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6	Analítica
D28	Glicerol como Solvente Reciclável na Preparação de Selenetos Vinílicos (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Orgânica
D29	A Utilização de 2,2,6-Trimetil-4H-1,3-Dioxin-4-Ona na Síntese de Derivados de Compostos 1,3 Dicarbonilados. Reações Multicomponentes (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D30	Determinação de Na, K em Amostras Biológicas e Hg em Álcool Combustível por Espectrometria Atômica (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P6 P7	Analítica
D31	Desenvolvimento de Método Limpo para a Determinação de Uréia (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Analítica
D32	Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as Vozes do Currículo e Professores (2011)	1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação Científica e Tecnológica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D33	Abordagens de Temáticas Ambientais no Ensino de Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da Escola Básica (2011)	1) Vínculo com outros aspectos (EA, CTS, Abordagem temática, Contextualização do ensino, QAmb) 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Inter-relações CTS 5) Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação Científica e Tecnológica
D34	Síntese de Fotocatalisadores por Método de Molten Salt e Termooxidação de Complexos de Ti e Nb para Aplicação em Fotocatálise Ambiental (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P6	Inorgânica
D35	Síntese de Sulfetos e Selenetos Graxos Quirais Derivados do Óleo de Mamona (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D36	Síntese e Caracterização de TiO ₂ Puro e Modificado para Aplicações Ambientais (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P3 P6 P9	Inorgânica
D37	Síntese de Tioéteres Alílicos a partir de Álcoois Alílicos de Tióis sem o Uso de Solvente e Catalisadores Sob Irradiação de Micro-Ondas (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P2 P3 P5 P6	Orgânica
D38	Sílica Gel Quimicamente Modificada com Epilcloridrina na Presença ou Ausência de Solvente - Estudo Termodinâmico da Interação Envolvendo o Cobre (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Inorgânica
D39	Emprego da Organocatálise como uma Ferramenta da Química Verde em Reações de Adição Conjugada: Estudos Visando a Síntese de Anéis Indólicos (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P9	Orgânica
D40	Desenvolvimento de Métodos Analíticos Visando Atender aos Princípios da Química Verde na Análise de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Leite Bovino (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Análítica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos
(continuação)

D41	Novos Tensoativos Não-iônicos para CO ₂ – supercrítico: síntese e estudos de algumas propriedades (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo Experimentais	P5 P7	Físico-química
D42	Inserção da Química Verde em Atividades Experimentais de Graduação (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P10 P12	Ensino de Química
D43	Síntese e Caracterização de Diferentes Óxidos de Titânio por meio de Rotas Verdes (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P6	Inorgânica
D44	Design Teórico, Síntese Multicomponente e Comprovação Experimental da Atividade Antinociceptiva de Pirimidinonas em Camundongos, por vias Intraperitoneal e Oral (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5 P7 P9	Orgânica
D45	Determinação de Bromofenóis Simples em Peixes do Litoral da Bahia por Micro extração com Gota Única (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6	Análítica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

D46	Construção e avaliação de um ambiente virtual de aprendizagem voltado à Educação em Ciências, Química Verde e Sustentabilidade Socioambiental (2013)	1) Estratégia 2) Educacional 3) Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação
D47	Desenvolvimento de uma Metodologia Analítica em Fluxo para Determinação Espectrofotométrica de Fluoreto em Águas Naturais pelo Método de SPADN (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Análítica
D48	Sínteses e caracterizações de TiO ₂ puro, dopado e co-dopado pelo método sol-gel e suas atividades fotocatalíticas (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P3 P6 P9	Ambiental
D49	Uso de Ácidos Orgânicos e Irradiação de Micro-ondas na Síntese de Xantenonas como Potencial Atividade Antirradicalar (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5 P6 P7 P9	Orgânica

Tabela 9: Categorização das Dissertações, em seus aspectos constitutivos

(conclusão)

D50	A Inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso (2013)	1) Estratégia 2) Educacional 3) Resolução de questões técnicas, sociais, educacionais ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos	P1 P2 P6 P9	Ensino de Química
-----	--	---	----------------------	-------------------

* Elaborada a partir das categorias e subcategorias do Quadro 1.

As subcategorias “*Sem motivação explícita*”, “*Sem atribuição explícita*” e “*Sem explicitar diferenciação de modelo*” foram utilizadas na classificação daqueles trabalhos que não fizeram menção ao ensino da Química Verde.

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continua)

Meio	Título Ano	Aspectos Constitutivos*	Princípios QV	Área
T1	Investigação da Tecnologia Eletroquímica para a Produção de Ozônio: aspectos fundamentais e Aplicados (2004)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Físico-química
T2	Síntese e Caracterização Estrutural de Novos Complexos de Nióbio a Partir do Óxido de Nióbio(V). (2005)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos Experimentais ao ensino	P1 P2 P4 P5 P8	Inorgânica

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

T3	Obtenção de Ésteres Etilícos e Metilícos, por Reações de Transesterificação, a partir do Óleo da Palmeira Latino Americana Macaúba - Acrocomia Aculeata (2007)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12	Orgânica
T4	Estudos de Geração de Vapor para Técnicas de Espectrometria Atômica para a Determinação de Elementos Traço em Materiais Geológicos em Suspensão e para a Especificação de Mercúrio em Materiais Biológicos (2007)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1	Análítica
T5	Síntese, Caracterização e Aplicação de Novos Líquidos Iônicos Quirais (2007)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5	Orgânica
T6	Síntese e Aplicabilidade de Antioxidantes Derivados do Cardanol Hidrogenado (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7	Inorgânica

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

T7	Solvatação por Solventes Puros e suas Misturas: Relevância para Química e Química Verde (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5	Orgânica
T8	Construção e Avaliação de Microsistemas para Análise em Fluxo (2008)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1	Analítica
T9	Reações Orgânicas em Água: Adições de Michael e Formação de Pirróis Altamente Substituídos (2010)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos Experimentais ao ensino	P5 P9	Orgânica
T10	Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Socioambientais na Formação de Professores de Química (2010)	1) Estratégia 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

T11	A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/res de Química: estudo de caso (2010)	1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação
T12	Desenvolvimento de Nanomateriais Superparamagnéticos Funcionais para uma Química Sustentável (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6 P7	Inorgânica
T13	Investigação de Metais, Metaloides, Halogênios e Isoflavonas em Amostras de Soja e Derivados (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6 P7	Análítica
T14	Aminação Redutiva de Aldeídos e Cetonas em Meio Aquoso: uma nova metodologia simples e versátil para obtenção de Aminas Alquiladas Promovida por Zinco e Métodos Eletroquímica (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Orgânica

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continuação)

T15	Síntese de Compostos Indólicos Catalisada por Cloreto de Cério (III) (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P7 P9	Orgânica
T16	Novos Tensoativos Oxigenados para Fluidos Supercríticos (2011)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5	Físico-química
T17	Desenvolvimento de métodos quantitativos e de sistemas de screening para a determinação de glifosato (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P3 P5	Análítica
T18	Líquidos Iônicos N-Alquil-Piridínicos: Síntese e Sistemas Bifásicos em Reações de Sonogashira (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P3 P5 P9	Orgânica
T19	Emprego de Oxigênio e Peróxido de Hidrogênio como Auxiliares na Decomposição de Amostras Biológicas por Via Úmida Assistida por Radiação Micro-Ondas (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6	Análítica
T20	LIBS e Nanopartículas Fluorescentes: novas estratégias para determinação de íons de Cu(II) em águas (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P7	Análítica

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

(continuação)				
T21	Novos Sistemas de Acoplamentos Cruzados em Fase Homogênea e Heterogênea para a Síntese de Produtos de Química Fina (2012)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P2 P5 P7 P9	Catálise
T22	Enzimas em Biocatálise (Esterificação de aminas, adição de Michael, clonagem e expressão de álcool desidrogenase) (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6 P9	Orgânica
T23	Avaliação Rápida, Direta e Sem Geração de Resíduos de Amostras da Vida Cotidiana por Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5	Análítica
T24	Desenvolvimento de Procedimentos Analíticos em Fluxo com Multicomutação e Foto-oxidação em Linha para a Determinação Espectrofotométrica de Espécies de Interesse Ambiental, Alimentício e Clínico (2013)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P5 P6 P7	Análítica
T25	Técnicas Espectroanalíticas aliadas à Química Verde Visando à Determinação de V e Mo com Procedimentos de Extração e Pré-concentração (2014)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P5 P6	Análítica

Tabela 10: Categorização das Teses, em seus aspectos constitutivos

				(conclusão)
T26	Síntese de derivados de chalconas e de 2-quinolononas visando a busca por inibidores das enzimas cruzafina e da família BET <i>bromodomain</i> (2014)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo	P1 P2 P5 P6 P8 P9	Orgânica
T27	Desenvolvimento de Processos Químicos seguindo os Princípios Adotados pela Química Verde: Redução e Conversão de CO ₂ usando Compostos de Mn(I) (2014)	1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Sem motivação explícita 4) Sem atribuição explícita 5) Sem explicitar diferenciação de modelo Experimentais	P5 P6 P9	Inorgânica

* Elaborada a partir das categorias e subcategorias do Quadro 1.

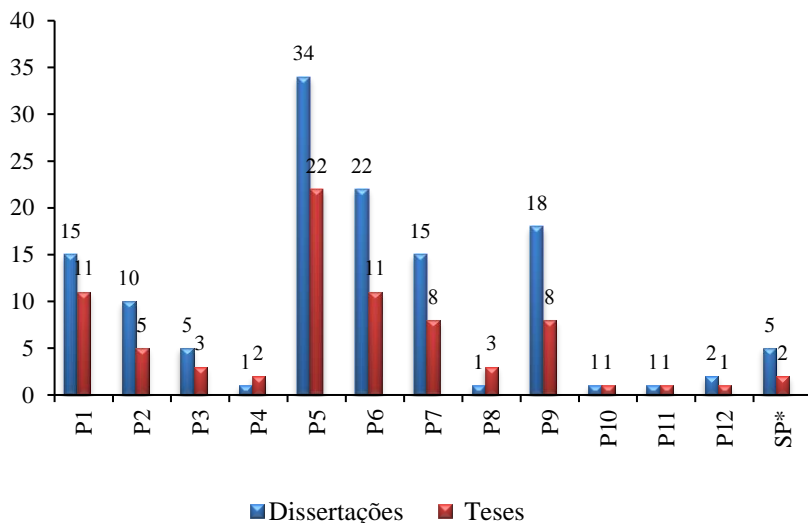
As subcategorias “*Sem motivação explícita*”, “*Sem atribuição explícita*” e “*Sem explicitar diferenciação de modelo*” foram utilizadas na classificação daqueles trabalhos que não fizeram menção ao ensino da Química Verde.

Nas Tabelas 9 e 10 busca-se, além da categorização, expressar os aspectos constitutivos das pesquisas, identificando também os princípios da Química Verde empregados nos trabalhos e a Área a que pertence (Química e suas subáreas, Educação ou Ensino), referenciando-nos nos critérios adotados pela CAPES e CNPq. Adicionalmente à leitura dos trabalhos, acessamos o Currículo Lattes de cada autor, com o objetivo de levantar indicadores adicionais para compará-los às informações já apontadas em outras investigações (DA SILVA; LACERDA; JONES JR, 2005; COSTA; RIBEIRO; MACHADO, 2008; GOES *et al.*, 2013; ROLOFF *et al.*, 2014; DIAS, 2016), tais como: a inserção da Química Verde no currículo dos cursos de graduação (considerando-se as subáreas da Química), que possui maior proximidade entre a QV e as disciplinas de Química Ambiental, Orgânica, Inorgânica e Analítica; e os 12 princípios, P1 (prevenção), P5 (solventes e auxiliares mais seguros), P7 (Uso de fontes renováveis de matéria-prima) e P9 (catálise), geralmente, os mais citados.

As informações sobre a referência aos princípios QV e as áreas de conhecimento envolvidas nas T&D são representadas,

respectivamente, nos Gráficos 8 e 9. Neles constam os princípios QV identificados em cada trabalho, conforme informações constantes na quarta coluna das Tabelas 9 e 10:

Gráfico 8: Doze princípios da Química Verde



Nota: *SP (Sem identificação de princípios). Esses trabalhos foram assim classificados pois não têm como objetivo a aplicação de princípios QV.

A identificação dos princípios QV em cada trabalho não foi uma tarefa simples, visto que muitos não os indicavam de forma explícita. Essa informação é importante, pois traria indicadores, por exemplo, de “metrificação” (verificação de resultado), de motivação/objetivo e da natureza do conhecimento envolvido.

Nesse quesito, apenas uma dissertação (D32) citou os outros 12 princípios de Winterton (2001 *apud* MACHADO, 2008b), embora, sem utilizá-los. Em apenas uma tese (T3) fez uso dos doze princípios, mediante a explicação e o emprego de cada um na síntese desenvolvida. De acordo com Machado (2011c), poderíamos concluir que os 76 trabalhos restantes podem não estar otimizando a verdura ideal dos processos, visto não cumprirem integralmente os 12 princípios.

Observando o gráfico, percebemos que os princípios mais citados/identificados nesses 77 trabalhos foram:

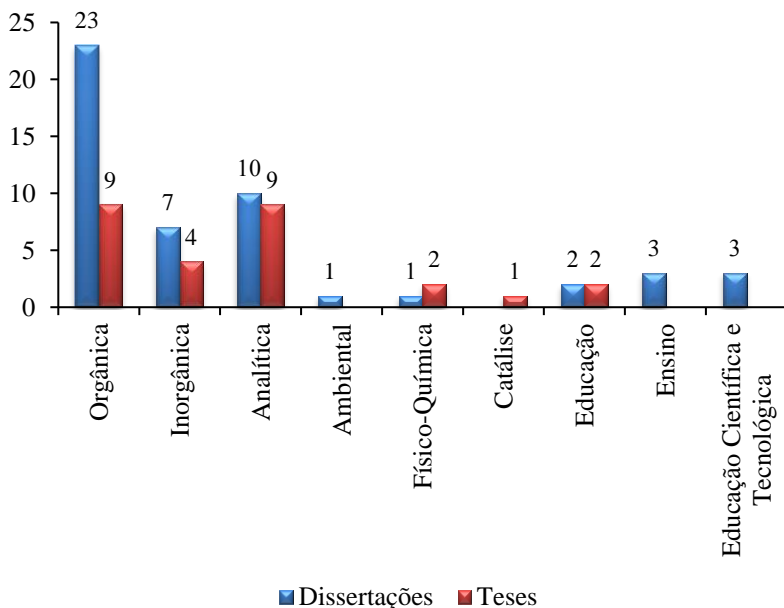
- P1 (Prevenção): 26 vezes
- P5 (Solventes e auxiliares mais seguros): 56 vezes
- P6 (Busca pela eficiência de energia): 33 vezes
- P7 (Uso de fontes renováveis de matéria-prima): 23 vezes
- P9 (Catálise): 26 vezes

Observamos que, assim como já apontado na literatura (DA SILVA; LACERDA; JONES JR, 2005), dos 12 princípios da QV, estes são os mais comuns de se encontrar exemplos e estudos de sua aplicação.

Para exemplificar (brevemente), os trabalhos que envolveram o princípio 5, em sua maioria, traziam a substituição de um solvente orgânico por água. O mesmo ocorre com o princípio 6, que indicou o uso de micro-ondas como fonte de energia. Quanto ao princípio 9, reações foram desenvolvidas utilizando catalisadores biodegradáveis.

Entendemos que o estudo, a divulgação e o emprego dos 12 princípios devem ser continuamente realizados, favorecendo seu entendimento e auxiliando no próprio ensino da QV, favorecendo, inclusive, o emprego das métricas QV de processo.

No Gráfico 9, elaborado a partir dos dados extraídos da quinta coluna das Tabelas 9 e 10, representamos as áreas onde foram desenvolvidas as T&D analisadas.

Gráfico 9: Subáreas da Química onde as T&D foram produzidas

Pela análise do gráfico, fica evidente a proximidade dos trabalhos Química Verde com a subárea da Orgânica (32) e Analítica (19), talvez justificada pelo fato de que a maior parte dos exemplos encontrados na literatura acerca de sua aplicação origina-se nas sínteses orgânicas, com alternativas que buscam cuidados com o ambiente (conforme comentado no capítulo 2), embora se perceba que as subáreas Inorgânica (11), Ambiental (1), Catálise (1) e Físico-Química (3) também apresentam oportunidades de tratamento e abordagem da Química Verde. Vale ressaltar que cerca de 13% da amostra foi produzida nas áreas do Ensino/Educação da Química.

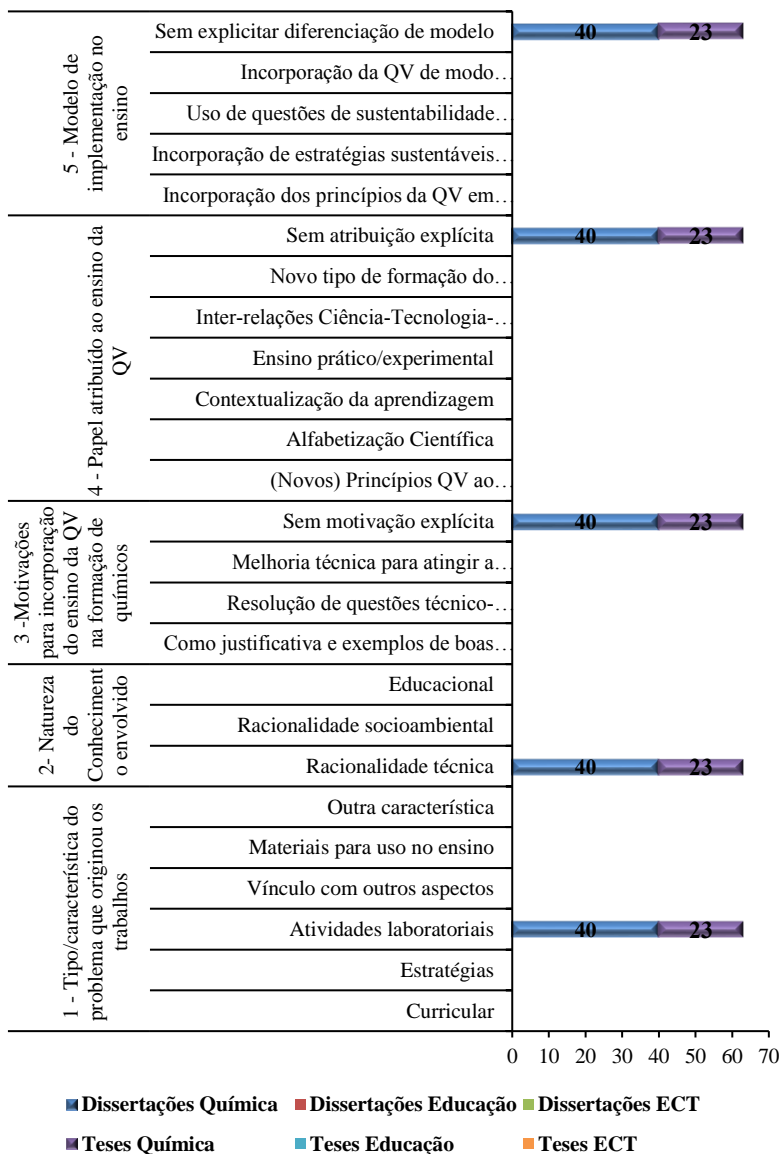
Chamamos a atenção aos destaques apresentados nas Tabelas 9 e 10 (realce em cores azuis nas linhas), pois correspondem aos trabalhos que mencionaram **explicitamente** algum aspecto voltado ao ensino da QV, ou então, que remetiam a esse escopo. Esses corresponderam a aproximadamente 18% das produções (77), ou seja, um total de 14 trabalhos, sendo 10 dissertações e 4 teses. Como argumentaremos a seguir, esses 14 trabalhos formam o círculo esotérico desta investigação, constituído pelos especialistas em ensino QV. Assim sendo, as demais

produções (40 dissertações e 23 teses) constituem o círculo exotérico, dos leigos formados (FLECK, 2010), pois não sinalizam de maneira explícita o reconhecimento do ensino dessa filosofia. Portanto, uma vez colocados o problema e os objetivos desta pesquisa, nos debruçaremos agora na análise dessas 14 produções, especificamente.

Antes disso, apresentamos o cenário obtido para a categorização das 63 T&D constituintes do círculo exotérico, pois, embora esses trabalhos não mencionem explicitamente aspectos associados ao ensino da QV, alguns conhecimentos sobre/para o ensino da QV são também produzidos por essas pesquisas, e sua circulação pode exercer influência sobre a conformação, instauração ou transformação de (possíveis) estilos de pensamento.

A representação é realizada por meio de um gráfico, onde são expressas as cinco categorias analíticas — com suas subcategorias correspondentes —, além do número de trabalhos em cada um desses aspectos constitutivos.

Gráfico 10: Aspectos extraídos a partir da análise dos conteúdos das 63 T&D constituintes do círculo exotérico



Fonte: Da autora

O gráfico 10, que ilustra o quantitativo de T&D constituintes do círculo exotérico, discriminando os dados quantitativos em cada uma das cinco categorias do Quadro 1, sendo elaborado a partir dos dados extraídos das Tabelas 9 e 10. No eixo das ordenadas estão representadas as cinco categorias definidas *a priori*, com suas subcategorias correspondentes. Já no eixo das abscissas são apresentados os números e os tipos de trabalhos analisados e categorizados (se tese ou dissertação), além dos PPG. Os quantitativos em cada coluna expressam o número de T&D por PPG.

Pela análise do quadro, é possível perceber que tanto as 40 dissertações quanto as 23 teses constituintes desse círculo advêm de programas de Pós-Graduação em Química. E talvez seja por isso que 100% desta amostra tenha como foco principal a apresentação/discussão de procedimentos experimentais, cujos trabalhos objetivam o emprego de princípio(s) da QV. Esse tipo de pesquisa reforça o exposto por Da Silva, Lacerda e Joel Jr. (2005), quando argumentam que a comunidade científica tem despendido esforço no desenvolvimento de novas metodologias (ou no resgate das antigas) que se enquadram dentro da filosofia QV.

Nas 63 T&D analisadas, observamos ainda a predominância da racionalidade técnica associada à produção e à aplicação de saberes e práticas em QV. Essa particularidade pode estar diretamente associada ao tipo ou às características do problema que deu origem aos trabalhos, de acordo com a primeira categoria, de modo que as 63 T&D foram classificadas segundo preceitos defendidos na subcategoria “*atividade laboratorial*” por se reduzirem à aplicação dos princípios QV. Essa interpretação será discutida posteriormente.

No que diz respeito às demais categorias, como: da compreensão dos autores do *para quê ensinar QV*, associada à “motivação para a sua incorporação no ensino”, das justificativas utilizadas pelos autores ao “papel atribuído ao ensino da QV”; e das possibilidades identificadas para o seu uso/emprego, classificadas de acordo com o “modelo de implementação”, todas as teses e dissertações constituintes do círculo *exo* – e integrantes de um coletivo de pensamento em transição – foram classificadas como: sem motivação explícita (para a terceira categoria), sem atribuição explícita (para a quarta categoria) e sem explicitar diferenciação de modelo (para a quinta categoria). Esse “enquadramento” ocorreu porque em nenhum desses trabalhos os autores mencionaram a necessidade ou para quê ensinar a QV.

Entendemos que essa não explicitação pode significar a falta de reconhecimento (inclusive porque poderia não fazer parte do escopo do

trabalho) sobre a importância da abordagem da Química Verde na formação dos químicos, até porque os autores estão realizando formulações a esse propósito. Porém, pode ser um indicativo de que apenas enxertos de conteúdos QV, reduzidos à inserção/anúncio de seus princípios, ou ainda, à apresentação de propostas de atividades e materiais a serem incluídos em conteúdos programáticos de ensino pontuais, sejam suficientes para o ensino de Química nessa perspectiva.

Ao pensarmos no contexto dessas produções e utilizar, para isso, as categorias epistemológicas de Fleck (2010), não obstante o círculo exotérico desta pesquisa tenha sido constituído apenas por trabalhos produzidos em programas de pós-graduação em Química (PPGQ), percebemos que não é possível simplesmente caracterizar o grupo de teses e dissertações oriundo desses programas como constituinte de um coletivo distinto daquele formado pelas T&D de PPG em Educação e em Educação Científica e Tecnológica, uma vez que em duas dissertações e duas teses de PPGQMC, os autores fazem menção explícita ao ensino da QV, conforme expresso nas Tabelas 9 e 10. É por isso que esses trabalhos fazem parte do *corpus* de análise específico (círculo esotérico) desta tese.

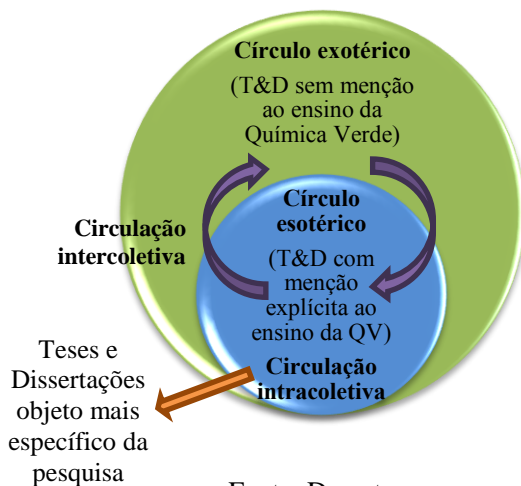
Sendo assim, considerando o problema e os objetivos desta pesquisa, abordaremos agora os 14 trabalhos que mencionam explicitamente a necessidade e a importância da inserção da Química Verde no ensino e na formação de Químicos (incluindo os professores).

4.2 A IDENTIFICAÇÃO E A CARACTERIZAÇÃO DO CÍRCULO ESOTÉRICO DO ENSINO DA QUÍMICA VERDE

Conforme discutido no primeiro e terceiro capítulos, Fleck (2010) comenta sobre a ocorrência de comunicação entre círculos que compõem um coletivo, isto é, a comunicação entre o círculo esotérico (constituído pelos especialistas de uma determinada área) e o círculo exotérico (constituído por leigos na referida área). Enfatiza que isso ocorre, entre outros, porque há confiança dos membros leigos que compõem esse segundo círculo nos especialistas (que, por sua vez, compõem o círculo). Além disso, e ao mesmo tempo, o círculo esotérico depende dos leigos para garantir sua legitimação. Assim sendo, trata-se de conceitos relativos: um grupo pode ser caracterizado como um círculo exotérico em relação a um determinado conhecimento, mas esotérico em relação à outra área de conhecimento (MILARÉ; REZENDE, 2013).

Para a caracterização dos círculos, levamos em consideração essa “hierarquização” epistemológica. Desta maneira, entendemos o grupo constituído pelos pesquisadores (pós-graduandos autores dos trabalhos), *que explicitamente faz menção ao ensino da QV*, como aquele que compõe o círculo *esotérico* (FLECK, 2010). Portanto, esses pesquisadores se constituem em “especialistas” em ensino QV, uma vez que podem estar compartilhando um modo de pensar o ensino da QV (ou mesmo de um estilo de pensamento, ou então, matizes de EP), enquanto que os demais pesquisadores — embora também autodenominados químicos verdes — façam parte do círculo *exotérico* (por não mencionarem, de forma explícita, o reconhecimento/necessidade do ensino da Química Verde, já que produzem conhecimentos QV afirmando, por exemplo, serem importantes à formação Química). Na Figura a seguir, busca-se representar essa relação entre os círculos:

Figura 11: Os círculos e a circulação de ideias para o ensino da Química Verde, nas teses e dissertações



Em função dessa relação de dependência e relatividade entre os grupos de trabalhos que compõem os círculos é que definimos, como constituintes do círculo esotérico, aqueles que têm e manifestam explicitamente interesse, valores, métodos, técnicas, tecnologias e/ou práticas voltados ao ensino da Química Verde. São eles que podem gerar

saberes que retornam e influenciam os membros do círculo exotérico (os leigos em ensino QV).

A partir desse referencial e hierarquização é que elaboramos a Tabela 11, na qual constam os 14 trabalhos de T&D que compõem esse círculo esotérico (formado pelos pesquisadores que constroem os conhecimentos acerca do ensino da Química Verde), extraídos das Tabelas 9 e 10, apresentadas anteriormente.

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continua)

Meio	Título Autor Ano	Aspectos Constitutivos	Princípios QV	Área	Codificação
D1	A Articulação do Conheciment o Químico com a Problemática Ambiental na Formação Inicial de Professores Adriana Lopes Leal (2002)	1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico- científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Profes sor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação	PPGE02-D1

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

					(continuação)
D4	<p>A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC)</p> <p>Juliana Cardoso Coelho (2005)</p>	<p>1) Vínculo com outros aspectos (Temas sociais, Problematização, Contextualização)</p> <p>2) Educacional</p> <p>3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais</p> <p>4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor</p> <p>5) Uso de questões de sustentabilidade e associadas a aspectos sócio-científicos</p>	P1	Educação Científica e Tecnológica	PPGECT05-D4
D7	<p>Sílicas Hexagonais Mesoporosas Modificadas com Aminas para a Adição Nitrometano em Ciclopenteno na</p> <p>Edimar de Oliveira (2006)</p>	<p>1) Atividade laboratorial</p> <p>2) Racionalidade técnica</p> <p>3) Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS</p> <p>4) Ensino prático/experimental</p> <p>5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais no ensino</p>	P2 P6 P9	Inorgânica	PPGQ06-D7

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continuação)

D8	<p>Reações Multicomponentes na Síntese de 1,4-Diidropiridinas via Metodologia de Hantzsch em Meio Aquoso: uma estratégia em Química Verde</p> <p>Monique Gonçalves (2007)</p>	<p>1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais no ensino</p>	P2 P5	Orgânica	PPGQ07-D8
D14	<p>As Representações Sociais de "Química Ambiental": contribuições para a Formação de Bacharéis e Professores de Química</p> <p>Lailton Passos Cortes Junior (2008)</p>	<p>1) Vínculo com outros aspectos (DS, SUS, EA, QAmb) 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Ensino de Ciências	PPGE08-D14

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continuação)					
D32	<p>Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as Vozes do Currículo e Professores</p> <p>Franciani Becker Roloff (2011)</p>	<p>1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	<p>Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos</p>	Educação Científica e Tecnológica	PPGECT11-D32
D33	<p>Abordagens de Temáticas Ambientais no Ensino de Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da Escola Básica</p> <p>Franciele Drews (2011)</p>	<p>1) Vínculo com outros aspectos (EA, CTS, Abordagem temática, Contextualização do ensino, QAmb) 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Inter-relações CTS 5) Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos</p>	<p>Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos</p>	Educação Científica e Tecnológica	PPGECT11-D33

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continuação)

D42	<p>Inserção da Química Verde em Atividades Experimentais de Graduação</p> <p>Angélica de Souza Hrysyk (2012)</p>	<p>1) Atividade laboratorial 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	<p>P1 P2 P3 P4 P5 P6 P10 P12</p>	Ensino de Química	PPGE12-D42
D46	<p>Construção e avaliação de um ambiente virtual de aprendizagem voltado à Educação em Ciências, Química Verde e Sustentabilidade Socioambiental</p> <p>Fábio Fontana de Souza (2013)</p>	<p>1) Estratégia 2) Educacional 3) Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o DS 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	<p>Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos</p>	Educação	PPGE13-D46

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continuação)					
D50	<p>A Inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso</p> <p>Dorai Periotto Zandonai (2013)</p>	<p>1) Estratégia 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico científicas, sociais, educacionais ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos</p>	<p>P1 P2 P6 P9</p>	Ensino de Química	PPGE13-D50
T2	<p>Síntese e Caracterização Estrutural de Novos Complexos de Nióbio a Partir do Óxido de Nióbio(V)</p> <p>Maria José Serafim de Souza (2005)</p>	<p>1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais no ensino</p>	<p>P1 P2 P4 P5 P8</p>	Inorgânica	PPGQ05-T2

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

(continuação)

T9	<p>Reações Orgânicas em Água: Adições de Michael e Formação de Pirróis Altamente Substituídos</p> <p>Queli Aparecida Rodrigues Almeida (2010)</p>	<p>1) Atividade laboratorial 2) Racionalidade técnica 3) Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais 4) Ensino prático/experimental 5) Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais no ensino</p>	P5 P9	Orgânica	PPGQ10-T9
T10	<p>Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Socioambientais na Formação de Professores de Química</p> <p>Marlene Rios Melo (2010)</p>	<p>1) Estratégia 2) Educacional 3) Resolução de questões técnicas, científicas, sociais, educacionais ambientais 4) Novo tipo de formação do Químico/professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos	Educação	PPGE10-T10

Tabela 11: Teses e dissertações que compõem o círculo esotérico e seus aspectos constitutivos

					(conclusão)
T11	<p>A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/ras de Química: estudo de caso</p> <p>Vânia Gomes Zuin (2010)</p>	<p>1) Curricular 2) Educacional 3) Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e ambientais 4) Novo tipo de Formação do Químico/Professor 5) Incorporação da QV de modo transversal no currículo</p>	<p>Não tem como objetivo a aplicação de princípios específicos</p>	Educação	PPGE10-T11

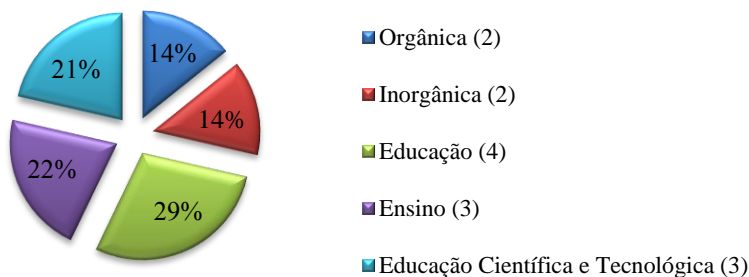
Nota: Extraída e adaptada das Tabelas 9 e 10.

Utilizaremos códigos identificadores, conforme a última coluna da Tabela 11, para as 14 T&D selecionadas para análise, facilitando a discussão dos resultados, além de evitar eventuais conflitos com as demais referências utilizadas.

A codificação para cada uma das T&D foi definida conforme as letras iniciais do programa de pós-graduação onde o trabalho foi desenvolvido, a saber: **PPGQ** para Programas de Pós-Graduação em Química; **PPGE** para Programas de Pós-Graduação em Educação/Ensino; e **PPGECT** para Programas de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Os números subsequentes às letras iniciais referem-se o ano de defesa do trabalho (expresso por meio de dois algarismos). Por fim, o trabalho é identificado por numeração correspondente à ordem em que aparece na lista (coluna 1 da Tabela 11).

No Gráfico 11 busca-se facilitar a visualização das áreas que compuseram o círculo esotérico onde os trabalhos foram produzidos.

Gráfico 11: Áreas onde os trabalhos que tratam do ensino da QV foram produzidos



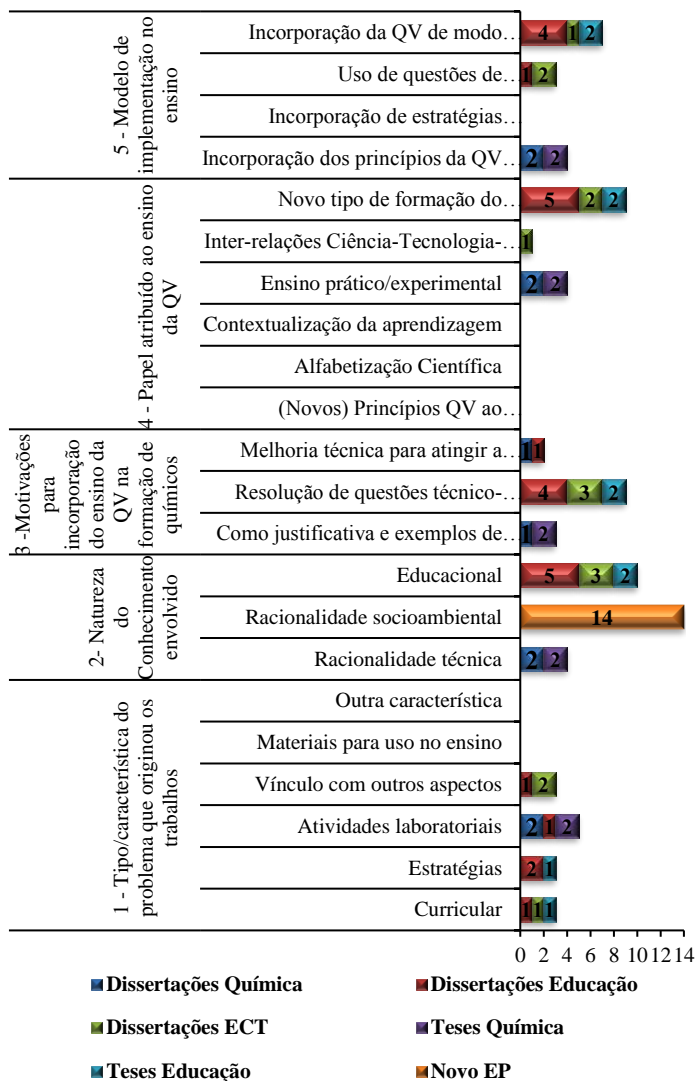
Fonte: Da autora

Percebe-se que a maioria dos trabalhos que estão ligados ou se referem explicitamente ao ensino deriva de Programas de Pós-Graduação em Educação (5D e 2T) e de Educação Científica e Tecnológica (3D), enquanto a outra parte é composta por trabalhos oriundos da Pós-Graduação em Química (2D e 2T). Contudo, essa informação não permite simplesmente configurar uma separação entre esses dois coletivos apenas porque são constituídos por trabalhos/autores de áreas distintas ou proximais, um ligado aos PPGs da QMC (como derivado da área *hard*) e outro aos PPGs EDU e ECT. Isso porque é preciso considerar que ambos tratam, em certo grau e medida, do ensino e da formação de professores da Química na perspectiva da QV, o que abordaremos na sequência.

Para a análise desse conjunto amostral, formado por 14 T&D constitutivas de nosso círculo esotérico, nos apoiamos novamente nas contribuições da teoria epistemológica fleckiana para compreender melhor o que vem sendo produzido no âmbito da pós-graduação e de que maneira esses conhecimentos podem/têm circulado e influenciado os processos formativos dos químicos acerca do ensino da Química Verde. Para tanto, novamente recorreremos aos aspectos e elementos do Quadro 1 (Cap. 1), constituintes das cinco categorias e suas respectivas subcategorias: Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D; Natureza do conhecimento envolvido; Motivações para a incorporação do ensino da Química Verde na formação do químico e do professor de Química; Papel atribuído ao ensino da Química Verde;

Modelos de implementação. Para facilitar a visualização desse cenário da análise das T&D, elaboramos o Gráfico 12, a seguir.

Gráfico 12: Aspectos extraídos a partir da análise do conteúdo das T&D constituintes do círculo esotérico



Fonte: Da autora

Nota: Na categoria “Natureza do conhecimento envolvido”, todas as T&D apresentam características da racionalidade socioambiental, logo, configuram a emergência de um EP do ensino da QV. Em função disso, foi dado um destaque distinto no gráfico. Tal aspecto será melhor elucidado ao longo da construção do metatexto dessa categoria.

No Gráfico 12, nossas categorias estão representadas no eixo das ordenadas, onde também é possível identificar suas subcategorias — que retratam entendimentos expressos pelos autores das T&D para cada uma das categorias. Já o número, o tipo de trabalho analisado e categorizado (se tese ou dissertação) e o PPG são identificados no eixo das abscissas. Os quantitativos em cada coluna expressam o número de T&D por programa de pós-graduação.

Discorreremos sobre a categorização dos 14 textos selecionados, dialogando com fragmentos extraídos dos mesmos, de modo a caracterizar com mais propriedade os significados e/ou proposições que explicitamente cada autor formula, atribui ou relaciona ao ensino da Química Verde. Seguiremos a sequência das categorias exibidas no eixo das ordenadas, notadamente de baixo para cima.

4.2.1 Tipo/característica do problema que originou o trabalho das T&D

Nesta categoria apresentamos e discutimos exemplos que exprimem a identificação do tipo/característica do problema que deu origem a cada tese ou dissertação. A categorização significa, pois, o agrupamento de características de sentido/significado semelhantes identificadas nos trabalhos, cuja unidade na diversidade vem expressa por meio de cinco subcategorias: *curricular*, *estratégias*, *atividades laboratoriais*, *vínculo com outros aspectos* e *materiais para uso no ensino*.

Conforme se percebe no Gráfico 12, três foram os trabalhos selecionados que sugerem, utilizam e/ou defendem a necessidade de se incluir a QV no “currículo”, sendo eles, duas dissertações (PPGE02-D1 e PPGECT11-D32) e uma tese (PPGE10-T11). As duas dissertações originaram, inclusive, artigos publicados nos veículos da SBQ, já apontados e analisados no capítulo 3 (LEAL; MARQUES, 2008; ROLOFF, MARQUES, 2014).

Ao lermos essas três T&D, constatamos que as pesquisas desenvolvidas pelas autoras têm especificidades comuns, pois o *tipo/característica do problema que originou* cada uma delas foi a busca

por identificar o enfoque utilizado na abordagem e na inserção de problemas/questões ambientais no currículo dos cursos de licenciatura em Química. E não obstante as investigações tenham sido realizadas em instituições diferentes e que tenham sido empregados distintos meios para a realização das pesquisas, parte significativa do problema de estudo (e investigação) que originou cada trabalho foi a mesma: o currículo.

O estudo realizado por PPGECT11-D32 tinha como principal objetivo:

Investigar e analisar as perspectivas adotadas na abordagem de questões ambientais indicadas pelos professores formadores **e nos documentos curriculares que orientam componentes curriculares de Química Ambiental e afins**, em cursos de Licenciatura em Química das regiões sul e sudeste do Brasil **e suas aproximações com a perspectiva da Química Verde** (PPGECT11-D32, p. 25, grifo nosso).

Já a pesquisa de PPGE02-D1 visou:

apontar para os aspectos pedagógicos na formação de professores de Química, isto é, a análise da seleção de conteúdos, objetivos e bibliografia **que são parte dos currículos dos cursos investigados**, bem como para as questões pertinentes à própria produção do conhecimento químico (PPGE02-D1, p. 03, grifo nosso).

Enquanto PPGE10-T11 apresentou um problema de pesquisa também muito similar, ao questionar:

quais são as compreensões acerca da dimensão ambiental **presentes no currículo** e nas falas dos envolvidos – coordenadores, professores, licenciandos e demais agentes institucionais – com o curso de licenciatura em Química da IES investigada e em que extensão tais concepções influenciam o processo de formação docente? (PPGE10-T11, p. 83, grifo nosso).

O questionamento contido no fragmento acima (tese 11, PPGE10) consiste no eixo norteador da pesquisa desenvolvida por sua autora, embora o fragmento tenha sido extraído de um de seus livros, cuja produção advém de sua tese de doutorado intitulada *A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química* (ZUIN, 2011).

Ao ler os objetivos e os problemas de pesquisa dos três trabalhos, fica nítida a preocupação das autoras com a inserção da temática ambiental em cursos de licenciatura em Química. Em outras palavras, podemos afirmar que reconhecem a necessidade e a importância de que isso faça parte do currículo de formação de professores de Química, argumentando a favor da presença da perspectiva da Química Verde no currículo.

Dentre os objetivos da pesquisa de PPGE02-D1 consta: “Apontar a necessidade de se estabelecer subsídios para que haja uma abordagem da problemática ambiental de forma transversal no currículo dos cursos de Licenciatura em Química, **orientados pelo enfoque da Química para o Meio Ambiente**” (p. 04, grifo nosso). Com base em Machado (2004), a expressão *Química para o meio ambiente* consiste em praticar a Química de maneira que se evite a produção de resíduos tóxicos e poluentes, caracterizando esforços *a priori* para a proteção do meio ambiente, algo que também pode caracterizar a Química Verde. Desta maneira, percebe-se que a mestrandia tenta esclarecer o que é QV para, assim, defender sua inserção no currículo.

A autora de PPGE11-D32, nos objetivos de sua pesquisa, explicita que, ao buscar identificar em que perspectiva as questões ambientais vêm sendo abordadas em componentes curriculares de cursos de licenciatura em Química, procurará também aproximações com a filosofia da QV.

Já a pesquisa PPGE10-T11, que investigou como a dimensão ambiental se inseria na formação de estudantes de um curso de licenciatura em Química de uma IES paulista, apresentava como pressupostos:

- (1) a inserção da dimensão ambiental na universidade, em um sentido mais amplo, corresponde à ambientalização curricular;
- (2) a natureza é um sistema complexo, interligado e dinâmico, e a vida, o seu processo de auto-organização;
- (3) somos seres naturais e

redefinimos nossa maneira de existir na natureza pela dinâmica cultural; (4) somos indivíduos históricos e sociais múltiplemente constituídos; (5) a Educação como práxis e processo dialógico, crítico, problematizador e transformador das condições objetivas e subjetivas da realidade; (6) transformação social (individual e institucional) visando uma construção democrática de sociedades sustentáveis, com prudência ecológica, justiça social, diversidade cultural e econômica viável (PPGE10-T11, p. 15-16, grifo nosso).

A ambientalização é uma perspectiva curricular, logo, a autora destaca a sua importância diretamente associada à inserção de questões ambientais no ensino, entre outras, por meio da institucionalização da Educação Ambiental. Dentre suas ponderações acerca do entendimento de como a dimensão ambiental é compreendida como uma experiência formativa no campo da Química destacam-se vários argumentos: as “benesses geradas pelo desenvolvimento científico e tecnológico, como aquelas propiciadas pela Química Verde” (PPGE10-T11, p. 34); a incorporação da Educação Ambiental crítica no processo de formação de professores de Química, por “possibilitar o debate das questões ambientais contemporâneas, das transformações dos conhecimentos, valores e atitudes diante de novos cenários” (p. 35); e a abordagem educacional por meio da perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS-A), que favorece a compreensão da “relação entre a ética e suas conexões com a produção da ciência e tecnologia e as vertentes socioambientais” (p. 78). Ou seja, são argumentos que visam defender a ambientalização como perspectiva ao currículo.

Indiscutivelmente podem ser observadas convergências de motivações e intenções (do tipo causa-efeito) nas produções selecionadas nessa subcategoria que apontam para uma visão de currículo onde a dimensão ambiental deve estar presente em diferentes formas e/ou perspectivas, da ambientalização até a abordagem de temas ambientais, sempre articulados com os preceitos da Química Verde, embora se perceba que não exista ou não se aponte nos trabalhos “uma única maneira ou a maneira correta” para que isso ocorra.

Contudo, como afirmamos ao longo deste estudo, entendemos que o simples “esverdeamento” do currículo dos cursos de Química por meio, por exemplo, da inserção de uma disciplina QV, não seja suficiente para modificar o modo como os profissionais da Química encaram e atuam na crise ambiental planetária, ou mesmo para que

passem a ter mais cuidado com o ambiente em suas práticas químicas. Uma evolução da Química Clássica à QV exige mudanças mais profundas no modo de pensar e fazer a Química, enfim, uma mudança de racionalidade.

Por outro lado, outras três pesquisas (PPGE13-D46, PPGE13-D50 e PPGE10-T10) tiveram como característica principal apresentar a QV como uma *estratégia*, um “artifício” ou uma possibilidade de/para o ensino envolvendo temas/assuntos ambientais no ensino de Química. Assim, na subcategoria “*Estratégia*”, destacamos as dissertações PPGE13-D46 e PPGE13-D50.

Na primeira delas, o objetivo era:

planejar e avaliar um curso construído no ambiente Moodle que, além de conter textos e informações referentes a disciplinas “Experimentação para o ensino de Química 1 e 2”, **pudesse suportar as tarefas que estimulassem o debate acerca de temas referentes à Química Verde, sustentabilidade socioambiental e a experimentação para o ensino de química** (PPGE13-D46, p. 105, grifo nosso)

E na segunda:

O objetivo principal deste trabalho foi o planejamento, **a aplicação e análise de módulos para a inserção de conteúdos** já previstos na ementa de uma disciplina de caráter experimental do curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar, **por meio da perspectiva da Química Verde e abordagem de ensino CTS** (PPGE13-D50, p. 7, grifo nosso).

Alguns aspectos chamam a atenção nesses fragmentos. Em ambos os trabalhos se objetivava o *planejamento* de atividades a serem utilizadas em *disciplinas experimentais*, associando a QV a outras perspectivas de cunho pedagógico, como a abordagem CTS e o ensino por módulos. Adotamos essa indicação na subcategoria *estratégias* — e não na subcategoria *vinculados a outros aspectos* —, considerando, com base em Bordenave e Pereira (2002), que as *estratégias de ensino* favorecem a interação dos alunos com o conhecimento, auxiliando na

construção de saberes, na interpretação de informações e para a melhoria da compreensão de conceitos científicos. Compreendemos que essas pesquisas visaram, essencialmente, apresentar a experimentação como uma “porta de entrada”, uma alternativa para o ensino da QV na formação dos químicos, enquanto uma tática de natureza teórico-metodológica complementar à componente principal da estratégia.

Em sua dissertação (PPGE13-D46) o autor criou um curso virtual no *Moodle* com o objetivo de subsidiar aulas presenciais. Nesse ambiente:

era possível acessar materiais (calendário acadêmico, cronogramas, textos utilizados nas aulas presenciais, orientações para o trabalho de planejamento e aplicação dos experimentos), esclarecer dúvidas, acompanhar notícias sobre o andamento da disciplina e participar de atividades, que constituíram de quatro fóruns, sendo o último dividido em duas etapas (PPGE13-D46, p. 43).

Além disso, foi construída uma área no *Moodle* para disponibilizar materiais de estudo e atividades que permitissem o diálogo acerca de questões relativas à experimentação voltada ao ensino, com enfoque na sustentabilidade socioambiental e na Química Verde. Para o autor importava “investigar os limites e potencialidades do ambiente virtual em um curso híbrido, de caráter presencial e virtual, no que tange à formação docente em Química e os sentidos dados à experiência” (PPGE13-D46, p. 34). Novamente se sobressai aqui a proposta de inserção da QV por meio da experimentação (em laboratório de ensino), mas como uma estratégia de revisão ou substituição de práticas não verdes.

A pesquisa de PPGE13-D50 contou com a participação de alunos do primeiro ano do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sendo realizada a partir de três experimentos verdes, todos com relevância sócio-científica. Além disso, o estudo também avaliou o grau de verdura química das experiências propostas para a disciplina de Técnicas Básicas em Química, utilizando como métrica holística a Estrela Verde⁴¹ (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010), dado que a pesquisa tinha como interesse:

⁴¹ Esse instrumento foi brevemente apresentado e discutido no capítulo 3.

incluir e apresentar aos estudantes [...] a filosofia da Química Verde, visando o repensar das práticas da Química com respeito aos seus efeitos ao ambiente e à saúde humana, por meio de uma revisão de experiências de laboratório em uma disciplina [...]. Pretendemos colocar aos futuros professores de Química a necessidade de se adotar a Química Verde no estudo laboratorial, de modo a aplicar os seus doze princípios [...]. **Por meio de abordagens como a apresentada nesse trabalho, esperamos que os estudantes consigam privilegiar a seleção dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais para projetar e implementar uma Química mais sustentável, condizente às atuais demandas de nossa sociedade** (PPGE13-D50, p. 02, grifo nosso).

Essas pesquisas contribuem para a construção de estratégias de ensino envolvendo a Química Verde e questões socioambientais. A elaboração/emprego de experimentos didáticos em laboratório de ensino ou não (como no exemplo do ambiente virtual) envolvendo a QV parece indicar um caminho importante e incentivado por vários autores de trabalhos (tanto em T&D quanto na literatura QV em geral), cuja ideia motivacional é propiciar o ensino e a formação de professores de Química na perspectiva de um comprometimento ambiental. A ressalva nesse aspecto é que na literatura não se encontra muito consenso sobre o papel motivacional das atividades experimentais no ensino e na formação dos professores de química (GONÇALVES; MARQUES, 2006). Sobre esse tema, Gonçalves problematiza essa ideia da motivação, ao afirmar que “a motivação em sala de aula é um fenômeno complexo para ter a sua discussão encerrada em torno da experimentação” (2009, p. 106).

Entendemos, assim como Gonçalves e Marques (2006), que a experimentação pode despertar e fomentar a curiosidade crítica dos sujeitos, sobretudo quando a ela se agrega, como estratégia, o papel de se efetuar uma reanálise da química acerca dos cuidados com o ambiente. Com ela é possível obter um importante instrumento de materialização das mudanças proporcionadas pelos princípios da QV no tocante, por exemplo, às sínteses e condições de reação de natureza cautelar quanto aos cuidados com o ambiente. Assim, nessa perspectiva, as atividades experimentais poderiam ser problematizadas e teriam uma

função pedagógica estratégica voltada à formação de um novo químico. Mas, se servirem apenas para ilustrar um novo método ou produto, os resultados do aprendizado talvez só reforcem o tradicional sentido do aprendizado técnico-científico.

No tocante à experimentação, da totalidade da amostra, 5 trabalhos (PPGQ06-D7, PPGQ07-D8, PPGE12-D42, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9) foram enquadrados na subcategoria “*atividades laboratoriais*”, uma vez que apresentavam, como objetivo central e exclusivo, o seu emprego para apresentar os princípios norteadores da QV. Dentre eles, a tese PPGQ05-T2:

Visando eliminar a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente e reduzindo o número de etapas na preparação do produto, o objetivo deste trabalho consiste em verificar se novos complexos de nióbio podem ser obtidos, em meio aquoso, pela reação direta do óxido de nióbio (V) hidratado, disponível comercialmente e fornecido pela CBMM ($\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (PPGQ05-T2, p. 22, grifo nosso).

Percebe-se, no fragmento, que o objetivo da proposta do trabalho é a síntese de compostos de nióbio, de modo a evitar a produção de resíduos, caracterizando, assim, o emprego de um dos princípios da QV, proposto por Anastas e Warner (1998), especificamente o Princípio 1. Ressalta-se ainda que a preocupação advém de uma situação de contexto industrial, por meio das atividades da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, fundada em 1955, sediada em Araxá-MG, que se dedica ao processamento, industrialização e comercialização de produtos de nióbio. A proposta de atividade, então, envolve a síntese de três complexos de nióbio, a saber⁴²:

- Tris(maltolato)oxonióbio(V) - ONb(mlt)₃
 $6(\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3) + \text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 3,7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{ONb}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_3)_3 + 6,7\text{H}_2\text{O}$
- Tris(tropolonato)oxonióbio(V) - ONb(tp)₃·H₂O

⁴² Entendemos que esta não seja a maneira correta para expressar o balanceamento das reações químicas (usando números decimais), porém, tais representações foram extraídas exatamente como a autora da tese apresenta em seu texto, ao comentar que a composição informada pelo fornecedor permitiu calcular a fórmula aproximada de pentóxido de nióbio hidratado utilizado como: $\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 3,7\text{H}_2\text{O}$ (SOUZA, 2005, p. 23).

- $$6(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) + \text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 3,7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{ONb}(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2)_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 4,7 \text{H}_2\text{O}$$
- Tris(oxopiridinato N-óxido)oxonióbio(V) - ONb(OpNO)₃
- $$6(\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_2) + \text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot 3,7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{ONb}(\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_2)_3 + 6,7 \text{H}_2\text{O}$$

E com relação às reações desenvolvidas, a autora comenta que:

envolve apenas três etapas; a reação do óxido de nióbio(V) hidratado comercial com o complexante, em meio aquoso, seguida pela filtração e evaporação do solvente. **Esta rota está de acordo com o princípio da Química Verde, que visa maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final** (PPGQ05-T2, p. 26, grifo nosso)

Embora a doutoranda comente que o mecanismo da reação utilizada esteja de acordo com *o princípio da QV*, não menciona qual dele(s). A leitura desse fragmento salienta um aspecto às vezes recorrente em outros trabalhos, isto é, que a Química Verde é balizada por apenas um princípio, o da prevenção (princípio 1): *Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo após sua geração*, conforme caracterizado no objetivo principal da tese em questão. Além disso, observa-se ainda, no fragmento, a fala sobre a incorporação de todos os materiais de partida (reagentes) no produto final, o que permite interpretar que se faz referência ao princípio 2 da QV: *Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final*.

Em outro fragmento, extraído das conclusões apresentadas nessa tese (PPGQ05-T2), faz-se também alusão a outros princípios QV, embora não explicitados:

A reação direta com óxido de nióbio (V) hidratado, **em meio aquoso, reduz o número de etapas, evita o uso de solventes orgânicos e elimina a formação de subprodutos indesejados e poluentes**, em conformidade com a filosofia da Química Verde (PPGQ05-T2, p. 64, grifo nosso).

A partir da leitura, interpretamos que outros três princípios podem ter sido contemplados nas reações desenvolvidas, dentre eles, o quarto princípio: *Os produtos químicos devem ser desenhados de tal*

modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos; o princípio 5: 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; e o princípio 8: 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. Embora relevantes, todas essas considerações acerca da informação sobre princípios (explicitados ou não pelos autores), não garantem, por si próprias, que todo o experimento seja de verdura química máxima, como lembra Machado (2014; 2007) ao argumentar sobre a importância do uso de métricas em QV.

A dissertação PPGE12-D42 também utilizou atividades experimentais como estratégia de desenvolver e/ou demonstrar os princípios QV, como se detrai do fragmento a seguir:

Aplicar os princípios da Química Verde em atividades experimentais desenvolvidas no curso de Química nas disciplinas de Química Analítica e a Química Orgânica Experimental (PPGE12-D42, p. 3, grifo nosso).

Neste trabalho, os princípios da QV foram aplicados em diferentes atividades experimentais, realizadas, especificamente, no âmbito das disciplinas de Química Analítica (com uma proposta de metodologia alternativa para o experimento de determinação analítica do grupo do cobre) e de Química Orgânica (na qual novas metodologias foram aplicadas para o experimento de preparação do butanal, experimentos em microescala para as sínteses da dibenzalacetona e da acetanilida — quando se realizou o cálculo de eficiência atômica). A esse respeito, a autora comenta que “foram aplicados oito dos princípios da QV em alguns procedimentos experimentais das disciplinas de Química Analítica Qualitativa e Química Orgânica” (PPGE12-D42, p. iv).

Em suas considerações finais, a mestranda apresenta quais princípios foram contemplados ao longo dos experimentos, muito embora não justifique o porquê de cada um. Por exemplo, para as atividades desenvolvidas na disciplina de Química Analítica, comenta que a “metodologia proposta para o desenvolvimento do experimento de determinação analítica do grupo do cobre obedece aos princípios 1, 3, 4

e o princípio 12 que discute a química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes” (PPGE12-D42, p. 60).

Já no domínio da disciplina de Química Orgânica, além do cálculo da eficiência atômica, três experimentos foram realizados pela autora de PPGE12-D42. Em um deles, intitulado *uso de agentes oxidantes “verdes”*, cujo objetivo era fazer a oxidação de álcoois primários a aldeídos e álcoois secundários a cetonas, foi utilizado como agente oxidante o hipoclorito de sódio em ácido acético, visto esse reagente ser descrito na literatura como um agente oxidante “verde”. Segundo a pesquisadora:

por isso obedece aos princípios 1 sobre a prevenção de resíduos indesejáveis, o princípio 3 que destaca a síntese segura, o princípio 5 que discute o uso de solventes e auxiliares seguros, o princípio 6 sobre busca pela eficiência de energia, pois a reação ocorre a temperatura e pressão ambiente e o princípio 10 geração de produtos mais facilmente degradáveis quando comparados com a metodologia convencional. (PPGE12-D42, p. 60).

Ainda segundo as argumentações da mestranda, a partir do experimento de nitração da acetanilida foi aplicado o princípio 2 da QV, quando se calculou a eficiência atômica de uma reação química. Já com a realização de experimentos em microescala, aplicou-se o princípio 1, visto haver a redução da formação de resíduos, além de atender também ao princípio 12, pois julga que, com as quantidades reduzidas de reagentes, se minimiza o risco de acidentes. Portanto, fica claro com as discussões e os resultados de tal investigação, que a estratégia foi desenvolver aulas experimentais no curso de Química para, com isso, empregar parte dos 12 princípios básicos da QV: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P10 e P12.

É preciso deixar claro o objetivo das propostas e sua relação com aspectos da QV são elementos importantes no processo de formação dessa nova perspectiva da Química. Assim agindo, sinalizam-se as formas de “avaliar” a eficiência das mudanças anunciadas quando das justificativas para o emprego da Química Verde como alternativa à Química Clássica, com vistas ao rompimento com o aprendizado técnico-científico tradicional, antes assinalado. Ou seja, aqui a *atividade laboratorial* é adotada como uma estratégia para ensinar conteúdos de

química, via procedimentos experimentais, agora com “um selo verde” proporcionado pela ancoragem nos vários princípios da QV.

Por fim, outras três dissertações (PPGECT05-D4; PPGE08-D14; PPGECT11-D33) apresentaram, como características predominantes do problema e objetivos da pesquisa, o estabelecimento de “*Vínculos entre a Química Verde e outra(s) perspectiva(s)*”, a exemplo da Química Ambiental, da Educação Ambiental, do enfoque CTS e do alcance/busca pelo Desenvolvimento Sustentável, da Sustentabilidade e da Sustentabilidade Ambiental.

Para exemplificar essa subcategoria, descrevemos os objetivos do trabalho de mestrado desenvolvido em PPGECT11-D33:

O objetivo geral desta pesquisa, portanto, **foi o de contribuir para a abordagem crítica e socioambiental de temáticas relativas ao meio ambiente na educação em Química**; e, em decorrência disso, analisar e problematizar o conteúdo de textos sobre questões ambientais divulgados nas revistas *Química Nova na Escola* e *Green: la Scienza al servizio dell'Uomo e dell'Ambiente*, ambas dirigidas a professores de Química de nível médio.

E os objetivos específicos, são:

[...] d) verificar e analisar a apresentação de mensagens relacionadas **à Química Ambiental e à perspectiva da Química Verde** nos textos selecionados; e) discutir possíveis contribuições do conteúdo dos textos analisados à formação de professores de Química da Educação Básica, bem como à elaboração de práticas didático-metodológicas, **pautadas nas perspectivas Crítico-Transformadora de EA e/ou Crítica do enfoque CTS** (PPGECT11-D33, p. 38, grifo nosso).

Nessa dissertação, que analisa textos produzidos em dois periódicos (um nacional e outro internacional) destinados a professores de Química da Educação Básica, a pesquisadora apresenta um estudo de natureza teórico-reflexiva sobre a abordagem de temáticas ambientais no ensino de Química, utilizando interlocuções com trabalhos do campo ambiental, educacional e científico, referenciados em perspectivas crítico-transformadoras da Educação Ambiental (TORRES, 2010; CARVALHO, 2004) e do enfoque CTS (AULER, 2002; AULER,

DELIZOICOV, 2001). Seu trabalho busca contribuir com o desenvolvimento de práticas didático-metodológicas envolvendo a abordagem de problemas/temáticas socioambientais no ensino de Química, em que a QV aparece como uma espécie de “elo substantivo” entre os conteúdos específicos da Química (agora verde) e os conteúdos procedimentais, atitudinais e comportamentais edificadas nas perspectivas e enfoques antes mencionados.

Em PPGE05-D4, a pesquisa desenvolvida buscou entender qual a compreensão que professores de Química têm sobre os problemas ambientais oriundos do carvão. Para isso, analisou a concepção dos docentes sobre o tema da chuva ácida (por proporcionar articulação entre o conhecimento químico e o contexto onde ocorrem atividades de exploração e uso do carvão), o que permitiu à mestranda discutir interações entre o ensino de Química e o enfoque CTS (sempre associando aos problemas ambientais decorrentes da mineração), contextualizando, assim, o ensino da Química. A QV foi utilizada, especificamente, como referencial para discutir princípios relacionados à prevenção dos problemas de poluição no meio ambiente.

Na dissertação PPGE08-D14 foram identificadas as representações concebidas por estudantes de cursos de Bacharelado em Química Ambiental e Licenciatura em Química sobre seu cotidiano acadêmico acerca da temática “*Química Ambiental*”. O autor considera que o estudo da Química Ambiental é muito importante para a formação do profissional da Química, no sentido de torná-lo mais consciente acerca dos valores relacionados à integração entre o ser humano e o ambiente. O pesquisador, dentre outros aspectos, discorre sobre a importância da incorporação da QAmb e da QV (utilizada na investigação também como sinônimo de Química para o ambiente) nos currículos de licenciatura e bacharelado em Química.

Já na subcategoria *Materiais para uso no ensino* não foram identificadas T&D constituintes do círculo esotérico. Diferentemente dos trabalhos publicados nos veículos da SBQ — que tiveram como característica predominante o *vínculo com outros aspectos* —, nas teses e dissertações a principal característica associada ao problema de origem dos trabalhos foi apresentar e/ou discutir propostas de *atividades experimentais*.

Os resultados de pesquisa, experiências e propostas de ensino obtidos a partir dos textos produzidos por meio das T&D e das publicações SBQ, têm contribuído, indiscutivelmente, com a disseminação da QV. Da análise parcial dessa primeira categoria

“tipo/característica que originou o trabalho”, incluindo suas subcategorias, percebemos que não há ou se apresentou uma única maneira ou estratégia para a inserção da QV — conteúdos e procedimentos — no ensino e na formação dos químicos e professores de Química. Contudo, acentuadamente as propostas de atividades experimentais foram as que estiveram mais presentes nos trabalhos. Algo, de certa maneira, esperado, à medida que os conteúdos (domínios) e práticas (padrões metodológicos) em QV ainda estão em desenvolvimento na Química, especialmente como revisão de seus processos mais clássicos.

A seguir, continuamos a análise dos textos das T&D, particularmente sobre os principais conteúdos direcionados *ao* e *sobre* o ensino da QV, expressos nas quatro outras categorias.

4.2.2 Natureza do conhecimento envolvido

Nesta categoria, buscamos identificar que tipo de racionalidade subjaz os trabalhos, ou seja, como se reconhecem a origem, a aplicação e/ou a proposição de saberes e práticas QV nas T&D analisadas. Neste sentido, ao configurar a natureza do conhecimento envolvido no trabalho, espera-se que cada autor indique, explícita ou implicitamente, a(s) estratégia(s) enunciativa(s) para que o mesmo (isto é, o conhecimento em QV) seja inserido no ensino da Química.

Como as T&D constituintes do *corpus* de análise tinham como pressuposto principal o fato de se autodenominarem QV, a partir da leitura dos textos identificamos que todas elas, sem exceção, fizeram menção ou trouxeram como motivação e/ou justificativa algum tipo de problema ou premissas ambientais, expressos por meio da busca pelo desenvolvimento sustentável ou da sustentabilidade ambiental; a necessidade de se produzir e desenvolver uma Química benéfica à saúde do planeta, mais compatível com as necessidades de preservação do meio ambiente, buscando, assim, mudar a imagem negativa da Química. Além destas, destacamos também a procura de soluções aos problemas ambientais, os mecanismos de reação e sínteses de produtos que objetivavam reduzir a produção de resíduos e o consumo energético e o uso de materiais tóxicos e de propostas com o emprego de matérias-primas de origem renovável, por exemplo.

Tais intencionalidades associam-se diretamente à visão que deverão levar ao desenvolvimento de conhecimentos em QV, e como estes podem contribuir às mais diversas atividades químicas e ao seu ensino. Conforme já sinalizado, entendemos que a preocupação com o

desenvolvimento de tecnologias e processos que reduzam a geração de poluição, a partir da QV, pode conduzir à regulamentação e ao controle de danos ambientais, gerando também impactos econômicos positivos, afinal, diminuem-se gastos com o armazenamento e o tratamento de resíduos, a descontaminação e a despoluição, por exemplo. Todavia, se o objetivo econômico for o único aspecto ou objetivo para se desenvolver a QV, essa racionalidade pode significar a manutenção da racionalidade técnica (agora expressa pela eco-eficiência) e dos paradigmas atuais e clássicos da Química, a exemplo do controle de riscos.

Feita a ressalva, o que se espera e pretende acompanhar é se esses novos valores, novos fundamentos teóricos, novos instrumentos e práticas, proporcionados pela QV, podem contribuir com a instauração de uma nova racionalidade no seio da Química: a socioambiental. Não é forte e prematuro afirmar que parte dos trabalhos aqui analisados, e que pertencem ao círculo esotérico (em ensino da QV), contribuirão, em certa medida, com a construção dessa nova racionalidade, pois têm como pano de fundo alguma componente ambiental voltada à formação do químico.

A categoria que aqui apresentamos é formada por três subcategorias: *racionalidade técnica*, *racionalidade socioambiental* e *racionalidade educacional* (natureza educacional). Pela análise do Gráfico 12, percebemos que quatro (04) trabalhos foram agrupados por suas características predominantemente técnicas na subcategoria racionalidade técnica, enquanto os outros dez (10) tiveram mais ênfase educacional, embora contivessem características da racionalidade socioambiental. Contudo, a natureza do conhecimento em QV proporcionada nas T&D, expressa por meio das (sub)categorias, apresenta diferenças que podem, às vezes, ser muito tênues entre si. Por isso, nas análises que seguem, buscamos trazer a *ênfase* dada pelos autores à origem, aplicação e/ou proposição de saberes e práticas QV. Isso explica porque, no Gráfico 12, nenhum trabalho foi classificado *exclusivamente* como socioambiental. Entendemos que os 10 trabalhos oriundos do PPGE e PPGECT estejam configurando o surgimento de um outro coletivo de pensamento (FLECK; 2010) na área da química, ou seja, essas T&D representam especialistas de um coletivo, no caso, um CP do ensino da QV.

As nuances entre essas subcategorias serão agora melhor sinalizadas ao longo das análises, dialogando com os fragmentos extraídos das pesquisas. Desta maneira, pretendemos identificar

características singulares nos textos, que poderão sinalizar eventuais fronteiras entre a racionalidade socioambiental, a racionalidade técnica e a natureza educacional do conhecimento QV, presentes nesses trabalhos.

Da análise dos documentos constituintes do círculo esotérico, identificamos que 28,5% da amostra — duas dissertações (PPGQ06-D7 e PPGQ07- D8) e duas teses (PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9) — pauta-se em modelos baseados na racionalidade técnica e instrumental, mesmo que se reconheça nesses estudos a importância do ensino da Química Verde. Uma possível explicação para isso é que os mesmos derivam ou são elaborados em PPG em Química. Outra explicação é que o foco dessas quatro pesquisas seja o de desenvolver procedimentos experimentais com aplicação de princípios QV. Enfim, a natureza do conhecimento predominante nessas investigações mostrou-se estar no âmbito da *racionalidade técnica* (subcategoria), como buscamos salientar na análise a seguir.

Em PPGQ10-T9, na introdução de seu texto, a autora discorre sobre a QV (definição, objetivos, princípios norteadores e exemplos de trabalhos), apresentando a motivação para a empreitada de sua pesquisa:

Os princípios da Química Verde podem parecer, em um primeiro momento, muito distantes da realidade. Porém, hoje, observa-se que há **um grande esforço** da parte de pesquisadores acadêmicos e industriais **para uma mudança de comportamento**.

Para que os objetivos da Química Verde sejam atingidos bastam, além do conhecimento químico, recursos para as atividades de pesquisa científica e inovação tecnológica e incentivos governamentais para as empresas.

Já existem na literatura muitos resultados para a otimização das condições reacionais em síntese orgânica, levando a processos menos agressivos ao meio ambiente. Dentre estas, **o estudo de reações orgânicas em água é considerado uma importante estratégia para o desenvolvimento das metodologias “verdes”** (PPGQ10-T9, p.12, grifo nosso).

A pesquisadora reconhece, corretamente, o esforço da academia e da indústria para a inserção e o trabalho com a QV, ressaltando, porém, que para que isso ocorra são necessárias mudanças de comportamento,

objetivo que será atingido não apenas com estudos por parte da Química, mas com incentivos à pesquisa e inovação tecnológica por parte do governo. Neste sentido (e em parte, corroborando com o posicionamento da autora de PPGQ10-T9), entendemos que é igualmente importante a circulação dos resultados das pesquisas desenvolvidas no âmbito da pós-graduação, da Química e das áreas que se ocupam do seu ensino, como as teses e dissertações analisadas nesta investigação. São elas que contribuem para o processo de transformação de condutas e procedimentos no domínio da Química, fazendo-a evoluir a outro tipo de racionalidade, ou seja, à racionalidade ambiental.

Embora o relato apresentado demonstre um importante entendimento acerca da problematização de aspectos determinantes ao empreendimento da QV, ao final do fragmento a doutoranda sinaliza sua percepção para o seu desenvolvimento. No fragmento, expressa que o aperfeiçoamento de condições em sínteses orgânicas pode resultar em procedimentos que reduzem os danos ao ambiente, e é principalmente nesse viés que sua pesquisa se realiza. Nela, uma rota verde para as adições de Michael e outra para a síntese de pirróis substituídos em meio aquoso são apresentadas, dando vida ao objetivo central da investigação (desenvolvida em duas etapas distintas):

A primeira parte visa o estudo das reações de adições de Michael em meio aquoso, buscando atender aos princípios da Química Verde. Já na segunda parte, estuda-se a formação de heterocíclis do tipo pirrol altamente substituídos, sem a necessidade de solventes orgânicos e/ou catalisadores, aplicando os conceitos da Química Verde (PPGQ10-T9, p. 13, grifo nosso).

A pesquisa dessa tese autodenomina-se QV pela aplicação de alguns de seus princípios: P5 (solventes e auxiliares mais seguros) e P9 (Catálise). Esta tem como característica predominante o caráter de divulgação e de apresentar propostas de atividades experimentais. Esse tipo de estratégia, embora possa facilitar a aplicação do conhecimento prático (no sentido de procedimental) e de métodos em Química Verde, quando aplicado ao ensino da Química, pode acabar não favorecendo reflexões acerca de conhecimentos atitudinais e de conceitos envolvendo aspectos tecnológicos ou sociais, por exemplo. Isso ocorre quando a ênfase recai sobre a (variação) técnica, que foi percebida na análise

dessa tese, resultando, assim, na predominância de uma racionalidade técnico-instrumental.

Nesse mesmo viés, destacamos a pesquisa PPGQ07- D8, cuja autora desenvolveu uma rota verde para a síntese de compostos, em meio aquoso, anunciado em seu objetivo principal, que era “desenvolver uma rota verde para a síntese de uma família de 1,4-diidropiridinas utilizando água como solvente via metodologia de Hantzsch” (p. 25).

Assim como na tese analisada anteriormente, na dissertação em questão também se enfatiza o uso da *técnica* de substituição de solventes orgânicos e/ou tóxicos por água (quinto princípio da QV) durante a síntese desenvolvida, conforme expresso no fragmento:

A metodologia adotada neste trabalho mostra-se eficiente e promissora para a síntese de 1,4-diidropiridinas, via metodologia de Hantzsch, uma vez que foi substituído o solvente orgânico, tóxico e inflamável, por água, **o que justifica a busca e a tentativa por novas rotas que sejam menos agressivas ao meio ambiente, como defende os princípios da Química Verde** (PPGQ07- D8, p. 42, grifo nosso)

A autora da pesquisa utiliza exatamente os mesmos argumentos da tese PPGQ10-T9, ou seja, a partir da descrição e desenvolvimento de uma metodologia, atesta que é possível substituir um solvente tóxico por água, e que isso parece ser o suficiente para considerar o processo como verde (QV). Vale lembrar que Machado (2011c) comenta que, para uma síntese verde ideal, todos os 12 princípios devem ser cumpridos. Destacamos ainda que, para Wender (2014), sínteses ideais são aquelas em que a molécula alvo é obtida a partir de materiais de partida prontamente disponíveis, em uma operação simples, segura, econômica e eficiente.

A *racionalidade técnica* foi evidenciada também em PPGQ06-D7, em cujo estudo foram sintetizados dois catalisadores: um à base de sílica modificada com tetrametilguanidina (CatTMG) e outro à base de sílica modificada com etilenodiamina (Caten), conforme apontam os objetivos da própria dissertação, que pretendia:

contribuir para o desenvolvimento de novos catalisadores sólidos para a catálise heterogênea. Essencialmente, visa a produção de sólidos básicos aplicados à reação de adição de Michael,

bem como a reciclagem dos catalisadores, assim, esta dissertação se casa perfeitamente com os princípios fundamentais da Química Verde (PPGQ06-D7, p. 24)

É perceptível que os procedimentos experimentais adotados visavam utilizar princípios QV, mesmo que nesse fragmento não conste quais sejam. Ao longo do texto, o autor apresenta os métodos de caracterização empregados, e ao descrever os processos de síntese utilizados, explica que é possível:

afirmar que o processo elaborado neste trabalho apresenta vantagens quando relacionado com os dados já publicados. Assim, **estes métodos reacionais além de estarem dentro do nono princípio da química verde (catálise), também foram processos que ocorreram em temperaturas mais brandas e em menor tempo reacional (respeitando o sexto princípio da química verde), e ainda, em condições equimolares (respeitando o segundo princípio)**. Portanto, a aplicação de CatTMG e Caten em reações usando quantidades equimolares de reagentes, são processos sintéticos intimamente ligados ao conceito de economia de átomos, e que engloba os princípios de desenvolvimento sustentável, sendo uma meta adotada pela química em busca da auto-sustentabilidade (PPGQ06-D7, p. 50, grifo nosso).

Diferente dos trabalhos apresentados anteriormente, neste, o pesquisador explicita quais princípios foram utilizados em sua pesquisa — P2 (Economia de átomos), P6 (Busca pela eficiência de energia) e P9 (Catálise) —, justificando o seu emprego, algo muito positivo. Contudo, as extrapolações e as relações desses princípios, como o desenvolvimento sustentável, por exemplo, não ficam claras.

O que observamos, a partir desses exemplos, é que a práxis QV defendida por esses pesquisadores parece concentrar-se ou ficar restrita à aplicação de técnicas de síntese ou melhoria de processos onde são reclamados alguns de seus princípios, reforçando a racionalidade instrumental, mas agora com um “selo verde” ou “sustentável”. Podemos até dizer que essa parece ser uma nova roupagem para o

salvacionismo à C&T descrito por Auler (2002), pois dá a entender que a sustentabilidade será alcançada a partir de processos químicos mais limpos e benignos. Não se pretende com isso diminuir a importância da produção de conhecimentos no desenvolvimento de produtos e processos da química, mas ressaltar que, quando deixam de expor uma crítica aos métodos anteriores e às razões causais das novas atitudes, o que resulta desses estudos é apenas a eficácia do (novo) método e a racionalidade técnica que o possibilitou.

Portanto, quando assim encarada, entendemos que a racionalidade técnica (que preconiza a otimização de processos, em uma função objetiva e balizada pela produtividade e eficiência) pode não ter sido superada. É um modo de reforçar que as soluções técnicas podem ser suficientes para resolver os problemas atuais relacionados ao meio ambiente. E reiteramos, isso não significa deixar de reconhecer a importância de melhorias técnicas, pelo contrário, é pelo fato de apontar seus limites que a Química se junta aos esforços societários para alterar a lógica, por exemplo, do consumismo e de um modo de produção altamente poluidor. E é pelo fato de não problematizar as razões para o desenvolvimento de novas técnicas, principalmente de não apontar os limites para se alcançar soluções ambientalmente compatíveis, que os trabalhos não avançam rumo à construção de uma nova racionalidade socioambiental.

Mas nem todos os trabalhos deixam de ser críticos em relação à QV ser vista como (apenas) uma melhoria na eficiência técnica da química, agora com maiores cuidados com o ambiente. Por exemplo, a dissertação de PPGECT05-D4 acrescenta uma reflexão e um alerta importante:

O enfoque no “aspecto técnico” – gera passividade – e torna as pessoas alheias ao que realmente é pertinente considerar: a interferência dos cidadãos na sociedade pela participação pública nos processos decisórios referentes a temas envolvendo ciência-tecnologia, que é algo postulado pelo emergente enfoque CTS no contexto brasileiro (PPGECT05-D4, p. 55).

Essa perspectiva de ciência ancorada na perspectiva CTS, defendida na dissertação, possibilita e potencializa o desenvolvimento da QV (no âmbito acadêmico), à medida que pode oferecer soluções alternativas à sociedade e à indústria, de modo que, na hora de decidir, haverá escolhas e não uma única saída (por exemplo, um único tipo de

processo de síntese), algo que, de algum modo, a química clássica vem oferecendo. Assim, esse tipo de conhecimento e racionalidade para defender a QV no seio da Química vai em direção à socioambiental.

Partilhamos ainda da compreensão de que a filosofia QV não é apenas uma questão científico-técnica (ainda que importante), mas também política e educacional. Logo, é salutar a preocupação que a QV supere a mera eficiência “técnica” (rendimento de massa do produto, seletividade de reação e de custo econômico) dos processos químicos e incorpore o desenvolvimento de alternativas menos poluentes ou não-poluentes, conforme apontado no trabalho PPGECT05-D4.

Entendemos que as estratégias e as ideias apresentadas nas pesquisas — oito dissertações (PPGE02-D1, PPGECT05-D4, PPGE08-D14, PPGECT11-D32, PPGECT11-D33, PPGE12-D42, PPGE13-D46 e PPGE13-D50) e duas teses (PPGE10-T10 e PPGE10-T11) — representam um avanço no ensino da química, pois sugerem e expõem propostas em que o conhecimento em QV é apresentado como uma alternativa/possibilidade para fundamentar posicionamentos mais críticos em situações complexas, como aquelas relacionadas aos problemas e soluções ambientais. Isso envolve conhecimentos conceituais, metodológicos e tecnológicos, ligados à ciência química, particularmente aqueles que dizem respeito à dimensão ambiental, melhor sistematizados pelo campo da QV (e é por essa razão que esses trabalhos foram incluídos na subcategoria *educacional*). Essas características podem ser justificadas pelo fato de que essas pesquisas foram produzidas no âmbito da pós-graduação em educação e na educação científica e tecnológica.

Conforme apontado no início da discussão dessa categoria, entendemos que há uma linha muito tênue para caracterizar a natureza do conhecimento envolvido nessas pesquisas, a exemplo da dissertação PPGECT05-D4 antes citada. Não obstante possamos identificar atributos da racionalidade socioambiental, o que levou a mestranda a desenvolver essa investigação foi o interesse em “analisar a concepção dos professores sobre a chuva ácida no ensino médio, como forma de articulação entre o conhecimento químico e o contexto proporcionado pela atividade de exploração e uso do carvão” (PPGECT05-D4, p. 11). Além desse objetivo, especificamente à QV, a autora relata:

No que tange às **tecnologias preventivas da chuva ácida, é importante considerar**, mesmo que de forma breve, **a discussão feita pela Química Verde, e o seu princípio fundamental**

– a **prevenção** – bem como alguns apontamentos discutidos para o processo de formação de professores de Química visando sobretudo contribuir com a superação da problemática ambiental (PPGECT05-D4, p. 53, grifo nosso).

A pesquisa objetivava problematizar aspectos associados ao contexto local da cidade de Criciúma-SC, região diretamente afetada pela poluição resultante da extração do carvão mineral, e se tal aspecto se fazia ou não presente no ensino de Química. Mesmo trabalhando com uma temática sociocientífica, a ênfase da investigação centrava no ensino, por isso, foi classificada como sendo perspectiva educacional, relacionada ao ensino da QV.

As mesmas características podem ser observadas no trabalho PPGECT11- D33, cujo objetivo principal é “**contribuir para a abordagem crítica e socioambiental** de temáticas relativas ao meio ambiente na educação em Química” (p. 38, grifo nosso). Nele, a autora analisa e problematiza o conteúdo de textos sobre questões ambientais divulgados em duas revistas voltadas a professores de Química do Ensino Médio. Dentre os objetivos específicos, destacamos:

- a) identificar e discutir aspectos teóricos, dos campos ambiental, científico e educacional, considerados relevantes e imbricados nas discussões relativas à problemática do meio ambiente;
- b) identificar e caracterizar os grandes “temas ambientais” abordados em textos publicados na revista brasileira *Química Nova na Escola* e na italiana *Green: la Scienza al servizio dell’Uomo e dell’Ambiente*;
- c) investigar argumentos de dimensão social, econômica, ética e/ou política no corpus de análise;
- d) verificar e analisar a apresentação de mensagens relacionadas à Química Ambiental e à perspectiva da Química Verde nos textos selecionados; e
- e) discutir possíveis contribuições do conteúdo dos textos analisados à formação de professores de Química da Educação Básica, bem como à elaboração de práticas didático-metodológicas,

pautadas nas perspectivas Crítico-Transformadora de EA e/ou Crítica do enfoque CTS.

As discussões apresentadas e proporcionadas por essa pesquisa consideram os conhecimentos científicos pautados em fundamentos e reflexões de aspectos socioambientais, favorecendo, assim, a superação da adoção de simples discursos ambientais, e influenciando e contribuindo com a instauração de uma nova racionalidade (ambiental) para além da restrição às técnicas, procedimentos e normas.

A perspectiva educacional, proporcionada pela QV, é também identificada em PPGE12-D42, como consta no fragmento:

O objetivo dessa discussão [conscientizar educadores e estudantes sobre a importância de adotar atitudes que preservem o meio ambiente] é que a sociedade, incluindo a indústria, devem tomar decisões conscientes em relação ao meio ambiente, **e a maneira mais fácil de garantir que essas decisões focadas na sustentabilidade são através do apoio à implantação da QV na educação presente nos currículos dos cursos das Universidades.**

Esse trabalho de implantação tem se centrado no currículo de graduação, pois existe um movimento progressivo para incluir e discutir a importância, prática e princípios no cenário de graduação (PPGE12-D42, p. 13, grifo nosso).

Percebe-se que a natureza do conhecimento é mais ampla que a proporcionada pela racionalidade técnica. Além de demonstrar aspectos de domínios mais abrangentes e socioambientais (por meio da sustentabilidade), a autora entende que a maneira de garantir a conscientização e a tomada de decisão sobre as ações que demandam cuidados com o ambiente, é inserir a QV nos currículos de graduação, e logo, o ensino de sua filosofia. E, vai além, ao sinalizar de que maneira o ensino da QV pode ser integrado ao currículo:

Os educadores muitas vezes discutem **como incorporar a educação em QV em um currículo do curso de Química ou mesmo no Ensino Médio** se os conteúdos das disciplinas que contemplam esse currículo já estão bem definidos, o que não significa que o tema não possa ser

incorporado juntamente com o conteúdo tradicionalmente trabalhado. Para isso o currículo do curso pode ser reavaliado para conter o essencial e mantê-lo relevante. **Assim, a QV não deve ser percebida como um tópico a mais no currículo, mas como algo que vem dar a sua contribuição.** (PPGE12-D42, p. 14, grifo nosso)

O entendimento apresentado pela pesquisadora corrobora com nossa compreensão sobre o ensino da QV, ou seja, de que sua inserção não deve ser reduzida ao emprego de seus princípios, ou ainda, ser abordada pontualmente em determinados conteúdos programáticos, tampouco a uma única e específica disciplina de QV. Como se infere do fragmento, a autora — como nós — entende que a QV pode/deve aparecer transversalmente nas disciplinas constituintes dos currículos dos cursos de Química.

No intuito de que a (filosofia) QV se torne um instrumento que balize o desenvolvimento da Química na busca pela sustentabilidade ambiental, contribuindo com a inserção e a problematização da dimensão ambiental na formação desse(s) profissional(is), é necessário superar a visão reducionista e disciplinar que caracteriza a racionalidade técnica. Para tanto, concordamos com Pitanga (2015), pois julgamos necessária a adoção de uma visão de ciência sistêmica, complexa, transdisciplinar, interdisciplinar e holística, que permita realizar uma leitura mais ampliada do mundo e consiga enxergar para além dos problemas associados às atividades da química, uma vez que estas, por vezes, são reduzidas à análise e soluções à poluição, sem perceber e problematizar as razões que as causam, e também, os demais aspectos envolvidos.

Quanto à natureza dos conhecimentos QV apresentados nas T&D, identificamos propostas e argumentos distintos (embora todos fossem regidos por discursos ambientais). Parte das pesquisas foi desenvolvida a partir da aplicação dos princípios QV em atividades práticas, geralmente aquelas que envolviam sínteses ou catálises, por exemplo. Estas foram classificadas com ênfase na racionalidade técnica, para as quais soluções técnicas são suficientes para viabilizar os problemas atuais. Nos demais trabalhos, houve predominância da perspectiva educacional, considerando os objetos explícitos e as ênfases argumentativas e propositivas dessas pesquisas. Nesse mesmo grupo de trabalhos, há autores que, mesmo anunciando/tocando e discutindo

sobre o uso dos princípios QV, não se limitam a apresentar a técnica utilizada em determinado procedimento experimental.

A seguir, apresentamos *o quê* (as motivações) leva os autores das T&D, de algum modo, a reconhecer a importância de se desenvolver pesquisas sobre o ensino da QV.

4.2.3 Motivações para incorporação do ensino da Química Verde na formação do químico e do professor de Química

As T&D selecionadas já evidenciaram seu pertencimento aos que defendem, por motivações diversas, a presença da QV no seio da química, sendo que algumas dessas motivações foram destacadas na categoria 1 (tipo/características dos problemas que originaram os trabalhos das T&D). Agora, nessa outra categoria, fomos buscar elementos nas T&D que exprimissem significados às motivações mais explícitas para a incorporação da QV no ensino e na formação de professores. Portanto, buscamos evidenciar e discutir suas razões, intenções, metas, crenças e ações empreendidas nessa direção.

As motivações para o ensino e a aprendizagem são um tema complexo e bastante discutido na literatura do ensino de ciências (incluindo a Química), envolvendo, inclusive, aspectos ligados à psicologia. Nesse instigante tema, várias pesquisas, sob diferentes perspectivas teóricas, têm orientado inúmeras proposições e análises (BERGAMINI; BERALDO, 2010). Na literatura é possível encontrar uma diversidade de conceitos de motivação. Por exemplo, Schwartz (2014, p. 18) afirma que a “motivação é [a] palavra que muitas vezes utilizamos na tentativa de explicar/compreender o porquê de uma ação”, enquanto que para Murray (1978, p. 20 *apud* SIMONO, 2005, p. 14) o “motivo é um fator interno que dá início, dirige e integra o comportamento de uma pessoa”. Talvez um dos conceitos mais fáceis de entender isso tenha sido apresentado por Tapia e Fita (2012, p. 77), ao afirmar que a “motivação consiste em analisar os fatores que fazem as pessoas empreender determinadas ações dirigidas a alcançar objetivos”. Já outro conceito apresenta a motivação como “aquilo que move uma pessoa ou que a põe em ação ou a faz mudar o curso” (BZUNECK, 2009, p. 9).

Por outro lado, Guimarães (2009, p. 37) traz uma discussão acerca da diferenciação entre dois tipos de motivação: a intrínseca e a extrínseca. Quanto ao primeiro conceito, afirma que “a motivação intrínseca se refere à escolha e realização de determinada atividade por

sua própria causa, por esta ser interessante, atraente ou, de alguma forma, geradora de satisfação”. O comprometimento com a atividade, segundo a autora, é considerado, ao mesmo tempo, espontâneo, de interesse individual e autotélico, isto é, a atividade é um fim em si, pois há uma espécie de recompensa em virtude da própria realização da tarefa, mesmo não havendo agente motivador de ordem externa. Aponta ainda que esse tipo de motivação é um importante propulsor de aprendizagem, pois se envolver em uma atividade gera maior satisfação e facilita a aprendizagem e o desempenho da pessoa.

Quanto à segunda perspectiva, a autora comenta que a maior parte das atividades desenvolvidas pelos indivíduos em sociedade é movida preferencialmente por razões externas, e define motivação extrínseca como sendo “a motivação para trabalhar em resposta à algo externo à tarefa ou atividade, como para recompensas materiais ou sociais, de reconhecimento, objetivando atender os comandos ou pressões de outras pessoas ou para demonstrar competências e habilidades” (GUIMARÃES, 2009, p. 46).

O exposto, se por um lado nos traz alguma luz sobre o tema, por outro, indica também a complexidade no emprego do conceito e na compreensão dos múltiplos fatores que conduzem um determinado sujeito a realizar uma ação, proposição e/ou defesa de algo, sejam elas motivações intrínsecas ou externas. Como não é nosso objetivo se aprofundar propriamente nesse tema, apenas buscamos expressar alguns entendimentos com os quais concordamos, a exemplo de Guimarães, permitindo-nos, assim, penetrar nos discursos e argumentos dos autores acerca desse tema contido na categoria de análise das T&D para a incorporação e o ensino da QV no âmbito da formação do químico.

Desta maneira, nessa categoria, pretendemos evidenciar alguns aspectos motivacionais, relatados pelos pesquisadores, destacando suas intenções, metas, percepções e crenças, lembrando que as pesquisas foram identificadas e classificadas de acordo com as subcategorias: *Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais; Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais*; ou ainda, como *Melhoria técnica para atingir a sustentabilidade e o Desenvolvimento Sustentável*.

Pelo exposto no Gráfico 12, percebe-se que três trabalhos (PPGQ07-D8, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9) — produzidos em programas de pós-graduação em Química — fundamentam-se no uso da QV como iniciativas voltadas para a redução de impactos ambientais, o que nos permite interpretar que o motivo para o desenvolvimento dessas

pesquisas tenha sido o uso da QV *como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais*.

Um exemplo dessa motivação entre as T&D, que poderíamos definir como motivação extrínseca, se encontra em PPGQ07-D8, cuja autora argumenta que parte da problemática ambiental é resultante de atividades químicas, que podem ser reduzidas pelo tratamento de resíduos químicos, assumindo explicitamente a QV como uma alternativa para a prevenção desses danos, tanto reclamada pela sociedade (a exemplo do que consta no Relatório Brundtland sobre o Desenvolvimento Sustentável):

a atividade química é frequentemente relacionada, direta ou indiretamente, à maioria dos chamados "desastres ambientais", embora outras atividades humanas também exerçam papel importante na degradação e poluição ambiental. Uma das principais ações no sentido de minimizar o impacto ambiental causado por atividades industriais é o tratamento adequado dos resíduos químicos emitidos [...].

A partir de 90 uma nova linha de pensamento para minimizar os impactos ambientais das atividades produtivas da área da química começou a ganhar foco. Esta nova visão, com a proposição de novas e desafiadoras soluções considera que, fundamentalmente, é preciso buscar uma alternativa que evite ou minimize a produção de resíduos, em detrimento da preocupação exclusiva com o tratamento do resíduo no fim da linha de produção, *end of pipe*. **Este novo direcionamento na questão da redução do impacto da atividade química ao ambiente vem sendo chamado de química verde**, química limpa, química ambientalmente benígna, ou ainda, química sustentável (PPGQ07-D8, p. 1, grifo nosso).

Conforme discutido na categoria anterior (Natureza do conhecimento), nessa dissertação foi desenvolvida uma rota verde para a síntese de classe de compostos da família de 1,4-diidropiridinas, realizada em meio aquoso e apresentada como uma estratégia de reações de multicomponentes que trazem vantagens em termos de tempo, reprodutibilidade e rendimento. A substituição do solvente orgânico etanol (utilizado no método clássico, descrito na literatura) por água

contempla eficiência técnica, pelo desenvolvimento e implementação do Princípio 5 da QV, “o que justifica a busca e a tentativa por novas rotas que sejam menos agressivas ao meio ambiente, como defende os princípios da Química Verde” (PPGQ07-D8, p. 42, grifo nosso). E de acordo com a pesquisadora, esses processos, tal como o desenvolvido em sua dissertação, têm ganhado cada vez mais interesse acadêmico e econômico, sendo aplicados com grande eficiência na síntese de compostos heterocíclicos. Sua associação com a filosofia e o ensino da QV pode ser identificada no fragmento:

Este conceito [da Química Verde] já é relativamente comum em aplicações industriais, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes. **Também vem sendo gradativamente incorporando ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa** (PPGQ07-D8, p.5, grifo nosso).

Embora não esclareça onde e como pode se dar o ensino da QV, ela reconhece que isso vem ocorrendo na academia (aqui podemos interpretar como sendo no âmbito da graduação, incluindo, possivelmente, a pós-graduação), e que o desenvolvimento e a circulação de resultados de pesquisas (como a desenvolvida em PPGQ07-D8) podem auxiliar na mudança de postura e um maior comprometimento dos profissionais da área da Química, formados com a preocupação e o cuidado para não poluir, fatores que, segundo ela, se dão pela aplicação dos princípios da Química Verde.

Nessa mesma orientação trazemos a tese PPGQ05-T2, também comentada na primeira categoria, que apresenta alternativas para a síntese, em meio aquoso, de complexos de nióbio (V), que evitam a formação de subprodutos poluentes e tóxicos, diminuindo o número de etapas de síntese. Essas rotas, de acordo com a autora, são alternativas às descritas na literatura, estando de acordo com os princípios da QV. Ela as justifica, pois:

Nos últimos anos, questões ambientais têm merecido destaque na mídia nacional e internacional visando diminuir a quantidade e a velocidade de contaminação do ambiente provocada por inúmeras atividades químicas. **Esta**

idéia, denominada “Green Chemistry” ou Química Verde, representa a suposição de que processos químicos que geram problemas ambientais possam ser substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes (PPGQ05-T2, p. 22, grifo nosso).

Assim, as motivações ambientais (prevenção de resíduos) parecem conduzir a autora a buscar maior eco-eficiência aos processos de sínteses anteriores, pelo qual também alcançou melhorias no meio reacional (aquoso) e a diminuição das etapas de síntese.

Nessa tese, tanto as intenções quanto as metas são as mesmas apresentadas em PPGQ07-D8, ou seja, a aplicação de princípios QV (citando também o P5) pode auxiliar na resolução de problemas derivados de atividades químicas, ao mesmo tempo que reconhece, “desde o surgimento da Química Verde uma ‘tecnologia limpa’ apresenta princípios visando um controle rigoroso na emissão de poluentes, que está, **gradativamente, sendo incorporada ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa**” (PPGQ05-T2, p. v, grifo nosso). Vale ressaltar que o fragmento em destaque é exatamente o mesmo extraído e apresentado na dissertação anterior, ou seja, a argumentação presente em PPGQ07-D8 é a mesma apresentada nessa tese. Por esses fatores entendemos que a motivação presente, nessas duas pesquisas, é a mesma, situando-se como motivações extrínsecas.

Como o sucesso da Química Verde depende que seja amplamente adotada por todos os químicos, a educação (ensino e formação profissional) passa ter um papel fundamental, devendo estar presente em atitudes e procedimentos químicos permanentes, por isso, a importância da percepção e a sinalização das autoras (PPGQ07-D8 e PPGQ05-T2) de que essa filosofia vem sendo adotada e implementada nos distintos níveis de ensino.

A mesma motivação (*Como justificativa e exemplos de boas práticas ambientais*) também foi identificada na pesquisa de PPGQ10-T9, que desenvolveu uma rota verde para adições de Michael e para a síntese de pirróis substituídos em meio aquoso. As estratégias apresentadas trazem vantagens em termos de tempo, de reprodutibilidade e de rendimento, representando um aperfeiçoamento em relação às metodologias clássicas, uma das motivações para a adoção dos princípios da Química Verde.

Acerca do ensino da QV, o autor expõe:

A Química verde é um enorme desafio para aqueles que procuram aplicar os seus princípios, seja na indústria, educação ou pesquisa. **Os desafios trazidos por essa prática criaram grandes oportunidades para a descoberta e aplicações de novas tecnologias químicas, para a melhora das condições ambientais do planeta e para retirar o estigma que a química possui de estar relacionada a processos poluentes** (PPGQ10-T9, p. 3, grifo nosso).

Nesse fragmento, o doutorando reconhece, além do estigma da química, as dificuldades na implementação e inserção da QV, que passam pelas diversas áreas da Química, dentre elas, a educação, ao mesmo tempo que, através de seu uso, novas atitudes pró-ambiente foram desenvolvidas, melhorando, assim, a imagem da ciência Química.

Identificamos que a motivação que levou o desenvolvimento dessas T&D reduz-se basicamente ao interesse de responder à imagem ruim e ao estigma da química, por conta de suas atividades poluentes, propondo agora, por meio da QV, minimizar problemas ambientais oriundos de atividades químicas, buscando a redução de impactos ambientais por meio da prevenção. Ou seja, prevalece muito um tipo de motivação extrínseca, em primeiro nível, mas que parece se ampliar quando, ao se desenvolverem técnicas de processo (em certo modo, mediante uma visão mais reducionista/restritiva) baseadas nos princípios da QV, há a necessidade de que isso reverbere no ensino e na formação do químico.

Porém, outras pesquisas apresentaram uma discussão mais substancial acerca do papel e da aplicação da QV no ensino, efetuada por meio de questões socioambientais, como as dissertações PPGE01-D1, PPGE05-D4, PPGE08-D14, PPGE11-D32, PPGE11-D33, PPGE12-D42 e PPGE13-D50, e as teses PPGE10-T10 e PPGE10-T11. Nesse caso, estas foram classificadas como *Resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais*, associadas à perspectiva de implementação da QV no ensino e na formação de professores de Química.

Destacamos o trabalho PPGE05-D4, no qual a autora discute e problematiza a contextualização no ensino de Química, com a preocupação de uma formação para o exercício da cidadania. Segundo ela, o que a motivou a desenvolver a pesquisa:

foi o fato de, sendo estudante do ensino médio de Criciúma e filha de mineiro que possivelmente deva constar no registro dos “[...] pelo menos 88 óbitos, apenas no município de Criciúma”, nunca ter compreendido o contexto da mineração permanecendo, até então, num estado de “imersão” acerca da realidade vivenciada, com a qual o modelo tradicional de ensino, caracterizado por ser acrítico, descontextualizado, fragmentado etc., se torna conivente.

Isso me levou a questionar, na formação inicial em disciplinas do curso de Licenciatura em Química, na Universidade Federal de Santa Catarina, onde se realizam discussões sobre abordagens temáticas, quantos estudantes também estariam passando pelo espaço de educação formal em Criciúma, sem que seja proposto aos mesmos o que Paulo Freire defende como o “desvelamento da realidade”, propiciando condições para desencadear um processo de ação transformadora dessa realidade (PPGECT05-D4, p. 11).

Considerando o ensino de Química em uma cidade conhecida por ser vítima da poluição causada pela mineração do carvão e pautando-se na educação progressista argumentada por Paulo Freire, a pesquisadora recorreu a referenciais teóricos do enfoque CTS, à proposição de temas químicos sociais por educadores químicos brasileiros e às distintas concepções de meio ambiente para fazer uma reflexão sobre suas implicações pedagógicas no âmbito do ensino de química, associando a isso o ensino da QV:

O alcance dessa compreensão [concepções de meio ambiente considerando as suas significativas implicações pedagógicas] foi imprescindível para a “inserção crítica” no contexto local no intuito de desvelá-lo. **Aponta-se para a Química Verde, uma vez que esta incorpora princípios importantes com destaque à prevenção dos problemas de poluição no meio ambiente.** Este é um debate atual no campo da ciência química e nós estamos **propondo que este seja um debate também para o campo da educação.** Busca-se a participação social numa perspectiva de ensino

CTS para que essas tecnologias preventivas se configurem no cenário da indústria química, incluindo a carbonífera (PPGECT05-D4, p. 12, grifo nosso).

Percebe-se, no fragmento, que a mestranda reconhece que a QV pode contribuir com uma formação crítica do aluno de química da escola média, para atuar preventivamente nos problemas causados pela atividade extrativista do carvão mineral (cujo teor de enxofre é elevado e com técnica de extração ultrapassada). Por fim, a mestranda enfatiza ainda como os cursos de formação de professores não têm tratados de questões ambientais, tais como essa.

Outras duas autoras apresentam para a incorporação da QV no ensino e na formação dos químicos e professores de Química, motivações atreladas às suas experiências profissionais e acadêmicas, associadas, portanto, a características da motivação intrínseca (GUIMARÃES, 2009), conforme relatado, por exemplo, no trabalho de PPGECT11-D33:

As motivações pessoais para escolha do referido tema [abordagem de temáticas ambientais no ensino de Química] [...] considero importante relatá-las brevemente. [...] O envolvimento em reflexões [desenvolvidas junto a um grupo de pesquisa], foi fundamental para minha decisão em aprofundar os estudos [...], por exemplo, a necessidade de “problematização” da visão naturalista de meio ambiente — sobretudo, ao se optar por uma educação em Química atenta, atuante e crítica sobre a relação entre a própria Química e os problemas ambientais. [...]. Ainda na graduação, durante uma disciplina de Química Orgânica Experimental, tive contato pela primeira vez com os chamados princípios da Química Verde (QV) [...]. A ideia central era desenvolver práticas experimentais que minimizassem ao máximo possíveis danos ambientais, inclusive, para a saúde humana. **Devido a esta proposta diferenciada, meu interesse pelas discussões envolvendo a QV começou a aumentar**, estendendo-se para as questões de ensino durante minha participação na II Escola de Verão em Química Verde, oferecida pelo Instituto de

Química (IQ) da Universidade de São Paulo (USP) [...]. Todavia, o curso foi voltado, preponderantemente, para alunos de Bacharelado em Química e Engenharias Química, Ambiental e Sanitária, o que instigou às perguntas: **não seria possível e relevante levar os princípios e/ou os conhecimentos tecnocientíficos desenvolvidos pelos “químicos verdes” para o ensino de Química da Educação Básica? Há possibilidade de articular esta perspectiva preventiva da QV com a abordagem contextualizada de determinados problemas ambientais na educação em Química? De que forma esta articulação poderia contribuir para ensinar a Química dentro de uma concepção que destacasse o papel social da mesma? Como que a produção científica contemporânea em QV, bem como, na área da Química Ambiental, poderia contribuir para uma atuação docente visando à formação da cidadania?** (PPGECT11-D33, p. 29-32).

Seu trabalho de dissertação consistiu em um estudo teórico-reflexivo sobre a abordagem de temáticas ambientais no ensino de Química da Educação Básica, tendo como ponto de partida interlocuções teóricas dos campos ambiental, científico e educacional, em textos publicados em dois periódicos específicos. E o objetivo geral dessa dissertação foi o de contribuir para a abordagem crítica e socioambiental de temáticas relativas ao meio ambiente na educação em Química. As frases da autora evidenciam as contribuições proporcionadas pela abordagem filosófica da QV durante sua trajetória acadêmica e pelos processos de formação dos quais participou além do curso regular (por exemplo, a Escola de Verão em QV). Outro elemento de destaque na voz da mestranda — na forma de indagações a si própria — é a associação da QV com a Química Ambiental para construir uma atuação docente na perspectiva da formação cidadã do aluno de licenciatura em Química, como modo, incluso, de favorecer o ensino de química na educação básica.

Esse trabalho é claramente um sinal de que os químicos preocupam-se em problematizar a inserção ambiental na formação e no ensino, ancorando-se na Química Verde (não exclusivamente) para fazer com que essa área evolua para outra perspectiva, e não somente aquela

de aperfeiçoamento técnico e de uma especialidade (subárea) da química.

Com motivação atrelada igualmente à experiência acadêmica e profissional é que a tese PPGE10-T10 foi desenvolvida, sendo justificada pela autora no fragmento que segue:

Em 2002 recebi o título de mestre, mas não estava totalmente satisfeita com os resultados conquistados. Parecia-me que deveria aprofundar mais meu conhecimento sobre o campo do ensino de Química. Assim, resolvi continuar na carreira acadêmica e em agosto desse ano ingressei no doutorado [...].

Os trabalhos envolvendo química verde, também chamada de química ética ou sustentável, assim como o ensaio do biólogo Hans Jonas sobre uma ética para uma civilização tecnológica, solidificaram minha escolha do tema de pesquisa. Passei então a me dedicar à compreensão e aplicabilidade dos princípios básicos da Química Verde acessando um trabalho de Michael Cann, onde eram apresentadas formas de abordar a química verde nos conteúdos da química inorgânica, orgânica, geral e ambiental (PPGE10-T10, p. 03).

A autora apresenta o que foi avaliado ao longo do desenvolvimento de sua pesquisa:

- a) Minha atuação na elaboração e aplicação de **uma metodologia de ensino voltada para as questões sócio-ambientais** e
- b) A atuação dos licenciandos na elaboração e aplicação de propostas de abordagem sócio-ambiental para os conteúdos de química para o ensino médio, durante as disciplinas Prática de Ensino de Química e Projetos de Ensino de Química na Instituição de Ensino Superior na qual trabalhava (Ibid., p. 26, grifo nosso).

Essa tese apresenta uma particularidade, pois a autora buscou avaliar sua prática docente, além de elaborar, aplicar e avaliar uma metodologia para promover a aprendizagem sobre QV, por parte de

licenciandos e professores. Vale destacar que, da amostra total de T&D analisadas em nossa pesquisa, esse é o único trabalho que apresenta tais características de pesquisa-ação.

Como vimos, tanto PPGE11-D33 quanto PPGE10-T10, para além das motivações pessoais (experiências profissionais e acadêmicas anteriores), discutem a importância de questões socioambientais no ensino de Química.

Destacamos ainda outras três dissertações (PPGE01-D1, PPGE11-D32 e PPGE12-D42), também classificadas nessa subcategoria, que indicam características comuns entre si quanto às motivações apresentadas. Nelas, ressaltam-se os aspectos da crise ambiental, associados às atividades/produtos químicos, buscando destacar o papel que o ensino de Química pode exercer para ajudar na compreensão da crise e na formação para uma atuação preventiva aos danos ambientais.

Seguindo a ordem cronológica de defesa dessas dissertações, apresentamos fragmentos extraídos que justificam esse entendimento:

O presente trabalho traz **um estudo sobre as relações da Química com os problemas ambientais, e como tais questões são tratadas nos cursos de formação inicial de professores de química.**

Com o objetivo de identificar e analisar ementas, conteúdos, temas, objetivos e bibliografia, **segundo o enfoque químico dado aos problemas ambientais**, desenvolveu-se uma pesquisa documental nos programas oficiais e planos de ensino de diferentes disciplinas de química nos currículos dos Cursos de Licenciatura em Química [...]. **As relações procuradas foram analisadas tomando como parâmetro os princípios básicos da Química para o Ambiente, do programa Green Chemistry (PPGE01-D1, p. IX, grifo nosso).**

A crise ambiental vem demonstrando a indispensável e urgente necessidade da tomada de consciência das pessoas sobre suas causas e as imperativas mudanças nos padrões sociais, culturais, econômicos e produtivos, em direção a uma maior sustentabilidade nas relações com a natureza. Neste sentido, **as ciências da natureza,**

particularmente a Química, têm papel importante nas soluções e na prevenção dos problemas ambientais, aspectos estes que precisam estar presentes desde a formação de químicos bacharéis e licenciados [...]. E, na mesma direção, a emergente área da Química Verde pode dar um singular apoio e influenciar a educação Química (PPGECT11-D32, p. 71, grifo nosso).

A partir da década de 90 as questões ambientais passaram a receber destaque na mídia nacional e internacional [...] a atividade química é frequentemente relacionada, direta ou indiretamente, à maioria dos chamados “desastres ambientais”, embora outras atividades humanas também sejam responsáveis pela degradação e poluição ambiental. [...]. **Colocar em prática os princípios da química verde pode parecer algo muito distante da realidade atual observada na maioria das escolas, dos laboratórios de pesquisa e didático. Mas a partir de conhecimento, reflexão e pequenas iniciativas, é possível associar a química a alternativas mais verdes, desfazendo o conceito que a química está relacionada somente à poluição e degradação ambiental,** esquecendo-se de todas as suas contribuições e avanços para a melhoria da qualidade de vida (PPGE12-D42, p. 1-2, grifo nosso).

Como sinalizamos, todas essas pesquisas apresentam como principal motivação a contribuição do ensino da QV para atuar na crise ambiental⁴³, ou seja, uma motivação extrínseca (GUIMARÃES, 2009), pois é a crise ambiental que exige uma resposta da química para o enfrentamento desses problemas. Não obstante, tal motivação produz uma ação para resolvê-la, de modo que os autores assumem que há uma necessidade de formação de educadores químicos com uma visão mais ampla e profunda das inter-relações e da complexidade em torno das questões ambientais, considerando os limites do ambiente natural. Por

⁴³ O entendimento de crise ambiental, expresso pelas autoras, vai ao encontro da definição crítica, de Pinto e Zacarias (2010), apresentada ao longo do segundo capítulo da tese.

exemplo, conforme aponta a autora do trabalho PPGECT11-D32, que associa essa visão à adoção de um novo paradigma, no caso, o ecológico de Thornton (2000), este tem foco na prevenção de efeitos de substâncias químicas e na precaução nas práticas cujos efeitos podem causar danos graves, mesmo que não existam provas para esse risco. Como essa perspectiva leva em conta o princípio da precaução, em face da incerteza científica, visa antecipar e prevenir os danos ambientais. É nesse aspecto que a QV procura relacionar-se, segundo seus precursores (ANASTAS; WARNER, 1998), centrando-se, entretanto, na prevenção. Assim, em PPGECT11-D32, a autora expressa sua visão:

Com a Química desempenhando papel fundamental para encontrar soluções e auxiliando no desenvolvimento de um novo paradigma para as suas práticas frente aos limites do meio ambiente, a Química Verde parece contribuir com o desenvolvimento de metodologias e processos que utilizem e gerem menor quantidade de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis, reduzindo assim os riscos e auxiliando o tratamento dos resíduos gerados nos processos químicos. **Para tanto, os procedimentos educativos e de formação profissional necessitam incorporar a dimensão ambiental, incentivando uma melhor compreensão dos mesmos e buscando introduzir práticas da QV nos processos educacionais.** Estes são elementos que podem contribuir significativamente ao desenvolvimento de uma educação química numa perspectiva crítica e emancipatória (PPGECT11-D32, p. 74-75, grifo nosso).

A formação para essa nova visão também é reconhecida em PPGE01-D1:

[...] a concepção de *Química para o meio ambiente* **está sustentada na perspectiva de promover conhecimentos para uma formação menos limitada ao saber específico desta Ciência.** Mais que um “saber sobre...”, se constrói mediante a articulação das diversas áreas do conhecimento, **pois busca formar profissionais**

para atuarem na sociedade frente à complexidade ambiental.

A Química para o meio ambiente tem em vista, dentre outros objetivos, a mudança do atual modelo de construção do conhecimento químico, de forma a entender a Ciência como atividade humana, cultural, histórica e, portanto, não neutra (PPGE01-D1, p. 52, grifo nosso).

Essas duas últimas dissertações problematizam a inserção da temática ambiental, pelo viés da QV (cabe lembrar que, em PPGE01-D1, o termo Química para o ambiente é utilizado como sinônimo de QV), no ensino e também na formação de professores de Química ao analisarem o currículo de cursos de licenciatura em Química. Neste sentido, a amplitude da circulação dos resultados dessas pesquisas poderá fornecer aos cursos analisados o suporte para problematizarem e superarem o modelo de formação mais restrito, seja quanto à visão de ciência, seja ao modo como a química vê e atua nos problemas ambientais, favorecendo, assim, o desenvolvimento de posturas de prevenção à poluição. Caso contrário, se não houver retorno aos cursos, diretamente ou por publicações, as dificuldades de mudanças aumentam e o papel social e acadêmico da pós-graduação deixa a desejar.

Por fim, em outras duas dissertações (PPGQ06-D7 e PPGE13-D46) foi possível classificar as motivações que levaram ao desenvolvimento das pesquisas, a aspectos associados à *Melhoria técnica para atingir a Sustentabilidade e o Desenvolvimento Sustentável* (outra de nossas subcategorias) por meio dos princípios da QV.

A pesquisa de PPGQ06-D7 objetivou sintetizar catalisadores, atendendo a princípios QV, na qual identificamos como motivação os argumentos expostos no fragmento:

Diante destas tão infames relações da química com lado mal da humanidade, **muitos cientistas começaram a ter um consenso de uma química mais sustentável, mais benigna.** Não se preocupando somente com os aspectos da mídia avassaladora (que tem autonomia de eleger ou destruir alguém), mas tendo em mente as malefícências geradas pelos processos químicos e a busca de métodos químicos alternativos que sejam mais delicados ao meio ambiente. **A ambição da procura de novos processos**

químicos alinhados com a preservação da natureza é maior que o conceito de um desenvolvimento sustentável. Pois além de produzir benefícios à humanidade, esta ambição está preocupada com a qualidade do meio ambiente, então se pode denominar que esta química não é somente sustentável, mas ela é química verde (PPGQ06-D7, p. 2, grifo nosso).

Para o autor, a atitude dos químicos deve ser pautada em ações que possam ajudar na manutenção e melhoria do nosso planeta (preservação), mantendo e melhorando a qualidade de vida e diminuindo os danos causados ao ambiente. Isso, para o autor, se faz por meio de medidas que almejam um desenvolvimento mais sustentável, sendo este o novo direcionamento consolidado pela Química Verde. Contudo, no fragmento, não fica claro seu entendimento acerca de desenvolvimento sustentável, visto que parece usá-lo antes como sinônimo de QV, algo nada incomum, já que o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos também faz uso dessa acepção. Além disso, o autor exprime uma visão acrítica sobre a preservação ambiental, desconhecendo/negligenciando a questão dos limites ambientais ao suportar as transformações irreversíveis da matéria operadas pela química, como lembram Marques e Machado (2015) ao discutirem a relação entre os postulados termodinâmicos e o conceito de DS.

Associado a esse discurso sobre a importância da QV, o autor ainda expõe:

Esta série de critérios que endossam a química verde como filosofia, é nada mais que uma das iniciativas **a redução do impacto ambiental. Esta nova ideologia incentiva a implementar a química verde em escala comercial e industrial e também em instituições de ensino e/ou pesquisa científica** (PPGQ06-D7, p. 5, grifo nosso).

Seu reconhecimento acerca da importância de se ensinar a QV (e também desenvolver pesquisas em QV), é justificado pelo entendimento de que essa filosofia fornece ferramentas para atuar de forma preventiva frente aos danos ambientais.

Assim, ao observarmos a existência de distintas motivações que levaram os autores a desenvolver suas pesquisas, explícita ou implicitamente associados à QV, todas apontam para o seu emprego como parte dos estudos que a Química deve desenvolver para agir com responsabilidade socioambiental, em diferentes contextos. As motivações expressas nas T&D são importantes para a formação de uma cultura ecológica que favoreça os sujeitos a adquirir não apenas conhecimentos comportamentais ou atitudinais, mas processuais em relação aos cuidados com o ambiente. Neste sentido, o ensino da QV parece indicar, para vários desses autores, um caminho que busca proporcionar mudanças na relação entre o uso/aplicação/produção da Química e a perspectiva da prevenção (MARQUES; MACHADO, 2015).

As discussões a seguir referem-se à próxima categoria, destinadas à apresentação das reflexões relacionadas ao papel atribuído ao ensino da QV nas T&D do círculo esotérico.

4.2.4 Papel atribuído ao ensino da Química Verde

Conforme apresentado e discutido no capítulo 3, os documentos que normatizam e orientam o ensino de Química no país fazem referência e destacam a importância da abordagem da temática ambiental em todos os níveis de ensino. Desta maneira, para que a Química Verde possa ser aplicada na indústria, nas pesquisas e no desenvolvimento de (novos) produtos, é indiscutível, ou melhor, indispensável, que deva ser ensinada em nível acadêmico, ou seja, em cursos de graduação e pós-graduação em Química, Engenharias, além daqueles cursos que têm relação com áreas ambientais e utilizem conhecimentos químicos. Além disso, é preciso reconhecer a importância de que, já na educação básica, se desenvolva uma cultura científica de cuidados com o ambiente (ZUIN; MARQUES, 2014; 2015), que possa contribuir não apenas com conhecimentos atitudinais, mas também com conhecimentos durante a alfabetização científica dos alunos.

Levando tais aspectos em consideração, nesta categoria discutimos como o papel conferido ao ensino da QV é identificado nos trabalhos. Não obstante, cabe ressaltar que em alguns dos fragmentos apresentados nas análises anteriores já foi possível inferir elementos/argumentos relacionados ao papel atribuído ao ensino da QV nas justificativas dos autores.

Dentre as seis classificações (subcategorias) definidas *a priori* (vide Gráfico 12), em apenas três delas enquadrámos os quatorze trabalhos, a saber: subcategoria *Ensino prático/experimental* (aqueles quatro trabalhos produzidos no âmbito da pós-graduação em Química: PPGQ06-D7, PPGQ07-D8, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9); na subcategoria *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade*, o trabalho PPGECT11-D33, e na subcategoria *Novo tipo de formação do Químico/Professor*, os trabalhos PPGE02-D1, PPGECT05-D4, PPGE08-D14, PPGECT11-D32, PPGE12-D42, PPGE13-D46, PPGE13-D50, PPGE10-T10 e PPGE10-T11.

Nossa interpretação acerca do papel atribuído ao ensino da QV, nos trabalhos categorizados como *Ensino prático/experimental* (talvez, não por acaso, sejam oriundos dos PPG em Química), está diretamente relacionada à natureza do conhecimento neles subjacente (aspecto já sinalizado na segunda categoria analítica). Nessas pesquisas, a ênfase identificada tem como base as características da racionalidade técnica, e talvez por isso apresentem a proposição/realização de atividades laboratoriais como motivação ao emprego de princípios da QV. Essa relação permite-nos concluir que o entendimento — embora não explícito — dos autores desses trabalhos (PPGQ06-D7, PPGQ07-D8, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9) sobre o papel do ensino da Química Verde está diretamente associado ao emprego da QV mediante uma abordagem estritamente experimental (subcategoria em questão).

Essa interpretação resulta, por exemplo, da análise do fragmento extraído de PPGQ07-D8:

A aplicação dos princípios da Química Verde pode até parecer algo distante da realidade química atual, no Brasil e no restante do mundo, observada em grande parte no setor industrial e nos laboratórios e centros de pesquisa. Porém, através de alternativas verdes e com investimentos na pesquisa, é possível eliminar, ou pelo menos reduzir, o antigo conceito de que a química esteja diretamente relacionada com a poluição e a degradação ambiental de nosso planeta.

Os princípios da Química Verde pautam-se no bom senso, de modo que vários governos, empresas, pesquisadores e professores já estão mudando o foco e usando “lentes verdes” em suas atividades e projetos. Mas para que os objetivos sejam atingidos não bastam o conhecimento químico básico e o trabalho de

profissionais competentes e criativos. É preciso que haja recursos financeiros para atividades de pesquisa científica e inovação tecnológica, além de incentivos governamentais para empresas, legislação e fiscalização adequadas, educação ambiental e outros requisitos (PPGQ07-D8, p. 43, grifo nosso).

A argumentação pauta-se na aplicação dos princípios QV (característica da própria proposta de pesquisa desenvolvida em sua dissertação), como uma espécie de “ferramenta para consertar” os descuidos da Química no ambiente, cuja ação técnica (mais ecoeficiente) promoveria a melhoria da imagem da área, por meio da redução ou eliminação da poluição. A autora reconhece que o emprego desses princípios não é algo simples, mas o “bom senso” tem feito que, aos poucos, a QV venha sendo inserida nas indústrias, nas pesquisas (favorecendo a transformação no modo de se produzir e desenvolver a Química) e no ensino, pois professores “já estão mudando o foco e usando ‘lentes verdes’ em suas atividades e projetos”. Interpreta-se que, por meio dos princípios, se está fomentando o debate acerca da importância do trabalho com questões ambientais em aulas de Química. A autora ainda sinaliza sobre a necessidade de investimentos governamentais (econômicos) para o desenvolvimento de pesquisas na área, incluindo o campo da educação ambiental. Embora não o expresse diretamente, tal entendimento sobre a presença e o papel da educação ambiental pode estar ancorado na perspectiva da ambientalização curricular, isto é, em sua institucionalização na educação superior, conforme sinalizam Zuin, Farias e Freitas (2009). É uma inferência muito tênue, mas o desenvolvimento de práticas químicas mais ecoeficientes e a sinalização de um processo educativo apontam que a autora tem uma visão formativa de superação do modelo atual.

Dentre as outras T&D dessa subcategoria, destacamos o trabalho PPGQ10-T9, que apresenta argumentos muito similares aos da dissertação anterior:

A Química verde é um enorme desafio para aqueles que procuram aplicar os seus princípios, seja na indústria, educação ou pesquisa. Os desafios trazidos por essa prática criaram grandes oportunidades para a descoberta e aplicações de novas tecnologias químicas, para a

melhoria das condições ambientais do planeta e para retirar o estigma que a química possui de estar relacionada a processos poluentes (PPGQ10-T9, p. 3, grifo nosso).

Aqui também se percebe que a aplicação dos princípios QV é reconhecida como um desafio para a indústria, a pesquisa e a educação. Embora não discorra a respeito, já que o tema central da tese trata de propostas de reações e sínteses que visam à adoção da QV por meio de seus princípios, podemos interpretar que seu entendimento seja de que esse tipo de motivação (sínteses mais limpas e ambientalmente eficientes) seja explorado no ensino, evidenciando, assim, a importância da área experimental no ensino, que deverá contribuir para a penetração da QV.

Esta é a característica predominante nos trabalhos produzidos em PPQ, muito embora não se configure de maneira clara se as propostas e relatos de experiência, desenvolvidos e apresentados nessas T&D, impliquem, efetivamente, em um desenho de ensino da QV onde se possa ver o papel que esta desempenhará na formação do químico, ao passo que é possível entrever também sua defesa. Logo, tais manifestações aparecem antes com caráter de divulgação, essencialmente por meio de propostas de atividades experimentais, como as contidas nos trabalhos PPGQ06-D7, PPGQ07-D8, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9. Recolhemos essas manifestações como um amadurecimento na postura da comunidade dos químicos, superando/transformando visões da química clássica, que favorecem a introdução da QV no seio da química, com reflexos em seu ensino.

Já nas T&D restantes (PPGECT11-D33, PPGE02-D1, PPGECT05-D4, PPGE08-D14, PPGECT11-D32, PPGE12-D42, PPGE13-D46, PPGE13-D50, PPGE10-T10 e PPGE10-T11), foi possível perceber que há uma tênue linha entre a argumentação e os entendimentos acerca da inserção da dimensão ambiental no ensino da Química. E foi com base nas justificativas utilizadas pelos autores para a adoção dessa dimensão e na explícita relação com o ensino da QV que esses trabalhos foram categorizados.

Para exemplificar, destacamos a dissertação PPGECT11-D33, cuja pesquisa trata da abordagem de temáticas ambientais no ensino de Química, feita por meio da perspectiva Crítico-Transformadora e em sintonia com o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade. Para tanto, a autora defende o desenvolvimento de práticas didático-metodológicas que possibilitem articulações com a QV. Por causa dessa ênfase, foi

classificada na subcategoria *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade*, conforme podemos perceber nos fragmento a seguir:

É, portanto, no contexto destas abordagens que inserimos nosso trabalho. Temos clareza que nossa pesquisa não é voltada ao currículo e, neste sentido, não oferece contribuições aos processos de (re)orientação curricular pautados na concepção freireana de educação [...]. No âmbito das abordagens teórico-metodológicas envolvendo a estruturação curricular a partir de temáticas emergentes da realidade local dos alunos e, por isso, representativas de problemas do ambiente (na perspectiva globalizante de meio ambiente) vivido por eles, vemos que os recortes do conhecimento, ou seja, os conteúdos específicos são selecionados subordinadamente aos temas de ensino (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2002). **Isto significa que, no caso do ensino de Ciências/Química, a conceituação científica/química precisa ser contemplada na programação de forma a possibilitar a construção de uma nova visão sobre o tema e sobre a problemática local.** Neste sentido, seguimos nossa discussão buscando **evidenciar possíveis contribuições da Química Ambiental (QA) e da Química Verde (QV) à compreensão de temas envolvendo problemas ambientais** (PPGECT11-D33, p. 121-122, grifo nosso).

Evidenciamos na leitura que o papel atribuído ao ensino da QV, juntamente com o da QAmb, pretendia possibilitar a discussão de problemáticas ambientais, favorecendo a compreensão do contexto local dos alunos. Mas a autora vai além, problematizando aspectos importantes para a compreensão do papel e o desenvolvimento da C&T:

Neste sentido, **e na medida em que a preocupação central da QV é superar a mera eficiência “técnica” e econômica dos processos químicos, com vistas ao desenvolvimento de alternativas menos poluentes ou não-poluentes, nossa compreensão é de que ela não se trata**

apenas de uma questão do ponto de vista da Ciência, mas também para o campo político e educacional. Para o primeiro, porque, concordantes com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), entendemos que “a produção em ciência/tecnologia é fortemente direcionada por políticas de desenvolvimento científico e tecnológico articuladas a planos estratégicos governamentais e à infra-estrutura financeira” (p. 69). E, para o segundo, porque: **1º) implica a necessidade de mudanças nos processos formativos de bacharéis e licenciados em Química para que estes possam repensar as atividades químicas e os valores subjacentes a elas, e atuar frente à complexidade da problemática ambiental; e 2º) a exemplo de outros “temas da C&T”** (como transgenia, clonagem, fontes alternativas de energia, etc.), **requer uma leitura crítica por todos os cidadãos para uma autêntica democratização dos conhecimentos em QV, a partir da superação do modelo de decisões tecnocráticas, da perspectiva salvacionista da C&T e do determinismo tecnológico** — três mitos que, segundo Auler e Delizoicov (2001) e Auler (2002) são encarados como manifestações da concepção de neutralidade da C&T (PPGECT11-D33, p. 123, grifo nosso).

A mestranda apresenta uma visão holística acerca da Química Verde, indicando a necessidade de se superar as visões que a associam à racionalidade técnica e econômica, uma vez que reconhece sua contribuição na esfera política e educacional. Afirma ainda que a QV deva fazer parte da formação dos químicos e professores de Química, pois além de proporcionar a superação de visões salvacionistas da C&T, oferece aporte para a tomada de decisões críticas e conscientes, principalmente naquelas que envolvem a relação da Química com o ambiente. São aspectos que evidenciam suas justificativas para ensinar a QV, cujo centro argumentativo é a busca por transpor uma visão acrítica das *Inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade*.

A necessidade de superar visões reducionistas e ingênuas da neutralidade da ciência e da tecnologia pode, segundo a autora, ser proporcionada pelo ensino da Química Verde, mas juntamente com o

aporte do enfoque CTS, contribuindo, assim, com a abordagem dos temas ambientais e favorecendo a compreensão da problemática que os envolve e suas relações com a Química.

Como apontado, nas demais pesquisas (PPGE02-D1, PPGE05-D4, PPGE08-D14, PPGE11-D32, PPGE12-D42, PPGE13-D46, PPGE13-D50, PPGE10-T10 e PPGE10-T11), a justificativa predominante, associada ao papel atribuído ao ensino da QV, está ligada à ideia de um *Novo tipo de formação do Químico/Professor*.

Essas pesquisas fornecem aportes que podem fomentar discussões acerca de questões sociais, morais, econômicas e éticas, associadas ao desenvolvimento científico e tecnológico, especificamente da Química. Segundo apreendemos da análise, essas T&D apresentam aspectos que podem contribuir para um novo tipo de formação química, voltado aos cuidados com o meio ambiente e por meio de discussões mais amplas. Para corroborar essa afirmação, destacamos um fragmento extraído de PPGE02-D1:

Nesse primeiro momento, é necessário que se elucide alguns pontos em questão. **O primeiro deles é a compreensão que se deve ter de que a formação do professor por si só exige um contexto de complexidade, em que vários aspectos necessitam ser analisados e questionados.** Outro ponto subsequente deste, é o fato de uma formação de professores que vise a busca por um profissional com uma ampla visão de mundo e ambiente e, consciente das inter-relações entre Química e os problemas ambientais é, sem dúvida algo que exige bem mais, como discuti-se a seguir (PPGE02-D1, p. 36, grifo nosso).

Percebe-se que a autora reconhece a complexidade dos fatores envolvidos com os problemas ambientais, derivados da Química, ao longo do processo formativo de seus professores, mesmo que não discorra muito sobre os fatores que influenciam na transformação ou superação de visões reducionistas de mundo e ambiente nos profissionais da área. Já quanto ao papel do ensino da QV, aponta que:

a concepção de Química para o meio ambiente está sustentada na perspectiva de **promover**

conhecimentos para uma formação menos limitada ao saber específico desta Ciência. Mais que um “saber sobre...”, se constrói mediante a articulação das diversas áreas do conhecimento, pois busca formar profissionais para atuarem na sociedade frente à complexidade ambiental. A Química para o meio ambiente tem em vista, dentre outros objetivos, a mudança do atual modelo de construção do conhecimento químico, de forma a entender a Ciência como atividade humana, cultural, histórica e, portanto, não neutra. [...] **a Química para o Meio Ambiente não só ensina métodos e ferramentas, mas busca novos conhecimentos que possam possibilitar uma formação mais responsável** (PPGE02-D1, p. 52-54, grifo nosso).

Indiscutivelmente, a autora defende que o ensino QV (ou Química para o ambiente) deva fazer parte da formação (em se tratando de uma pesquisa que analisa currículos de cursos de licenciatura em Química, subentende-se que esteja se referindo à formação de professores de Química), por proporcionar a aquisição/desenvolvimento de novos conhecimentos não restritos à racionalidade técnico-instrumental (métodos, técnicas, ferramentas, fórmulas, etc.), colaborando com uma visão mais crítica sobre o conhecimento químico e a neutralidade da ciência (no caso, sua superação). Ou seja, a QV deve ser inserida nos processos de formação dos químicos para contribuir com o desenvolvimento do senso crítico, possibilitando, assim, uma melhor compreensão das variáveis envolvidas nas questões do ambiente e da Química, além de influenciar a prática dos futuros docentes.

A dissertação PPGE12-D42 traz aspectos similares ao apontado na pesquisa anterior:

Ao se trabalhar com a QV é preciso uma mudança na forma de se pensar em relação à prática da Química, pois seus métodos vão além da reprodução de metodologias, reagentes e solventes já testados e comumente utilizados. Mas que necessita do apoio de indústrias, governantes, **na qual a educação tem um papel fundamental na sua disseminação na sociedade.** Apesar da sua presença nos currículos ainda ser muito pequena aos poucos está se tornando mais presente em

publicações e em eventos o uso do termo “Química Verde”.

Fazendo uma avaliação do currículo do curso de Química observa-se que a maior preocupação tem sido com o domínio de técnicas e memorização de conteúdos, claro que esse domínio é necessário, no entanto, **é possível formar cidadãos e profissionais mais conscientes, com capacidade de se adaptar as exigências que o mercado propõe, ou seja, pessoas mais engajadas com as questões ambientais** sem implicações na aquisição de conhecimento dos conteúdos das disciplinas. **Educar futuros e atuais químicos em QV é um primeiro passo necessário para prevenir a poluição através de produtos mais seguros e processos químicos mais ecológicos** (PPGE12-D42, p. 58-59).

A autora aponta ainda que a QV é pouco presente nos currículos de cursos de Química, e que seu ensino não deve se reduzir ao domínio de técnicas (embora isso também seja importante), mas sim a uma formação que possibilite, além do domínio de conteúdos, formar cidadãos mais conscientes e capazes de se adaptar às exigências do mercado, neste caso, engajadas com questões ambientais. É uma argumentação distinta das demais, pois uma das razões tanto para o ensino da QV quanto para uma atuação responsável é atender às exigências do mercado, supostamente interessado em produtos e processos “mais limpos”. Distintamente de muitos outros trabalhos que explicitam razões éticas, esse “acrescenta” motivações econômicas ao ensino da QV. Enfim, outro papel, além daquele já discutido e evidenciado, qual seja, de a QV associar-se, na formação do químico, ao seu principal objetivo, que é o da prevenção de danos ambientais.

Em PPGE08-D14 também podemos perceber o reconhecimento da abordagem da QV na formação de professores de Química:

[...] acreditamos que o entendimento da incorporação da Educação Ambiental e do desenvolvimento sustentável na matriz curricular dos cursos de Licenciatura em Química possa estar sendo desenvolvida através do conhecimento das representações sociais de Química Ambiental e da filosofia da Química Verde, no âmbito do currículo e na linguagem dos discentes e docentes

envolvidos no processo educativo. **Concordamos também que as pesquisas em Educação Química devam estar atentas aos princípios da Química Verde, considerando que a expansão dessa área no meio acadêmico pode contribuir para a formação de profissionais mais responsáveis e tecnicamente capazes na definição de processos químicos que incorporem a variável ambiental (PPGE08-D14, p. 30-31, grifo nosso).**

Nessa pesquisa, o autor busca investigar as representações sociais acerca do termo Química Ambiental entre estudantes dos cursos de Bacharelado em Química Ambiental e Licenciatura em Química do Instituto de Química da USP. Ele defende um novo olhar para a educação química, em que o currículo de licenciatura em química possa abrir espaço para incorporar os ideais da Educação Ambiental e do Desenvolvimento Sustentável, e que isso possa ser favorecido pela aplicação dos saberes derivados da QAmb e da QV. Sua pesquisa apontou que essas duas vertentes (a disciplina QAmb e a abordagem QV) estão, de algum modo, contribuindo com conhecimentos e metodologias que favorecem a incorporação da dimensão ambiental no currículo.

Por fim, apresentamos o entendimento acerca do papel do ensino da QV expresso no trabalho PPGE13-D50:

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

experimentação, dentre outras dimensões relevantes (PPGE13-D50, p. 2, grifo nosso).

A autora também confere a necessidade da inserção da QV nos currículos universitários por ser um objeto emergente de pesquisa, inclusive nos sistemas de ensino, envolvendo especialmente a formação de profissionais do campo da Química, incluindo a formação de seus futuros professores. Em sua análise e afirmação, considera “contundente” essa “introdução”, algo que alguns autores não têm constatado, a exemplo de estudos recentes conduzidos por Zuin e Marques (2014; 2015). Contudo, o aspecto mais importante nesse fragmento é a assertiva de que “importa refletir sobre o currículo”, que implica na seleção de conteúdos, no desenvolvimento de materiais didáticos, na análise de procedimentos metodológicos propícios à abordagem de temas ligados à Química Verde. Concordamos com a preocupação da autora, que expressa uma visão comprometida com mudanças curriculares e epistemológicas que consolidem a evolução da química para a perspectiva de cuidados com o ambiente.

Assim, ao finalizarmos essa análise da categoria que buscou indicar a visão de autores de T&D sobre o *papel atribuído ao ensino da QV*, resultaram claros o reconhecimento e os argumentos a favor do ensino da QV e seu papel na formação docente, especialmente frente às demandas atuais relacionadas à dimensão/problemas ambiental. Na maioria das T&D, a argumentação quanto aos motivos de se ensinar a QV está associada a um novo tipo de formação dos químicos e de seus professores. Por meio dela (isto é, do ensino da QV), pode-se chegar ao desenvolvimento de uma visão ampla, holística, crítica e reflexiva, a ponto de se constituir em um elemento de transformação da realidade, além de contribuir para a superação de aspectos reducionistas e salvacionistas da C&T. Percebemos também que alguns trabalhos estabelecem a QV como um elemento de integração com os setores acadêmico e industrial, onde priorizará processos que levam em conta considerações socioambientais. Todavia, em um trabalho, essa integração foi vista como uma forma de atender às demandas do mercado, algo que destoava das demais justificativas e razões ao seu ensino.

A seguir, apresentamos a última categoria analítica, na qual discutiremos como se apresentam/caracterizam os modelos de implementação do ensino da QV, nas T&D.

4.2.5 Modelos de implementação do ensino

A fim de concluir a configuração da cadeia de características acerca do ensino da QV, detectada a partir da análise do *corpus* desta investigação, baseando-se em Marques e Machado (2015), e também em Goes e colaboradores (2013), buscamos identificar os modelos à sua implementação na formação da química, particularmente de professores de química. Isto é, de que maneira os autores das T&D reconhecem/sugerem/defendem/apontam que a Química Verde deve/possa ser inserida no ensino da Química. Para tanto, construímos, a partir dos referenciais indicados, quatro subcategorias, a saber: *Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais ao ensino*; *Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química*; *Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos*; *Incorporação da QV de modo transversal no currículo*. A subcategoria “*Sem explicitar diferenciação de modelo*” foi utilizada apenas na classificação dos trabalhos constituintes do círculo exotérico, visto não mencionar compreensões explícitas sobre o ensino da Química Verde.

Dentre essas subcategorias, a três primeiras mencionadas foram extraídas e adaptadas do estudo desenvolvido por Goes e colaboradores (2013), cuja formulação se baseou em modelos relacionados ao ensino da QV, propostos por Burmeister, Rauch e Eilks (2012), sinteticamente descritos como: *tradicional, contextual e sócio-científico*. Por ser um estudo mais relacionado a uma experiência com o ensino da QV, tomamo-lo por referência para classificar e interpretar as T&D segundo as definições apresentadas no artigo de Goes e colaboradores (2013).

A primeira subcategoria — *Incorporação dos princípios da QV em procedimentos experimentais ao ensino* — é constituída por quatro trabalhos oriundos dos PPGQ (PPGQ06-D7, PPGQ07-D8, PPGQ05-T2 e PPGQ10-T9), sendo consequência das características dessas investigações — algo já bastante discutido ao longo das demais categorias —, haja vista que essa categoria:

envolve a incorporação dos princípios da Química Verde em procedimentos experimentais e reflete uma concepção que pode ser considerada mais tradicional. Esse modelo combina objetivos de ensino focados principalmente nos princípios da Química

Verde e nos conceitos básicos de química que embasam tais princípios. Os conceitos principais a serem abordados são os chamados instrumentos da QV. Em termos das dificuldades dos estudantes nesse modelo ressalta-se a necessidade de integração de conceitos das diferentes áreas da química (GOES *et al.*, p. 116, grifo nosso).

Nessas pesquisas, o foco residia no desenvolvimento de atividades experimentais ou de sínteses que demonstrassem a aplicação de princípio(s) da QV, mesmo que tais procedimentos se reduzissem a aplicações de técnicas mais ecoeficientes, portanto, fortemente alicerçadas na racionalidade técnica.

No fragmento abaixo, do trabalho PPGQ06-D7, evidenciamos essas características:

Diante destes preceitos [12 princípios QV], **a catálise assume um dos pilares fundamentais e irrefutáveis da química verde**, oferecendo vantagens sobre as reações estequiométricas em termos de seletividade e minimização de energia. Trabalhos focalizados na aplicação de catalisadores revelam papel importantíssimo em pesquisas na área de química, propiciando **benefícios ecológicos**, humanos, sociais e econômicos. A idéia de desenvolver processos químicos que envolvam a catálise podem também ser estendidas à biocatálise, e também à fotocátalise.

Um caminho bastante atrativo para o desenvolvimento de tecnologias limpas, é sem dúvida a preparação de catalisadores sólidos aplicados não só à remoção de contaminantes dispersos em efluentes mas principalmente, à catálise de reações químicas visando à maximização das reações e minimização de resíduos formados durante o processo reacional. Desta maneira, as habilidades destes compostos sólidos sugerem sua alta aplicabilidade em processos reacionais, principalmente no segmento industrial.

Esta série de critérios que endossam a química verde como filosofia, é nada mais que uma das iniciativas à redução do impacto ambiental. **Esta**

nova ideologia incentiva a implementar a química verde em escala comercial e industrial e também em instituições de ensino e/ou pesquisa científica (PPGQ06-D7, p. 5, grifo nosso).

Na dissertação em questão, que tinha como objetivo a síntese de catalisadores sólidos, percebe-se a ênfase na aplicação de princípios da Química Verde (o nono, especificamente), apontando que o campo da catálise é um dos pilares da QV e, por conseguinte, de sua “ideologia” que busca a redução de impactos ambientais da química. Em outras palavras, o autor desenvolveu (com razão) uma nova técnica mais vantajosa em relação às reações estequiométricas, em termos de seletividade e energia. Algo feito por motivações múltiplas, entre as quais, benefícios ecológicos, humanos, sociais e econômicos. Interpretamos que, para esse autor, a implementação dessa filosofia no ensino ocorreu por meio da inserção dos princípios da QV em atividades experimentais (laboratórios de ensino). Uma compreensão similar sobre motivações se constata também em PPGQ07-D8:

Este conceito [QV] já é relativamente comum em aplicações industriais, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes. **Também vem sendo gradativamente incorporando ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa. Basicamente, há doze tópicos que precisam ser apreciados quando se pretende implementar a química verde** (PPGQ07-D8, p. 4-5, grifo nosso).

Aqui também emerge uma expectativa de melhorar as atividades dos químicos pelo uso dos doze princípios da QV, ou seja, a ideia central dessa afirmação é de que os princípios servem como ferramenta conceitual para o desenvolvimento de uma química ambientalmente limpa ou de uma nova maneira de pensar e desenvolver a química. Contudo, mesmo que esse entendimento seja apropriado (MARQUES; MACHADO, 2015), a questão é que a busca pela aplicação desses princípios não garante, por si só, soluções de verdura química plena (termo utilizado e relacionado ao emprego de métricas em QV) em uma

ciência complexa como a química, sobretudo se considerarmos sua relação com o meio ambiente.

Contudo, essa afirmação, relativa à incorporação da QV e seus 12 princípios no ensino da QV, parece indicar o seu reconhecimento sobre o papel dos mesmos na formação química. É, portanto, um esforço que faz a comunidade epistêmica QV (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014) para difundir seus princípios e também para trazê-los ao ensino e à prática da Química, favorecendo, assim, a evolução da química clássica para uma nova racionalidade, a ambiental.

Na segunda subcategoria *a priori*, intitulada *Incorporação de estratégias sustentáveis como conteúdo no currículo de Química*, não individuamos nenhuma T&D através da qual pudéssemos obter expressões ou entendimentos claros que dessem significado a tal pretensão. Mas, por não termos feito considerações anteriores em relação ao significado expresso na denominação dessa subcategoria, fizemos isso por representar um importante aspecto envolvendo o ensino da QV, isto é, estratégias para a sua implementação, considerando, mais especificamente, o tema da sustentabilidade. Segundo Goes e colaboradores, esse modelo:

reflete uma concepção contextualizada, a qual combina estratégias de ensino que buscam conexões entre princípios de química e o contexto da indústria química e objetivos de ensino voltados a melhorar a compreensão de conceitos de química através das suas relações com aplicações tecnológicas e questões ambientais. **Em termos de currículo, tais objetivos podem ser adequadamente contemplados em uma disciplina à parte, voltada aos conteúdos específicos da QV** (2013, p. 116, grifo nosso).

Observamos que a ideia de contextualização, enquanto estratégia de ensino, encontra vasto apoio na literatura educacional e no ensino de Química e Ciências (SANTOS; MORTIMER, 1999, COELHO; MARQUES, 2007, FERNANDES; MARQUES, 2015). Mas aqui os autores discutem, de forma mais específica, a forma de se estabelecer conexões entre a QV, aplicações tecnológicas e questões ambientais. Além disso, defendem que, no currículo, isso deva aparecer em uma disciplina à parte. Vale observar que Marques e Machado (2015) identificaram ideias e propostas como esta nos artigos analisados, embora minoritariamente. Em seu artigo, aliás, comentam que os

principais precursores da QV (ANASTAS; WILLIASON, 1996) sempre defenderam a transversalidade desta no campo da química.

Na análise que conduzimos nas T&D, observamos que nenhum dos trabalhos propôs a QV na forma de uma disciplina ou curso introdutório nas grades curriculares dos cursos de química — ou em outros níveis de ensino — em que os autores, porventura, atuavam.

Já a terceira subcategoria sobre o *Uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sócio-científicos* foi baseada no modelo 3 de Goes e colaboradores, que:

alinha-se a uma abordagem sócio-científica, combina estratégias de ensino baseadas em resolução de problemas e grupos de discussão voltados aos aspectos controversos sobre tecnologias alternativas, a objetivos de ensino relacionados ao desenvolvimento de habilidades e atitudes com foco no desenvolvimento sustentável (GOES et al., 2013, p. 116-117, grifo nosso).

Baseada na resolução de questões controversas, essa estratégia liga-se à defesa do DS, embora objetive reforçar sua abordagem sócio-científica. Portanto, o ponto de partida é outro quanto à subcategoria antes discutida.

Nas dissertações PPGECT05-D4, PPGECT11-D33 e PPGE13-D50 identificamos características associadas ao como ensinar QV que se aproximam e se justificam pela definição acima. Dentre estas, destacamos PPGECT11-D33.

Para entender o modo como a autora compreende a implementação do ensino da QV, julgamos necessário apresentar um fragmento extraído do 2º capítulo de sua dissertação, que demonstra a sua visão de C&T, a qual interfere diretamente em sua maneira de compreender a relação entre a temática ambiental e a formação de professores de Química:

[...] **na medida em que a preocupação central da QV é superar a mera eficiência “técnica” e econômica dos processos químicos, com vistas ao desenvolvimento de alternativas menos poluentes ou não-poluentes, nossa compreensão é de que ela não se trata apenas de uma questão do ponto de vista da Ciência, mas também para o campo político e educacional.**

Para o primeiro, porque, concordantes com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), entendemos que “a produção em ciência/tecnologia é fortemente direcionada por políticas de desenvolvimento científico e tecnológico articuladas a planos estratégicos governamentais e à infra-estrutura financeira” (p. 69). E, para o segundo, porque: 1º) implica a necessidade de mudanças nos processos formativos de bacharéis e licenciados em Química para que estes possam repensar as atividades químicas e os valores subjacentes a elas, e atuar frente à complexidade da problemática ambiental; e 2º) **a exemplo de outros “temas da C&T” (como transgenia, clonagem, fontes alternativas de energia, etc.), requer uma leitura crítica por todos os cidadãos para uma autêntica democratização dos conhecimentos em QV, a partir da superação do modelo de decisões tecnocráticas, da perspectiva salvacionista da C&T e do determinismo tecnológico – três mitos que, segundo Auler e Delizoicov (2001) e Auler (2002) são encarados como manifestações da concepção de neutralidade da C&T (PPGECT11-D33, p. 127, grifo nosso).**

Ao problematizar visões de C&T, especialmente as salvacionistas, a autora assume que a QV não deve se reduzir a aspectos técnicos e econômicos, mas ir além, isto é, não desconhecer os determinantes e as implicações políticas e educacionais como elementos presentes na busca por “superar a mera eficiência técnica e econômica dos processos químicos, com vistas ao desenvolvimento de alternativas menos poluentes ou não-poluentes”, de modo que “não se trata apenas de uma questão do ponto de vista da Ciência”. A autora ainda, sob a perspectiva educacional, defende que:

os conteúdos específicos da Química, inclusive aqueles que se referem à Química Ambiental e à Química Verde, devem ser organizados em função de temas de ensino extraídos, preferencialmente, do contexto social vivenciado pelos alunos da escola (PPGECT11-D33, p. 211, grifo nosso).

Para essa pesquisadora, o ensino de Química (na educação básica, onde atuará o professor licenciado), por meio da QV, deve ter como preocupação o contexto onde se inserem o aluno e a escola. Seu entendimento, expresso no fragmento anterior, acerca de temas (contextualização na perspectiva de temas socialmente relevantes), indica uma preocupação com a formação crítica para o exercício da cidadania. E embora o foco não esteja explicitamente ligado ao desenvolvimento sustentável, a proposta para a implantação do ensino da QV parece pautar-se na abordagem de temas sócio-científicos, por meio de debates sociais controversos.

Nesse mesmo viés se encontra o trabalho PPGE13-D50:

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

Nos últimos 5 anos, o movimento conhecido como Química Verde foi introduzido de maneira mais contundente no sistema de ensino, compreendendo-o na condição de filosofia, o pensamento-ação em interlocução com as dimensões socioambientais, principalmente nas universidades (PPGE13-D50, p. 2, grifo nosso).

A pesquisa apresenta discussões importantes acerca do ensino da QV, destacando aspectos relacionados à seleção de conteúdos, ao desenvolvimento de materiais didáticos e à análise de procedimentos

metodológicos, além de enfatizar o reconhecimento sobre a aplicação dos 12 princípios em estudos laboratoriais. Em outras palavras, ressalta o desenvolvimento, a adaptação e a análise da inserção de práticas laboratoriais de ensino com ênfase na Química Verde, por meio de experimentos verdes explorados como problemáticas sócio-científicas controversas. A esse respeito, relata:

Os experimentos que versam sobre questões sociocientíficas controversas, como os impactos associados aos resíduos plásticos no meio ambiente; o derramamento de petróleo e a atividade repelente do salicilato de metila, como carrapaticida no controle das larvas de *Boophilus microplus*, encerram múltiplos aspectos não apenas científicos, mas histórico- culturais, ético-morais, políticos, que condicionam e, em muitos casos (re)orientam e (re)centram a atividade e alcances do empreendimento científico, o qual é compreendido como construção social humana que implica em opções e tomadas de posição não neutras, mas carregadas de valores. A introdução do experimento “Identificação de polímeros” é uma forma de apresentar a problemática do resíduo na sociedade. Os resíduos plásticos representam cerca de 15-20% do volume e 4-7% da massa dos resíduos nos lixões (PPGE13-D50, p. 3, grifo nosso).

Neste sentido, segue o modelo apresentado por Goes e colaboradores (2013) — que também orientou nossa subcategoria —, que se caracteriza pela inserção e abordagem da QV através do uso de questões sociocientíficas no contexto de debates sociais controversos. Além disso, aponta como foco principal a abordagem sobre como o desenvolvimento da Química pode ser avaliado considerando as dimensões da sustentabilidade, a relação entre sociedade, economia e ambiente.

A última subcategoria, *Incorporação da QV de modo transversal no currículo*, teve origem na pesquisa de Marques e Machado (2015), sendo a classificação predominante entre as T&D do círculo esotérico (PPGE02-D1, PPGE08-D14, PPGE11-D32, PPGE12-D42, PPGE13-D46, PPGE10-T10 e PPGE10-T11). Nessas pesquisas, os autores percebem e sustentam que a QV deve passar, de forma transversal, o

currículo de Química, de modo que concordamos com essa compreensão.

Os fragmentos extraídos dos trabalhos PPGE02-D1, PPGECT11-D32, PPGE12-D42 e PPGE10-T11 ilustram o que vem expresso nessa subcategoria:

[...] a Química para o Meio Ambiente não exclui o que vem sendo ensinado pela Química ambiental, mas **busca-se ampliar tais conhecimentos, competências, atitudes e habilidades**. De forma que sejam discutidos os problemas ambientais gerados pela Química **em todas as outras disciplinas do currículo**. **E que essa discussão não se limite a apresentar os problemas, mas a investir em soluções dentro do planejamento numa perspectiva de prevenção como demonstrados pelos princípios do INCA - Green Chemistry (PPGE02-D1, p. 104, grifo nosso).**

Já um currículo com ênfase na Química Verde poderia incluir saberes científicos mais direcionados à sustentabilidade ambiental, dentro do domínio da Química tanto básica quanto tecnológica, explorando o uso das propriedades e das transformações da matéria com essa perspectiva. **Os princípios balizadores da QV seriam abordados transversalmente em todas as disciplinas dos cursos de graduação em Química (PPGECT11-D32, p. 63, grifo nosso).**

[...] Desta forma, **julgamos que as questões ambientais não devam ser vistas e empregadas como enxertos disciplinares, mas sim abordadas de forma transversal nos currículos de cursos de Licenciatura em Química, auxiliando, assim, os futuros professores para o desenvolvimento de competências e atitudes críticas frente à emergência ambiental (PPGECT11-D32, p. 65, grifo nosso).**

[...] a sociedade, incluindo a indústria, devem tomar decisões conscientes em relação ao meio ambiente, **e a maneira mais fácil de garantir**

que essas decisões focadas na sustentabilidade são através do apoio à implantação da QV na educação presente nos currículos dos cursos das Universidades. Esse trabalho de implantação tem se centrado no currículo de graduação [...] Os educadores muitas vezes discutem como incorporar a educação em QV em um currículo do curso de Química ou mesmo no Ensino Médio se os conteúdos das disciplinas que contemplam esse currículo já estão bem definidos, o que não significa que o tema não possa ser incorporado juntamente com o conteúdo tradicionalmente trabalhado. [...] Assim, a QV não deve ser percebida como um tópico a mais no currículo, mas como algo que vem dar a sua contribuição. A QV é mais facilmente demonstrada em laboratório onde a teoria é colocada em prática, no entanto, essa integração não deve ser isolada só para o laboratório [...] a melhor maneira de alcançar a compreensão do estudante é discutir a teoria, e em seguida permitir sua inserção de outras formas, como na discussão de artigos, elaboração de projetos ou atividades que permitem aos alunos relacionar a química aos problemas ambientais. [...] Só então é que começam a compreender a relevância e a importância da QV na vida cotidiana. Pode ser inserida em praticamente todas as disciplinas do curso de Química [...] (PPGE12-D42, p. 13-14, grifo nosso).

Outro entendimento relevante de PPGE10-T11 é identificado por meio de uma citação utilizada na tese:

Pinto e colaboradores (2009) concordam com a necessidade de uma revolução na formação de profissionais no campo da Química, e apontam possíveis caminhos para esse processo, como uma maior proximidade entre as Ciências Naturais e a Educação [...]. *“Os princípios da Química Verde, a sustentabilidade e a atuação responsável deverão ser transversais aos novos currículos e às novas estruturas. A Química Verde deve deixar*

de ser apenas um conceito, para ser uma atitude responsável, [...] Para tanto, precisamos 'inocular' nos estudantes e profissionais o 'comportamento verde'" (p. 568).

A legítima preocupação dos autores com a formação dos profissionais pautada nos princípios da Química Verde não pode servir como justificativa para uma atitude açodada na realização desse objetivo, pois faz-se necessária a promoção de ações que contribuam para formação de um clima cultural propício à assimilação dessa nova filosofia, que ocorre de forma processual, demandando tempo e abordagens educativas mais apropriadas (PPGE10-T11, p. 43-44, grifo nosso).

Indiscutivelmente, nas quatro pesquisas destacadas, as autoras demonstram um entendimento de que a QV deva ser introduzida nos currículos de Química e na educação básica, mas remetendo à necessidade de uma inserção transversal dessa filosofia. A justificativa pauta-se na busca pela sustentabilidade, a possibilidade de abordagem de questões ambientais em cursos de formação, além de proporcionar uma atuação química responsável.

Entendemos que transversalizar a QV no currículo possibilita a superação que inserções pontuais ou esporádicas podem proporcionar, mesmo através de uma componente curricular específica que explore seus princípios de forma meramente prescritiva e pragmática. Conforme já discutimos, acreditamos que esse tipo de abordagem mais pontual acaba favorecendo visões reducionistas da QV e da própria problemática ambiental envolvida nos processos químicos, por exemplo.

Com a transversalização, significa que a QV (seus 12 princípios, resultados de pesquisa e formulações ao seu ensino) deve perpassar diferentes disciplinas e práticas metodológicas e laboratoriais em todas as subáreas da Química (acadêmica e industrial), oportunizando, assim, a problematização e contextualização (crítica) de sua própria natureza teórico-prática. Se, por um lado, é verdade que seus princípios permitem/orientam o desenvolvimento da Química (agora Verde), os resultados desse desenvolvimento e os conhecimentos dele resultantes (domínios conceituais e metodológicos) precisam aportar no ensino da Química. Os experimentos “verdes”, por meio de “roteiros verdes”, como vimos em outras categorias, cumprem um papel importante, desde que a experimentação esteja em consonância com as atuais perspectivas epistemológicas e pesquisas educacionais (ZANDONAI *et al.*, 2014). A

esse respeito, Zuin (2011) explica que há um jogo de concepções que divergem entre si, sendo que, em um dos extremos, a QV é pensada apenas em sua dimensão técnica, enquanto no outro, seus princípios representam uma nova racionalidade para o desenvolvimento das atividades químicas, que considera, além de suas potencialidades técnicas, sua capacidade para estabelecer uma nova relação com a sociedade e o ambiente.

Os modelos de implementação circulantes nas T&D refletem as várias possibilidades pedagógicas que o círculo esotérico, da comunidade epistêmica QV, vislumbra e apresenta para o seu ensino (especialmente à formação do químico).

Neste capítulo, buscamos responder duas das questões complementares desta pesquisa, de modo que, a seguir, expomos uma breve síntese dos resultados analíticos proporcionados ou expressos pelas categorias e subcategorias.

A primeira delas, ou seja, nossa terceira questão complementar de pesquisa: “*Que características contêm eventuais formulações dirigidas ao ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica? Em que medida essas formulações podem contribuir à FPQ?*” Esse questionamento está diretamente relacionado com o objetivo específico: *Caracterizar e discutir eventuais propostas sobre o ensino da QV em T&D nas áreas de Química, Educação e Educação Científica, analisando se essas propostas podem contribuir à FPQ*. Isso orientou todo o percurso empreendido para a identificação da amostra final, o *corpus* de análise constituído por 77 documentos, lidos na íntegra, cujo resultado apontou que apenas 14 deles (10 dissertações e 4 teses) continham aspectos explícitos sobre o ensino da QV. Por conseguinte, somente essas T&D foram tomadas como constituintes do círculo esotérico (cujos componentes foram tomados como especialistas em ensino da QV) de nossa pesquisa.

Com isso, pudemos identificar e discutir os discursos e as propostas relacionadas ao ensino da QV com base nas cinco categorias e suas respectivas subcategorias (apresentadas no Quadro 1), através da quais se buscou problematizar possíveis reverberações na formação de químicos, especialmente na formação professores de Química. À guisa de síntese, apresentamos na sequência o cenário encontrado com a nossa categorização.

Quanto à *Característica predominante dos problemas que originaram as pesquisas* (distribuídas na análise em quatro subcategorias), algumas pesquisas tinham como objetivo principal

analisar currículos de cursos de licenciatura em química, **avaliando** o viés empregado na **abordagem de questões ambientais** em sentido amplo. Já em outras pesquisas a QV foi sugerida e **utilizada como uma estratégia para tratar de temas ambientais** no ensino. Identificamos também T&D em que se buscou vincular a QV a outras dimensões/temas e campos de estudo mais objetivados, a exemplo do Desenvolvimento Sustentável, Química Ambiental e Educação Ambiental. Por fim, e mais intensamente, a presença da QV no âmbito da formação e do ensino ocorreu por meio de pesquisas que resultaram em sugestões, por meio da exemplificação de atividades laboratoriais.

Em relação à origem/produção/aplicação e/ou proposições de saberes e práticas em QV, discutida na segunda grande categoria de análise, com ela buscamos detectar a *Natureza do conhecimento envolvido* nas T&D. Percebemos que as pesquisas trouxeram à tona estudos sobre a QV, incluindo a perspectiva educacional, embora na abordagem dos temas não tivesse ocorrido intensamente uma problematização de natureza sociocientífica, de modo que, por vezes, os traços/atributos da racionalidade instrumental prevaleciam em alguns trabalhos (particularmente aqueles oriundos dos programas de pós-graduação em Química). Nessas pesquisas, os princípios da QV foram utilizados como uma mera prescrição normativa, empregados como uma forma de divulgação e emprego da QV, por vezes, elementares e mediante abordagens reducionistas, sem problematizar, por exemplo, a averiguação da verdade química global do sistema de reação ou o processo de síntese envolvido.

Essas características gerais influenciaram diretamente no enquadramento dessas pesquisas nas demais categorias adotadas. Por exemplo, ao verificar o *para que* ensinar a QV, ou seja, a *motivação para a incorporação do ensino da QV na formação de químicos*, constatamos que a mesma foi empregada como justificativa e exemplo de boas práticas ambientais. Nessas pesquisas, se reconhecia e defendia a QV como parte dos esforços para a redução de impactos ambientais, de modo que isso também deveria ser ensinado. Já outros trabalhos indicavam estudos e proposições voltados à resolução de questões técnico-científicas, sociais, educacionais e/ou ambientais; nesses casos, houve uma maior discussão sobre o *porquê* de se ensinar a QV. Dentre esses estudos, destacamos: a contribuição no modo de enxergar o papel da C&T, possibilitando uma formação mais crítica dos sujeitos, além de entendimentos/proposições de que como favorecer uma atuação preventiva de danos ambientais. Outra motivação foi a que designa a

QV como uma possibilidade do desenvolvimento de processos mais verdes e benignos, contribuindo ao alcance/busca da sustentabilidade.

Em síntese, na quarta categoria (*Papel atribuído ao ensino da QV*), as justificativas para o ensino da QV se basearam, fundamentalmente, na ideia do ensino experimental, voltado ao emprego dos 12 princípios, no intuito de divulgar/demonstrar como funcionam. Transpareceu uma ideia bastante ancorada na demonstração da eficácia técnica-experimental, associada, portanto, à racionalidade técnica. Em outros casos, a aplicação da filosofia QV foi explorada mediante o estabelecimento de inter-relações com o enfoque CTS, no qual uma das pesquisadoras defendeu que o ensino da QV (por meio de uma visão holística) pode proporcionar a superação de visões reducionistas da C&T. Todavia, o traço marcante identificado nessa categoria foram as discussões baseadas no papel do ensino da QV na formação de químicos, especificamente de seus professores. Avaliamos que isso pode proporcionar, inclusive, pensar/propor metodologias de ensino e de avaliação dos alcances e validação da própria QV, sobretudo como uma proposta que tem como filosofia a prevenção de problemas ambientais.

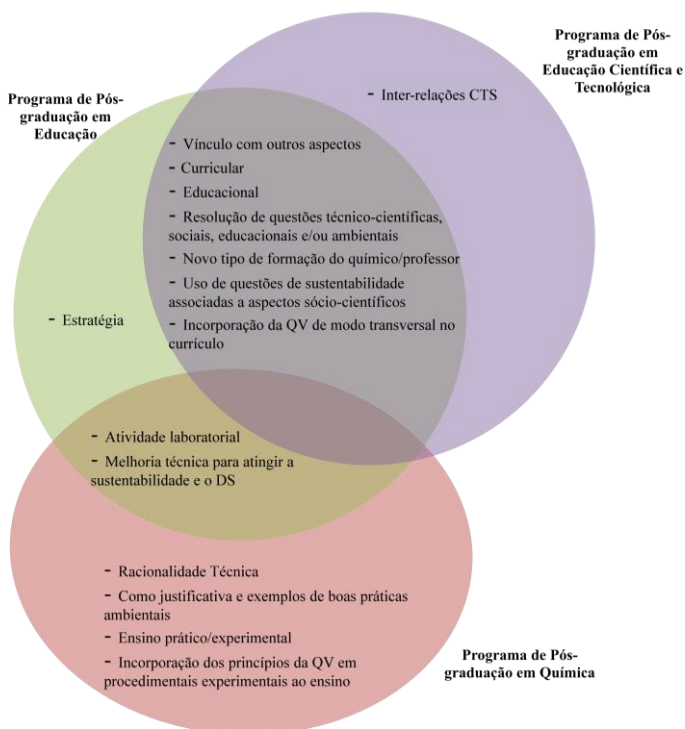
Por fim, na quinta categoria, *Modelo de implementação do ensino*, buscamos identificar *se e como* os autores sugerem que seja implementado o ensino da QV. Três possibilidades foram reconhecidas: 1) trabalhos que apresentam apenas a aplicação de princípios em atividades experimentais que, alicerçadas na racionalidade técnica, sequer problematizam a incorporação dos mesmos; 2) trabalhos (dissertações) que abordaram temas controversos (em defesa ou não do DS), apresentando o uso de questões de sustentabilidade associadas a aspectos sociocientíficos (modelo similar formulado por GOES *et al.*, 2013); 3) e, com característica hegemônica, trabalhos que defendem a transversalidade da QV no currículo de formação de Química, justificada, por exemplo, por proporcionar a superação através de inserções pontuais e/ou via uma disciplina específica.

Já a quarta questão complementar desta pesquisa, respondida ao longo deste capítulo, foi assim apresentada: ***Estariam essas áreas distintas (Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica) se constituindo como círculos e coletivos de pensamento distintos, relacionados ao Ensino da QV e, em certa medida, favorecendo a emergência de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química?*** E, associado a esse questionamento, definimos o seguinte objetivo: *Identificar em que medida as pós-graduações em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica estão se constituindo como distintos círculos e*

coletivos de pensamento relacionados ao ensino da QV e favorecendo a emergência de novas ideias e práticas educativas no ensino da Química e na formação de professores de Química.

Os resultados analíticos para responder a essa questão apontaram o que, sinteticamente, se representa na Figura 12, que demarca os conhecimentos circulantes que proporcionam **essa identidade/estilo de pensar por meio das proposições ao ensino da QV** nos trabalhos oriundos de cada um ou áreas dos programas de pós-graduação considerados.

Figura 12: Representação das convergências de proposições nas T&D de diferentes áreas constituintes do círculo esotérico.



A figura acima, portanto, visa trazer — de modo obviamente sintético — essas proposições ao ensino da QV — oriundas de experiências e ou estudos mais teóricos — que circulam e foram

identificadas nas análises das T&D em uma parte (círculo) importante da comunidade epistêmica QV. Através da análise dessa representação pictórica, podemos perceber, então, a existência de zonas de compartilhamentos de visões e proposições, com origem em distintos programas de pós-graduação. A leitura das T&D indicou tanto as idiosincrasias e as contribuições de cada área, quanto os aspectos comuns materializados nas zonas de convergência do esquema acima, que parecem representar um perfil geral das formulações voltadas ao ensino da QV e à formação de professores de Química para essa nova filosofia da química.

Percebe-se ainda, a partir da figura, que nos trabalhos dos programas de pós-graduação em Educação e Educação Científica e Tecnológica, que derivam de campos de conhecimentos com objetos de estudo e investigação muito próximos (escola, currículo, docência, aluno, aprendizagem, entre outros), as formulações são mais próximas entre si, considerando as argumentações, as propostas de ensino, as motivações e a natureza dos conhecimentos envolvidos. E isso pode ter levado os autores a defender também o ensino da QV mais centrado em aspectos metodológicos e mediante enfoques/perspectivas interdisciplinares, materializados, por exemplo, na dimensão de ensino CTS. Já as pesquisas dos programas da área de Química apresentam características mais particulares e menos frequentes quanto a produções voltadas ao ensino de química, porém, um pouco mais frequentes em se tratando de aspectos experimentais ou de atividades experimentais, como vimos no capítulo 2 e em estudos da literatura (GONÇALVES, 2009). Portanto, em certa medida, era de se esperar que proposições voltadas ao ensino da QV se relacionassem mais a atividades experimentais em laboratórios de ensino.

O conjunto da produção acadêmica analisada explicitou várias ideias, propostas e alguns relatos de experiências envolvendo o ensino da química, cujas formulações endereçavam-se ao ensino da QV. Essas produções, pertencentes a autores de diferentes áreas da pós-graduação, mostraram componentes de um círculo esotérico ao qual se agregam outros componentes — também especialistas sobre o ensino da QV —, fortalecendo, assim, a conformação da chamada comunidade epistêmica QV. Em primeiro lugar, o que transpareceu, por vários sistemas de comunicação, trocas e referencialidades, foi a circulação intracoletiva de ideias sobre o ensino da QV. Por outro lado, conforme aponta Fleck (2010), a intensa circulação intercoletiva dessas ideias, isto é, o diálogo entre os coletivos de pensamento, neste caso, entre os coletivos de pesquisadores em QV e os pesquisadores sobre o ensino da QV, resulta

em uma importante ferramenta de transformação de conhecimento. Afinal, nessa circulação é que surgem, por exemplo, as complicações relativas ao objeto do conhecimento, como no caso do ensino da QV e da necessidade de modificar a forma como as atividades químicas são desenvolvidas, para fazer evoluir a Química clássica à QV. Esse processo de circulação de ideias é que torna possível ou contribui para a instauração, extensão e transformação de um estilo de pensar as questões ambientais na formação de professores de química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Química Verde, enquanto objeto de pesquisa, ainda é pouco desenvolvida quando se compara a história da própria Química, sobretudo no que tange à formação de profissionais voltados ao ensino da Química, não só no Brasil, mas também em outros países. Assim, parece correta a afirmação de Zandonai de que é “pertinente repensar as experiências que transcendam os laboratórios, ao selecionar conteúdos ‘verdes’ [para] propor metodologias de ensino e de avaliação de seus alcances” (ZANDONAI, 2013, p. 64).

Em nossa investigação fomos buscar, em um lugar especial, eventuais estudos relacionados à QV e seu ensino: a pós-graduação de diferentes áreas do conhecimento, notadamente a pós-graduação em Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica. E a tessitura de nosso texto objetivou dar resposta ao principal questionamento norteador de nossa investigação, qual seja: *Em que aspectos a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde em teses e dissertações pode contribuir ao seu Ensino e à Formação de Professores de Química?*

Procuramos, então, identificar e discutir em que medida a circulação de conhecimentos e práticas envolvendo a Química Verde, em teses e dissertações nas áreas de interesse, poderia estar reverberando e contribuindo com seu ensino e na formação de professores de Química. Logo, individualizar, categorizar e problematizar o que fora produzido nessas T&D pode auxiliar a Química Clássica a evoluir para uma Química Verde, através do fomento de novos conhecimentos em torno da mesma. Não restam dúvidas de que a racionalização das propostas e das experiências envolvendo seu ensino também poderá contribuir na busca pela sustentabilidade ambiental.

Neste sentido, o crescimento na produção e circulação acadêmica de trabalhos ligados à problemática ambiental e à QV em T&D – nas áreas da Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica – pareceu-nos estar influenciando o ensino da QV e a formação de professores de Química, à medida que os trabalhos analisados envolveram alunos e professores da área. Conjecturávamos — enquanto expressão de nossa tese — de que a circulação de propostas, de novos saberes, práticas e entendimentos acerca do ensino da QV em T&D, poderia, eventualmente, caracterizar diferentes coletivos de pensamento

a esse respeito no âmbito da Química. E foi isso que, com nossa análise meticulosa, buscamos trazer à tona em nossa pesquisa.

Adicionalmente, em nosso capítulo 3, com o levantamento e a análise das produções bibliográficas sobre a QV, no caso, artigos de literatura, percebemos que na circulação proporcionada por essas publicações dos autodenominados químicos verdes, pertencentes à comunidade epistêmica QV (EPICOCO; OLTRA; JEAN, 2014), há uma forte argumentação de que a QV esteja presente no seio da química, e também, em certa medida, na formação do químico. Algo que também pode ser visto nas leituras das 77 T&D analisadas que compuseram nossa amostra.

Nesse espaço específico de produções, propriamente a pós-graduação de Química, Educação e Educação Científica e Tecnológica, o percurso do levantamento, leitura, interpretação e análise das 77 T&D relacionadas à QV nos levou a concluir pela existência de, pelo menos, dois círculos (FLECK, 2010): o *círculo exotérico*, constituído por aquelas pesquisas em que não houve menção ao ensino da QV, e o *círculo esotérico*, formado pelas teses e dissertações em que os autores citaram explicitamente aspectos associados ao ensino da Química Verde.

Esse último corpo amostral, o círculo esotérico, foi formado por 10 dissertações e 4 teses, o qual constituiu o *corpus* analítico mais específico desta investigação. Foi através dessas 14 T&D que buscamos responder a essência de nosso problema de pesquisa, além das demais questões complementares.

Constatamos, por meio de uma leitura inicial mais abrangente, que os trabalhos produzidos nos PPGs investigados abarcavam uma diversidade de problemas, temas, teorias, razões causais/motivações e metodologias, em torno da QV e seu ensino. Percebemos que, em muitos casos, esses trabalhos tinham como motivação aspectos relacionados à problemática ambiental (DS, sustentabilidade, imagem negativa da química, etc.), em que seus autores, de modo implícito ou mais explícito, buscavam estabelecer relações com ideias e produções da QV, especialmente por meio da defesa e relação de seus trabalhos como os 12 princípios.

Prosseguimos com a leitura minuciosa das 14 T&D, orientados pelas cinco categorias analíticas (e suas respectivas subcategorias) definidas *a priori* no Quadro 1 (Cap. 1), que nos forneceram elementos para a caracterização desse coletivo de pesquisadores autodenominados químicos verdes, preocupados com o ensino da QV.

Levantar informações e discutir *o tipo ou a característica do problema que originou as pesquisas* (a primeira categoria) nos permitiu, sinteticamente, identificar duas características importantes e predominantes: a primeira, a busca e/ou alcance de melhorias técnicas, por meio de atividades experimentais, e a outra, mais direcionada à abordagem da QV no ensino de química. Quanto à primeira característica, as pesquisas propunham alterações de variáveis em reações químicas (fundamentadas, geralmente, pelo emprego de princípios da QV), justificando a redução em impactos ambientais gerados por reações químicas, seja pela substituição de solventes tóxicos, pela redução de etapas de uma determinada reação, pelo uso de catalisadores e redução no consumo energético, seja visando evitar a geração de resíduos, por exemplo. Já a segunda característica, presente nas demais pesquisas, tendia à abordagem da QV no ensino de química. Nesses trabalhos, a percepção dos autores era de que essa filosofia deveria fazer parte de processos formativos, a exemplo dos currículos dos cursos de licenciatura em Química, para o enfrentamento dos desafios de se ter cuidados com o meio ambiente. Além disso, considerava-se também a QV como uma estratégia de ensino para a abordagem de temas associados à sustentabilidade e/ou ao enfoque CTS no ensino. Nesse mesmo contexto, a QV foi vinculada a aspectos da Educação Ambiental, da Química Ambiental e também ao DS, onde os pesquisadores discutiam o desenvolvimento de práticas didático-metodológicas envolvendo a abordagem de problemas/temáticas ambientais no ensino de Química, pela qual a QV apareceu como possibilidade de um “elo substantivo” entre essas várias áreas, disciplinas, temáticas e até perspectivas de ensino.

Essa categoria “*tipo/característica do problema que originou as pesquisas*” também norteou a análise dos textos produzidos nos veículos de divulgação da SBQ (Reuniões Anuais, *Química Nova*, *Química Nova na Escola*, *Revista Virtual de Química* e *Journal of the Brazilian Chemical Society*). Entendemos que a circulação de ideias, proporcionada pela publicação de pesquisas, pode influenciar o modo de se ensinar a QV e a formação dos químicos, particularmente a formação de professores de Química. Realizamos um levantamento e identificamos 193 produções envolvendo a QV, dentre as quais, apenas 29 continham/expressavam foco, tipo ou característica do problema investigado voltadas à *formação do químico ou de professores de Química*. E, a análise geral dessas 29 produções acabou evidenciando que as justificativas empregadas na argumentação acerca da importância da prática e do ensino da QV eram muito similares àquelas presentes nas

T&D, sobretudo quanto aos aspectos curriculares, ao seu uso como estratégia de ensino e, ainda, em atividades experimentais. Além disso, identificamos o vínculo atribuído à QV com a Química Ambiental, a Educação Ambiental, a Sustentabilidade Ambiental e ao Desenvolvimento Sustentável. Ou seja, nessas produções (oriundas da SBQ), a abordagem e/ou aplicação da QV estava associada com outras perspectivas de enfrentamento dos problemas ambientais oriundos das atividades químicas. Por fim, também se relatou o emprego da QV em materiais para uso no ensino, algo que não esteve presente/formulado em nenhuma das T&D.

Desta maneira, foi possível perceber que há vários compartilhamentos nos trabalhos dos chamados químicos verdes, tanto nos artigos científicos publicados quanto nas T&D analisadas. E isso se torna mais evidente nas justificativas e na caracterização dos problemas que levaram ao desenvolvimento de pesquisas em QV. Essa constatação pode ser tanto o reflexo do próprio processo de circulação de resultados de pesquisa, de experiências de ensino e textos para a disseminação da QV, que são praticados pela comunidade de químicos (pesquisadores em química, educadores químicos e alunos de pós-graduação), quanto o reflexo da interação entre os pesquisadores autodenominados químicos verdes, que formam a comunidade epistêmica QV no país. Isso só reforça a importância do papel da comunicação na formação científica resultante de publicações, tais como as analisadas (T&D e outras produções, como artigos, resumos em eventos, etc.).

Nossa sequência analítica prosseguiu com as outras quatro categorias analíticas, que foram empregadas apenas na categorização das T&D — foco desta tese — e nos trabalhos constituintes do círculo esotérico. Nessa etapa ulterior de análise, fez-se uma importante constatação: que, embora evidenciando vários compartilhamentos de ideias, proposições e justificativas ao emprego da QV no ensino da química, entre os trabalhos oriundos dos distintos programas de pós-graduação (expressos na Figura 12), destacaram-se duas grandes tendências acerca das propostas para o ensino da QV nessas 14 T&D, que representam um círculo de especialistas em ensino de QV.

No primeiro conjunto de trabalhos, oriundos de PPGs em Química, identificamos certa primazia ou predominância de visões associadas à racionalidade técnica e instrumental, caracterizadas pela busca de eficiência com o uso da instrumentalidade técnica (aplicação de conhecimentos teóricos combinados às técnicas científicas) para a resolução de problemas (WEBER, 2002). Nesses trabalhos constatamos

também uma visão, até certo ponto, simplista/reducionista, de que a QV se resume à aplicação de algum de seus 12 princípios, reforçando a ideia de que isso seja suficiente para tornar o processo químico ambientalmente sustentável. O que contrasta, por exemplo, com a argumentação de Marques e Machado (2015) sobre os limites impostos pela segunda lei da termodinâmica, e também com as críticas apresentadas por Dias (2016), nos trabalhos publicados na seção sobre Química Verde, da 37^o Reunião Anual da SBQ, em que a QV:

vem sendo interpretada como uma alternativa salvacionista dos problemas ambientais, sendo a esta filosofia imputada a responsabilidade de busca de soluções que não pode e não consegue aportar. Vale ressaltar que muitos dos autodenominados químicos verdes não levam em conta em seus trabalhos os aspectos da limitação termodinâmica ao alcance da Sustentabilidade Ambiental e tampouco os interesses econômicos da indústria na adoção desta perspectiva preventiva da Química; apresentam noções de senso comum sobre eficiência técnica ou ecoeficiência; entendem que fazer QV é apenas a aplicação de algum dos 12 princípios, expressando uma visão ambiental de ciência reducionista. Enfim, estes são alguns exemplos de visões distorcidas muito comuns na comunidade dos autodenominados químicos verdes e que podem gerar dificuldades no desenvolvimento e avanço da QV, além de criar uma visão equivocada do que devem ser as práticas em QV (DIAS, 2016, p. 32).

Essa ênfase na experimentação, com um viés de pura aplicação de caráter demonstrativo da eficácia e (eco)eficiência dos 12 princípios, pode reforçar uma visão reducionista de ciência e do enfrentamento dos problemas ambientais. Contudo, é inegável o papel que o laboratório químico de ensino pode assumir em uma ciência como a química. O que precisa mudar é seu caráter na formação, como apontam diversos estudos sobre o tema em questão (GONÇALVES; MARQUES, 2006), inclusive no caso do ensino da QV. Neste sentido, a circulação de propostas, os relatos de experiência e conhecimentos produzidos sobre a experimentação com QV, nessas T&D, também permitem avaliar quais foram os problemas, procedimentos e referenciais utilizados,

contribuindo com o estabelecimento e a construção de uma identidade ou um estilo de pensamento da QV.

Mas, embora importantes, essas visões precisam ser problematizadas, pois a mera aplicação dos princípios da QV não garante, por si só, o alcance da química, tampouco o alcance da sustentabilidade ambiental, ainda que a divulgação da QV e o emprego de seus princípios auxiliem a Química a dar respostas aos problemas ambientais por ela gerados.

Já o segundo conjunto de trabalhos desse círculo esotérico, formado por oito dissertações e duas teses, trouxe uma discussão mais substancial acerca do papel e da aplicação da QV no ensino. Através desses estudos, conseguimos identificar uma variedade de argumentos, proposições, modelos alternativos ou mesmo sugestões para a inserção da QV no ensino da Química, sobretudo aqueles que reforçaram uma perspectiva de transversalidade curricular aos estudos da QV. Dentre estes, destacamos: 1) as indicações metodológicas voltadas ao estudo de situações ou de controvérsias sociocientíficas envolvendo questões/problemas ambientais, portanto, processos educativos que contemplam a perspectiva ambiental no ensino da química; 2) a contextualização por meio de questões tecnológicas, sociais ou ambientais; 3) a relação entre a QV, a Sustentabilidade Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável.

Em todos esses estudos, salientou-se a importância da relação entre o ensino da Química e a formação dos professores da área. E a esse propósito e correto entendimento, julgamos pertinente apresentar a afirmação de Costa (2011), que argumenta que:

A inclusão da QV no processo de ensino-aprendizagem implica desafios para os professores de todos os níveis de ensino e de todas as áreas do sistema educacional: os professores têm de adquirir novos conceitos/manter-se atualizados e incorporar no seu ensino objetivos verdes, de forma a desenvolverem nos seus alunos um novo olhar mais otimista sobre a Química do que o que tem a sociedade atual, sem comprometer a integridade do conhecimento químico (COSTA, 2011, p. 5).

Vários trabalhos na literatura (PITANGA, 2015; MARQUES, 2014; GOES *et al.*, 2013; ROLOFF, 2011; MARQUES *et al.*, 2007),

algo também constatado nos textos das T&D, têm apontado que não há receitas ou modelos pré-definidos para a inserção da QV no ensino da química, pois, o que se identifica, são férteis sugestões para que isso ocorra. De acordo com Marques (2014), não há ainda uma síntese de formulações teóricas e de experiências práticas sobre seu ensino, disponíveis na literatura. Mas o ensino da QV não pode se resumir, como afirma Marques (2014, p. 1), somente a “enxertos de conteúdos QV em disciplinas variadas do currículo; ou para a ‘ambientalização’ curricular, aproximando contextos sócio-científicos e ambientais dos conteúdos disciplinares”, tampouco à “introdução de disciplina(s) específica(s) para abordar aspectos gerais e exemplares de práticas em QV”.

Neste sentido, ao buscar trazer e analisar as produções sobre QV de um espaço acadêmico refinado, que articula formação com a pesquisa, em nossa tese visamos levantar possíveis contribuições ao delineamento do ensino da QV.

A esse respeito, defendemos (assim como parte dos autores das T&D), que a QV deva ser abordada transversalmente nos currículos de química, abrangendo todas as suas áreas, não sendo reduzida à inserção de seus princípios e/ou propostas de atividades e materiais a serem incluídos em conteúdos programáticos de ensino pontuais, ou ainda, a uma disciplina específica de QV, pois essa filosofia representa uma resposta às preocupações ambientais. A QV não pode correr o risco de ser reduzida a mais um tipo de conhecimento disciplinar.

Mas, esse espaço específico da PPG parece não diferir no que diz respeito às demais formulações circulantes na literatura em geral e especializada da QV quanto ao ensino da QV. E as características identificadas nas T&D conformam um importante e promissor campo de interesse no âmbito de formulações para o ensino da QV. Porém, como dissemos, o que não se evidenciou foi uma grande evolução no que vem sendo produzido e apresentado como resultado de pesquisas na literatura, embora haja mais componentes dessa comunidade (químicos) se preocupando com o ensino da QV e produzindo mais em Química Verde. Até porque as produções (os problemas e os resultados de pesquisa, além do desenvolvimento em QV) ainda não foram devidamente racionalizadas (áreas/temas predominantes, padrões técnicos, novas teorias e métodos, por exemplo), sendo que tudo ainda é muito novo e pontual. Talvez por isso haja muitas dificuldades de se apresentar uma formulação ao seu ensino.

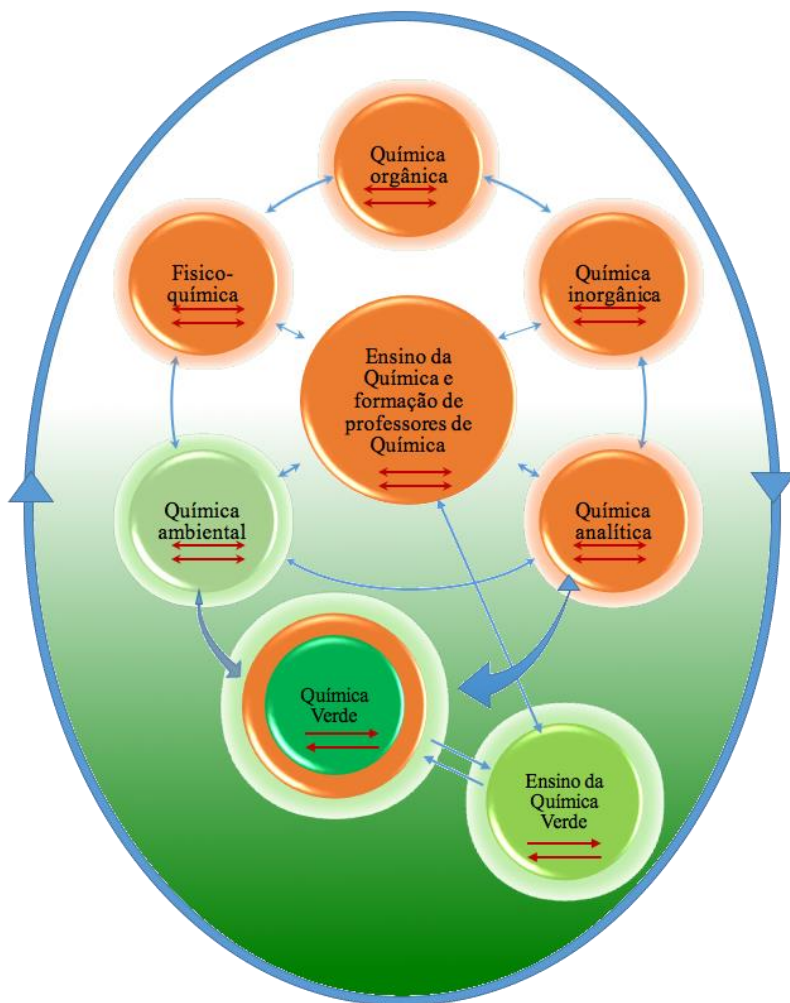
Por fim, duas particularidades nos chamaram a atenção na leitura das T&D. Uma delas está especialmente ligada ao círculo exotérico

(especialistas em química verde), isto é, o silêncio em relação às métricas ou às formas de verificação da verdura química, o que indica uma grave falta acerca da compreensão da complexidade que envolve o chamado “esverdeamento” dos processos químicos. A outra particularidade — que merece ser (futuramente) problematizada — é a presença de “polos extremos” presentes nos 77 trabalhos de T&D desenvolvidos em QV, pois nos trabalhos onde geralmente a racionalidade técnica estava presente, pouco se aprofundava o ensino da química. Já os trabalhos de enfoque mais educacional, mesmo que abordando algo novo, como o ensino da QV, pareceram mais vazios de conteúdo químico específico. De fato, ambos os perfis acabam tendo dificuldades para incorporar organicamente os “novos” conteúdos e práticas da QV ao ensino da química e conduzir à formação do “novo” químico, favorecendo, assim, o processo de evolução da Química Clássica à Química Verde.

Diante disso, percebemos que as características extraídas das T&D (além da literatura e dos referenciais empregados pelos autores) têm contribuído para o surgimento de um novo coletivo na Área da Química, transformando o EP do ensino da química tradicional. Esse novo Coletivo apresenta preocupações e conhecimentos práticos distintos, baseado em outra racionalidade pedagógica e epistemológica, ancorado na racionalidade socioambiental, parecendo-nos, assim, estar configurando um novo modo de se ensinar a química, agora de forma mais verde e baseando-se na prevenção dos problemas ambientais. Os documentos constituintes do círculo esotérico representam, portanto, especialistas de um novo coletivo de pensamento, o qual está conformando um estilo de pensamento do ensino da QV.

Como síntese, na Figura 13, buscamos representar a convivência e a emergência de possíveis coletivos de pensamento constituintes da área da Química e, especialmente, a expressão da emergência de um novo CP, por nós identificado, expressando o Ensino da Química Verde.

Figura 13: Representação esquemática de possíveis Coletivos de Pensamento da área da Química e do novo CP de Ensino da QV.



Fonte: Da autora.

Nota: As setas azuis representam a circulação intercoletiva de ideias, enquanto as setas vermelhas, a circulação intracoletiva.

Damos destaque ao coletivo de pensamento do ensino da QV, ancorado em uma racionalidade socioambiental, enquanto o coletivo dos químicos verdes se aporta em uma racionalidade mais técnica e instrumental. Além disso, na figura, busca-se representar a existência de distintos coletivos de pensamento constituintes da área da Química. Cabe destacar que, entre esses círculos, há a influência intercoletiva do tráfego de conhecimentos, ideias e práticas, e que essa circulação traz novos olhares e pensamentos, por vezes, vistos como divergentes por um coletivo distinto, enquanto a circulação intracoletiva, “[...] além de fortalecer o estilo de pensamento da área, através do reconhecimento do que já foi construído, permite sua evolução” (MILARÉ, 2013, p. 76-77).

O coletivo de ensino da QV foi representado com uma cor diferente, pois entendemos que é distinto dos demais, haja vista deter conhecimentos e práticas diferenciadas dos demais coletivos. Estes, por sua vez, com exceção do coletivo da Química Verde, que compõem a área de Química, são congruentes entre si, isto é, são matizes de um EP (e na figura, representamos com uma nuvem, em cada coletivo). As setas azuis, com formato distinto das demais, buscam representar o grau de intensidade e influência da circulação intercoletiva entre os coletivos de pensamento constituintes da área da Química e o coletivo da QV, especificamente. Percebe-se que há relação entre os saberes e as práticas produzidos no âmbito desses grupos, porém, a QV ainda influencia em menor grau as produções dos demais círculos hegemônicos da Química. Vale dizer que as variações identificadas de um coletivo para outro e as circulações que promovem não exigem que abandonem seus conhecimentos (ou seja, que adotem outros modelos e teorias, descartando as já consagradas pelo coletivo) e práticas para continuar a investigar os problemas solucionáveis por cada coletivo, por isso, foram representados com cores iguais (laranja). Ressalta-se que o ensino de QV, devido a isso, é incongruente com o ensino de Química, nos moldes tradicionais e hegemônicos.

Já o coletivo QV se constitui em um EP incongruente com os demais. Ou seja, é um EP diferente, o que implica, conforme argumenta Fleck (2010), em transformações no EP (que originaram os diferentes matizes da Química), implicando em outros conhecimentos e outras práticas, que rompem (embora não abandone) com o que, historicamente, tem caracterizado a Química. Buscamos representar isso com cores distintas, ou seja, essa ruptura foi representada com a relação entre os círculos laranja e verde, do coletivo da QV.

Apresentamos também a relação de dependência entre o coletivo do ensino da QV e a produção e pesquisas da QV, por isso, o círculo (fleckiano) de ensino da QV é exotérico relativamente ao círculo (fleckiano) da QV, sendo que estes estão instaurando o coletivo de pensamento da QV.

Após percorrer todo esse caminho de levantamento, leitura e análise de nossa amostra, concluímos que foi correto e apropriado não ter separado em coletivos distintos os membros da comunidade que produzem sobre o ensino da química verde, ainda que atuem ou seus trabalhos advenham de diferentes áreas da pós-graduação. Foi importante a epistemologia de Fleck (2010) para entender, afinal, que não depende do programa de pós-graduação a que pertence o autor e sua pesquisa, pois o círculo esotérico (formado por aqueles que se posicionaram e se constituíram em especialistas no ensino da QV) acabou mostrando que há estilos de pensar relativos ao ensino da QV sendo construído e que pode ser partilhado entre os autodenominados químicos verdes. E como a Química Verde ainda se constitui como um objeto emergente de pesquisa, a circulação dos seus conhecimentos e práticas e dos vários referenciais teóricos por ela utilizados, contribuem para a extensão desse modo de pensar e praticar uma química em que os cuidados com o ambiente indicam, além de uma motivação para a pesquisa, um compromisso ético.

De nossa parte, julgamos que reforçamos essa importância para a consolidação da QV e de sua comunidade epistêmica QV, destacando o papel de seu ensino e a formação de professores, ambos, peças-chave!

REFERÊNCIAS

ABREU, D. G.; CAMPOS, M. L. A. M.; AGUILAR, M. B. R. Educação ambiental nas escolas da região de Ribeirão Preto (SP): Concepções orientadoras da prática docente e reflexões sobre a formação inicial de professores de química. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 688-693, 2008.

ALMEIDA, F. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2002.

ALTAVA, B.; BURGUETE, M. I.; LUIS, S. V. Educación cooperativa en Química Verde: la experiencia española. **Educ. quím.**, v. 24, n. extraord. 1, p. 132-138, 2013.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa qualitativa e quantitativa**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

ANASTAS, P. T.; KIRCHHOFF, M. M. Origins, current status, and future challenges of Green Chemistry. **Accounts of Chemical Research**, v. 35, p. 686-694, 2002

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry – Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

ANASTAS, P. T.; WILLIAMSON, T. C. Green chemistry: an overview. In: **Green chemistry: designing chemistry for the environment**. Washington, DC: American Chemical Society, p. 1-17, 1996.

ANDRADE, B. J. Pesquisa em Química Ambiental no Brasil: uma visão geral das reuniões científicas da Sociedade Brasileira de Química de 1990 a 1992. **Química Nova**, v. 15, n. 2, p. 173-176, 1992.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica pra quê? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n.1, p. 105-115, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto Brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, p. 1-20, 2007.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BASIAGO, A. D. Methods of defining ‘sustainability’. **Sustainable Development**, v.3, n.3, p. 09-119, 1995.

BAYARDINO, R. A. **A Petrobrás e o Desafio da Sustentabilidade Ambiental**. Monografia (Bacharelado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BERGAMINI, C. W.; BERALDO, D. G. R. **Avaliação de Desempenho Humana na Empresa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BISPO, J. R. S.; UCHOA, J. E.; VICTOR, M. M.; CUNHA, S. D.; RIATTO, V. B. Resolução enzimática empregando-se cenoura: uma proposta de experimento para disciplina de Química Orgânica Verde. In: **35ª RASBQ - Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Águas de Lindóia-SP, 2012.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. Petrópolis: Vozes, 2002.

BORINELLI, B. Problemas ambientais e os limites da política ambiental. **Serv. Soc. Rev.**, v. 13, n. 2, p. 63-84, 2011.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.;

JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: apresentação dos temas transversais, ética. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Plano Nacional de Pós-Graduação**. Vol. I. Brasília: Capes, 2010a.

BRASIL. Ministério da Educação: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Plano Nacional de Pós-Graduação**. Vol. II Documentos Setoriais, Brasília: Capes, 2010b.

BRASIL. Ministério da Educação: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Contribuição da pós-graduação brasileira para o desenvolvimento sustentável**: Capes na Rio+20. Brasília: Capes, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Parecer CNE/CES 1.303 de dezembro de 2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério de Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

BRICK, E. M.; MACHADO, A. R.; STUANI, G. M.; LOHN, L.; HOFFMANN, M. B.; ORTEGA, O.; YAMAZAKI, R.; DELIZOICOV, D. Pesquisas sobre práticas docentes em Educação em Ciências: potencialidades do referencial Fleckiano. *In*: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC, 2013, Águas de Lindóia. **Anais... IX ENPEC - A Pesquisa em Educação em Ciências e seus Impactos em Sala de Aula**, 2013, p. 1-8.

BRÛSEKE, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2003.

BURMEISTER, M.; RAUCH, F.; EILKS, I. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 59-68, 2012.

BURMEISTER, M.; EILKS, I. An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry Teaching. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 93-102, 2012.

BZUNECK, J.A. As crenças de autoeficácia e o seu papel na motivação do aluno. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Orgs.). **A Motivação do Aluno**: contribuições da psicologia contemporânea. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009, p. 9-36.

CARSON, R. L. **Primavera Silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1962.

CARVALHO, I. C. M. Educação Ambiental Crítica: nomes e endereçamentos da Educação. In: BRASIL. LAYRARGUES, P. P. (Coord.). **Identidades da educação ambiental brasileira**. Brasília: DEA/MMA, 2004, p. 13-24.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Química Verde no Brasil**: 2010-2030. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.

CHAUI, M. S. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Editora Ática, 2010.

CMMA. **Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430 p.

COELHO, J. C. **A chuva ácida na perspectiva de tema social**: um estudo com professores de química de Criciúma. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação

em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

COELHO, J. C.; MARQUES, C. A.; DELIZOICOV, D. A importância de distintas compreensões de problemas ambientais a partir da epistemologia de Bachelard. *In: ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENPEC, 2009.

COELHO, J. C.; MARQUES, C. A. A Chuva Ácida na Perspectiva de Tema Social: Um Estudo com Professores de Química. **QNEsc**, v. 25, p. 14-19, 2007.

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

CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G.; FERREIRA, V. F.; VAZQUEZ, P. G. Green chemistry in Brazil. **Pure Appl. Chem.**, v. 85, n. 8, p. 1643-1653, 2013.

CORTES JUNIOR, L. P.; FERNANDEZ, C. Química Ambiental: Representações Sociais de estudantes do 1º ano do Ensino Médio. *In: ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências*, 6., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ENPEC, 2007.

CORTES JÚNIOR, L. P. **A dimensão ambiental na formação inicial de professores de química: estudo de caso no curso da UFBA**. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CORTES JUNIOR, L. P.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. As Representações Sociais de Química Ambiental dos Alunos Iniciantes na Graduação em Química. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 1, p. 46-54, 2009.

COSTA, D. A. **Métricas de Avaliação da Química Verde – Aplicação no Ensino Secundário**. Tese (Doutorado em Ensino e Divulgação das Ciências) - Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2011.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Uma revisão da bibliografia sobre o ensino da Química Verde. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 109, p. 47-51, 2008.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Análise da verdura das actividades laboratoriais do 100 ano do ensino secundário. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 115, p. 41-49, 2009.

CUNHA, S.; SANTOS FILHO, R. F.; RIATTO, V. B.; DOURADO, G. A. A. 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. **Quím. Nova**, v. 36, n. 1, p. 190-194, 2013.

CUTOLO, L. R. A. **Estilo de Pensamento em Educação Médica**: um estudo do currículo do curso de graduação em medicina da UFSC. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001.

DA ROS, M. A **Estilo de pensamento em saúde pública**: um estudo da produção da FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ entre 1948 e 1994, a partir de epistemologia de Ludwik Fleck. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DA SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JONES JR, J. Desenvolvimento Sustentável e Química Verde. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.

DELIZOICOV, D.; CASTILHO, N.; CUTOLO, L. R. A.; DA ROS, M. A.; LIMA, A. M. C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em Ensino: contribuições a partir do referencial Fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, número especial, p. 52-69, 2002.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas Aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 145-175, 2004.

DELIZOICOV, D. La educación en ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 37-62, 2008.

DELIZOICOV, D. Fleck e a Epistemologia Pós Empirismo-Lógico. *In*: I Colóquio Internacional de Psicologia do Conhecimento, 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: UNESCO, 2009.

DEMAJOROVIC, J. **Sociedade de risco e responsabilidade socioambiental**: perspectivas para a educação corporativa. Tese (Doutorado em Administração Escolar) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DIAS, E. D. S. **Cortina de Fumaça no Discurso Verde da Química**: Um Olhar Sobre Produções Científicas na 37^a RASBQ. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

DIAS, R. **Gestão Ambiental**: Responsabilidade Social e Sustentabilidade. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

DOVERS, S. R.; HANDMER, J.W. Uncertainty, sustainability and change. **Global Environmental Change**, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992.

EILKS, I.; RAUCH, F. Sustainable development and green chemistry in chemistry Education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 57-58, 2012.

EPICOCO, M.; OLTRA, V.; JEAN, M. S. Knowledge dynamics and sources of eco-innovation: Mapping the Green Chemistry community. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 81, p. 388-402, 2014.

FARIAS, L. A.; FÁVARO, D. I. T. Vinte Anos de Química Verde: Conquistas e Desafios. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1089-1093, 2011.

FERNANDES, C. S; MARQUES, C. A. Noções de Contextualização nas Questões Relacionadas ao Conhecimento Químico no Exame Nacional do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 37, p. 294-304, 2015.

FERNANDES, V.; PONCHIROLLI, O. Contribuições da racionalidade comunicativa, racionalidade substantiva e ambiental para os estudos organizacionais. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 9, Edição Especial, p. 604-626, 2011.

FERREIRA, N. S. A. As Pesquisas Denominadas “Estado da Arte”. **Educação & Sociedade**, ano XXIII, n. 79, p. 257-272, 2002.

FIEDLER, H.; NOME, M.; ZUCCO, C.; NOME, F. **Ciência da Sustentabilidade e a Química dentro da Conjuntura Educacional Brasileira**. EcoTerra Brasil. Disponível em: www.ecoterrabrasil.com.br. Acesso em: ago. 2013.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FLECK, L. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FLÔR, C. C. A História da síntese de elementos transurânicos e extensão da tabela periódica numa perspectiva fleckiana. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 246-250, 2009.

FLÔR, C. C. Extensão da Tabela Periódica e Projeto Manhattan: histórias tecidas numa perspectiva fleckiana. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6, 2009, Florianópolis. **Anais... VI ENPEC**. Florianópolis: Abrapec, 2007.

FOSTER, J. B. **A ecologia de Marx: materialismo e natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREITAS, M. R.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, E. B.; FREITAS, M. P. Em busca da conservação ambiental: a contribuição da percepção ambiental para a formação e atuação dos profissionais da Química. **Química Nova**, v. 33, n. 4, p. 988-993, 2010.

GALEMBECK, F.; SANTOS, A. C. M.; SCHUMACHER, H. C.; RIPPEL, M. M.; ROSSETO, R. Indústria Química: Evolução Recente, Problemas e Oportunidades. **Química Nova**, v. 30, n. 6, p. 413-1419, 2007.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **O decrescimento**: entropia, ecologia, economia. São Paulo: Editora Senac, 2012.

GOES, L. F.; LEAL, S. H.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. Aspectos do Conhecimento pedagógico do Conteúdo de Química Verde em professores Universitários de Química. **Educación Química**, v. 24, n. E1, p. 113-123, 2013.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A.; DELIZOICOV, D. O desenvolvimento profissional dos formadores de professores de Química: contribuições epistemológicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-16, 2007.

GONÇALVES, F. P. **A problematização das atividades experimentais no desenvolvimento profissional e na docência dos formadores de professores de Química**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em Texto de Experimentação no Ensino de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, 2006.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A circulação inter e intracoletiva de pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 1, p. 181-204, 2012.

GUIMARÃES, S. E. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. *In*: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (Orgs.). **A Motivação do Aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009, p. 37-57.

HAAS, P. M. Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination. **The MIT Press**, v. 46, n. 1, p. 1-35, 1992.

HILL, J.; KUMAR, D. D.; VERMA, R. K. Challenges for Chemical Education: Engaging with Green Chemistry and Environmental Sustainability. **The Chemist: Journal of the American Institute of Chemists**, v. 86, n. 1, p. 24-31, 2013.

HOFFMANN, M. B. **Analogias e Metáforas no Ensino de Biologia: um panorama da produção acadêmica brasileira**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

HUESEMANN, M. H. The limits of technological solutions to sustainable development. **Clean Techn Environ Policy**, n. 5, p.21-34, 2003.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Emissions Scenarios: a special report of IPCC Working Group III (SRES)**. Cambridge: Cambridge: University Press, 2000.

IUPAC: **International Union of Pure and Applied Chemistry**. Disponível em: www.iupac.org/web/ins/303. Acesso em: 2014.

JARDIM, W. F. Introdução à Química Ambiental. **Química Nova na Escola**, Cadernos Temáticos, p. 3-4, 2001.

JOHNSON, R. G. **Exporting and importing environmentalism: industry and the transnational dissemination of ideology from the United States to Brasil and Mexico**. Tese (Doutorado em Ciências Políticas), Universidade de Michigan, 1998.

KARPUDEWAN, M., ISMAIL, Z. ROTH, W. Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p.120-127, 2012a.

KARPUDEWAN, M., ISMAIL, Z. ROTH, W. Fostering Pre-service Teachers' Self-Determined Environmental Motivation Through Green Chemistry Experiments. **J Sci Teacher Educ.**, v. 23, p. 673-696, 2012.

KUNH, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LAMBACH, M.; MARQUES, C. A. Estilos de Pensamento de Professores de Química da Educação de Jovens e Adultos (EJA) do Paraná em Processo de Formação Permanente. **Revista Ensaio**, v.16, n. 01, p. 85-100, 2014.

LAMBACH, M. Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos: Relação entre Estilos de Pensamento e Formação Docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 219-235, 2009.

LATOUCHE, S. O decrescimento. Por que e como? *In*: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Orgs.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

LAYRARGUES, P. P. **A cortina de fumaça: o discurso empresarial verde e a ideologia da racionalidade econômica**. São Paulo: Annablume, 1998.

LAYRARGUES, P. P. Educação Ambiental e Teorias Críticas. *In*: GUIMARÃES, M. (Org.). **Caminhos da Educação Ambiental: da forma à ação**. Campinas: Papyrus, 2006, p. 51-86.

LEAL, A. L. **A articulação do conhecimento químico com a problemática ambiental na formação inicial de professores**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

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

LEAL, A. L. **Relações entre Saneamento-Química-Meio Ambiente na Educação Profissional e Tecnológica numa Perspectiva Crítico Transformadora**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LEFF, E. Complexidade, Interdisciplinaridade e Saber Ambiental In: PHILIPPI JR., A.; TUCCI, C. E. M.; HOGAN, D. J.; NAVEGANTES, R. **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais**. São Paulo: Signus Editora, 2000, p. 19-51.

LEFF, E. **Racionalidade Ambiental**: a reapropriação social da natureza. Trad. de Luís Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LEFF, E. **Saber Ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Trad. de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis: Vozes, 2008.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. Trad. de Sandra Valenzuela. São Paulo: Cortez, 2001.

LÉNA, P. Os limites do crescimento econômico e a busca pela sustentabilidade: uma introdução ao debate. In: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. do (Orgs). **Enfrentando os limites do crescimento**: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2012, p. 23-44.

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. **Química Nova**, v. 26, n.1, p. 123-129, 2003.

LIAO, W. **A thermodynamic perspective on technologies in the Anthropocene**: Analyzing environmental sustainability. Tese de Doutorado, Leiden University, Holanda, 2012.

LORENZETTI, L.; **Estilos de Pensamento em Educação Ambiental: Uma Análise a Partir das Dissertações e Teses**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científica no Contexto das Séries Iniciais. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 03, n. 3, p. 1-17, 2001.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Estilos de pensamento em Educação Ambiental: uma análise a partir das Dissertações e Teses. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. Anais... **VII ENPEC**. Florianópolis: Abrapec, 2009.

LORENZETTI, L.; MUENCHEN, C.; SLOGO, I. I. P. A Recepção da Epistemologia de Fleck pela pesquisa em Educação em Ciências no Brasil. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 181-197, 2013.

LOUREIRO, C. F. B. Teoria Social e Questão Ambiental: Pressupostos para uma Práxis Crítica em Educação Ambiental. *In*: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Orgs.). **Sociedade e Meio Ambiente: a Educação Ambiental em Debate**. São Paulo: Cortez, 2002, p. 14-51.

LOUREIRO, C. F. B. **Sustentabilidade e Educação**: um olhar da ecologia política. São Paulo: Cortez, 2012.

LÖWY, I. Ludwik Fleck e a presente história das ciências. **História Ciência Saúde**, v. 1, n. 1, p. 7-18, 1994.

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

MACHADO, A. A. S. C. Química e Desenvolvimento Sustentável – QV, QUIVES, QUISUS. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 95, p. 59-67, 2004.

MACHADO, A. A. S. C. Métricas da Química verde – A produtividade atômica. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 107, p. 47-55, 2007.

MACHADO, A. A. S. C. Da Gênese do Termo Química Verde às Colorações Discrepantes da Química e da Biotecnologia. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 108, p. 43-46, 2008a.

MACHADO, A. A. S. C. Das dificuldades da Química Verde aos segundos doze princípios. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 110, p. 33-40, 2008b.

MACHADO, A. Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade – Introdução. **Energia, Economia e Ambiente**, v. 1, p. 1-41, 2010.

MACHADO, A. A. S. C. Química Verde uma Mudança Sistêmica da Química. **Revista de Química Industrial**, n. 730, p. 12-16, 2011a.

MACHADO, A. A. S. C. Da Gênese ao Ensino da Química Verde. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 535-543, 2011b.

MACHADO, A. A. S. C. A Síntese Verde – (1) Conceito e Gênese. **Boletim da Sociedade Química Portuguesa**, n. 120, p. 43-48, 2011c.

MACHADO, A. A. S. C. Ambiente – Introdução. **Energia, Economia e Ambiente**, v. 4, p. 1-61, 2012a.

MACHADO, A. A. S. C. Dos Primeiros aos Segundos Doze Princípios da Química Verde. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1250-1259, 2012b.

MACHADO, A. A. S. C. **Introdução às métricas da Química Verde:** uma visão sistêmica. Florianópolis: Ed. UFSC, 2014.

MANSILLA, D. S.; MUSCIA, G. C.; UGLIAROLO, E. A. Una fundamentación para la incorporación de la química verde en los currículos de química orgánica. **Educ. quím.**, v. 25, n. 1, p. 56-59, 2014.

MARCELINO, L. V.; MARQUES, C. A. O Princípio da Precaução no Ensino de Química para a Regulação Social da Ciência e Tecnologia. *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências IX ENPEC, 2013, Águas de Lindóia. Anais... IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.*

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. R. S.; LINDEMANN, R. H. Visões de Meio Ambiente e suas Implicações Pedagógicas no Ensino de Química na Escola Média. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2043-2052, 2007.

MARQUES, C. A. Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 11, n 2, p. 316-340, 2012.

MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; YUNES, S. F.; MACHADO, A. S. C. Sustentabilidade Ambiental: um estudo com pesquisadores químicos no brasil. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 914-920, 2013.

MARQUES, C. A. Construindo Bases Teóricas para uma Educação Química Verde. *In: 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química - RASBQ, 2014, Natal - RN. Anais... 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2014.*

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. Environmental sustainability: implications and limitations to green chemistry. **Foundations of Chemistry**, v. 16, n. 2, p. 125-147, 2014.

MARQUES, C. A.; MACHADO, A. A. S. C. Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. No prelo, 2015.

MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. **Limites do crescimento**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1973.

MEGID NETO, J. Três décadas de pesquisa em Educação em Ciências: tendências de teses e dissertações (1972-2003). *In: NARDI, R. (Org.). A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: alguns recortes*. São Paulo: Escritura Editora, 2007.

MEIRELLES, S. L. **Química Verde: a Indústria Química e seus impactos na Indústria da Construção**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MILARÉ, T.; REZENDE, D. B. Estudo dos procedimentos e referenciais metodológicos das Dissertações e Teses sobre Ensino de Química da USP (2006-2009). *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências IX ENPEC, 2013, Águas de Lindóia. Anais... IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.*

MILARÉ, T. A **Pesquisa em Ensino de Química na Universidade de São Paulo: estudo das Dissertações e Teses (2006 a 2009) sob a perspectiva fleckiana**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências., Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. Florianópolis: EdUFSC, 2008.

MORADILLO, E. F.; OKI, M. da C. M. Educação ambiental na universidade: construindo possibilidades. **Química Nova**, v. 27, n. 2, p. 332-336, 2004.

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

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. de F. A Química Ambiental no Brasil. **Química Nova**, v.25, supl., p. 7-11, 2002.

NASCIMENTO, E. P do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012a.

NASCIMENTO, E. P do. Sustentabilidade: o campo de disputa de nosso futuro civilizacional. *In*: LÉNA, P.; NASCIMENTO, E. P. (Orgs.). **Enfrentando os limites do crescimento: sustentabilidade, decrescimento e prosperidade**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012b.

OLIVEIRA, L. D. Os “Limites do Crescimento” 40 anos Depois: Das “Profecias do Apocalipse Ambiental” ao “Futuro Comum Ecologicamente Sustentável”. **Revista Continentes**, v. 1, p. 72-96, 2012.

OLIVEIRA, L. D. A **Geopolítica do Desenvolvimento Sustentável: um estudo sobre a Conferência do Rio de Janeiro (Rio-92)**. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

PEREIRA, J. B.; CAMPOS, M. L. A. de M.; NUNES, S. M. T. N.; ABREU, D. G. Um panorama sobre a abordagem ambiental no currículo de cursos de formação inicial de professores de química da região sudeste. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 511-517, 2009.

PFUETZENREITER, M. R. Epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa nas ciências aplicadas. **Episteme**, n.16, p. 111-135, 2003.

PFUETZENREITER, M. R. A Epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa no ensino na área de saúde. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 147-159, 2002.

PINTO, V. P. S.; ZACARIAS, R. Crise ambiental: adaptar ou transformar? As diferentes concepções de educação ambiental diante deste dilema. **Educ. foco**, v. 14, n. 2, p. 39-54, 2010.

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

PITANGA, A. F. **Inserção das Questões Ambientais no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe**. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

PRADO, A. G. S. Química Verde, os desafios da Química para o novo milênio. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 738-744, 2003.

PUNTES, R. V.; AQUINO, O. F.; FAQUIM, J. P. S. Las investigaciones sobre formación de profesores en América Latina: un análisis de los estudios del estado del arte (1985-2003). **Educación Unisinos**, v. 9, n. 3, p. 221-230, 2005.

QUEIRÓS, W. P.; NARDI, R. Um panorama da Epistemologia de Ludwik Fleck na Pesquisa em Ensino de Ciências. *In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 2008, Curitiba. **Anais... XI EPEF**. Curitiba, 2008.

RAMOS, M. A. F. A. C. **Química Verde** – potencialidades e dificuldades da sua introdução no ensino básico e secundário.

Dissertação (Mestrado em Química para o Ensino) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2009.

REIS, M. I. P.; MENDES, M. T.; DA SILVA, F. C.; FERREIRA, V. F. δ -Gliconolactona em Síntese Orgânica. **Rev. Virtual Quim.**, v. 3, n. 4, p. 247-274, 2011.

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”. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 759-764, 2010.

ROLOFF, F. B. **Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as vozes do currículo e professores**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2011.

ROLOFF, F. B.; MARQUES, C. A. Aspectos Ambientais e a Pesquisa em Ensino de Química: um olhar com viés fleckiano. *In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências IX ENPEC, 2013, Águas de Lindóia. Anais... IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013.*

ROLOFF, F. B.; BARBOSA, L. C. A.; MARCELINO, L. V.; MARQUES, C. A. A influência da Química Verde na produção de conhecimentos e práticas sobre Sustentabilidade Ambiental: uma análise em teses e dissertações. *In: XVII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2014, Ouro Preto. Anais... XVII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2014. v. 1.*

ROLOFF, F. B.; MARQUES, C. A. Questões Ambientais na Voz dos Formadores de Professores de Química em Disciplinas de Cunho Ambiental. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 549-555, 2014.

ROLOFF, F. B.; DIAS, E. D. S.; MARQUES, C. A. A circulação de conhecimentos em Química Verde em produções da SBQ: reflexos na formação dos químicos. *In: XVIII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Florianópolis. Anais... XVIII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016. v. 1.*

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As Pesquisas Denominadas do Tipo “Estado da Arte” em Educação. **Diálogo Educacional**, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.

ROMANOWSKI, J. P. **As licenciaturas no Brasil**: um balanço das teses e dissertações dos anos 90. Tese (Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

SÁ, P.; MARTINS, I. P. Ciência, Cidadania e Desenvolvimento Sustentável: Concepções de Professores do 1º Ciclo. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra: VII Congresso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2005.

SACHS, I. Primeiras intervenções: Idéias Sustentáveis. *In*: NASCIMENTO, E. P. do; VIANNA, J. N. (Org.). **Dilemas e desafios do desenvolvimento sustentável no Brasil**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SAMPAIO, C. A.; FURTADO, E. F.; BANDEIRA, P. N.; ALBUQUERQUE, M. R. J. R.; LEMOS, T. L. G.; MENEZES, J. E. S. A; SANTOS, H. S. Vegetais como reagentes químicos: uma proposta experimental baseada na Química Verde. *In*: **32ª RASBQ** – Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Fortaleza, 2009.

SANGIOGO, F. A.; MARQUES, C. A. Potencialidades da abordagem psico-sócio-histórico-cultural da epistemologia de Fleck aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências. *In*: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI), 2012, Salvador. **Anais...** Salvador, 2012. v. 1.

SANSEVERINO, A. M. Síntese Orgânica Limpa. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 102-107, 2000.

SANTOS, L. M. F.; BOZELLI, R. L.; ESPINET, M.; MARTINS, I. Discursos de Educação Ambiental produzidos por professores em formação continuada. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 93-110, 2012.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 2003.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Concepções de professores sobre contextualização social do ensino de química e ciências. *In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, 22, 1999. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Química, 1999.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P.; MACHADO, P. F. L.; MATSUNAGA, R. T.; SILVA, E. L.; VASCONCELLOS, E. S.; SANTANA, V. R. Práticas de Educação Ambiental em aulas de Química em uma visão socioambiental: perspectivas e desafios. **Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 7, n. extraordinario, p. 260-270, 2010. Disponível em www.apac-eureka.org/revista/index.htm. Acesso em: fev. 2010.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Uma Taxonomia no Campo da Literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. XVII, n. 1, p. 1-22, 2014.

SAUVÉ, L. Una Cartografía de Corrientes en Educación Ambiental. *In: SATO & CARVALHO (Org.). Educação Ambiental: pesquisa e desafios*. Porto alegre: Artmed, 2005, p. 17- 44.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 27-31, 1995.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner**. New York: Basic Books, 1983.

SCHWARTZ, S. **Motivação para ensinar e aprender: Teoria e Prática**. Petrópolis: Vozes, 2014.

SERRANO, M. D. C. D.; RUVALCABA, R. M. Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química. **Educ. quím.**, v. 24, n. extraord. 1, p. 94-95, 2013.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n.2, p. 4-14, 1986.

SHULMAN, L. S., Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SILVA, V. B. da; CRISPIM, J. Q. Um Breve Relato Sobre a Questão Ambiental. **Rev. GEOMAE**, v. 2, n. 1, p. 163-175, 2011.

SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, D. Teses e Dissertações em Ensino de Biologia: Uma Análise Histórico- Epistemológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 2, p. 275-296, 2010.

SLONGO, I. I. P.; DELIZOICOV, D. Um panorama da produção acadêmica em ensino de Biologia desenvolvida em programas nacionais de pós-graduação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 323-341, 2006.

SLONGO, I. I. P. **A produção acadêmica em ensino de biologia: um estudo a partir de teses e dissertações**. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SOLOW, R. **Growth theory: an exposition**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

SOUSA-AGUIAR, E. F.; DE ALMEIDA, J. M. A. R.; ROMANO, P. N.; FERNANDES, R. P.; CARVALHO, Y. Química Verde: a Evolução de um Conceito. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1257-1261, 2014.

TAPIA, J. A.; FITA, E. C. **A motivação em sala de aula: o que é, como se faz**. 2. ed. São Paulo: Loyola, 2012.

THORNTON, J. W. Beyond risk: an ecological paradigm for persistent organic pollutants. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, n. 4, p. 318-330, 2000.

TIEZZI, E. **Tempos Históricos, Tempos Biológicos: a Terra ou a morte: problemas da “nova ecologia”**. São Paulo: Nobel, 1988.

TOMMASINO, H.; FOLADORI, G.; TAKS, J. La Crisis ambiental contemporánea. *In*: PIERRI, N.; FOLADORI, G. (Ed.). **¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable**. Montevideo: Imprenta y Editorial Baltgráfica, 2001, p. 9-26.

TORRES, J. R. **Educação Ambiental Crítico-Transformadora e a abordagem temática freireana**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas e Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

TORRESI, S. I. C. de; PARDINI, V. L.; FERREIRA, V. F. O que é Sustentabilidade? **Química Nova**, v.33, n.1, p. 5, 2010.

TUNDO, P.; ROMANO, U. Processi e prodottipuliti. *In*: **La Protezione Dell’ambiente in Italia**. Roma: Società Chimica Italiana, 1995.

TUNDO, P. Preface. **Chemistry International**, v. 29, n. 3, 2007.
Disponível em:
http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2007/pdf/7911x__vi.pdf .
Acesso em: 26 mai. 2014.

UNESCO: **Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014**: documento final do esquema internacional de implementação. Brasília: UNESCO, 2005.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento Sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, v. VII, n. 1, p 67-88, 2004.

VAZ DE MELO, L. Educação ambiental: um olhar sobre a teoria e a prática. **Ponto de vista**, v. 4, p. 65-76, 2007.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável**: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

VIOTTI, E. B. Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável brasileiro. *In*: BURSZTYN, M. (Org.). **Ciência, ética e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001, p. 143-158.

WCED (World Commission on Environmental and Development). **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WEBER, M. **Economía y Sociedad**. México: Fondo de Cultura Económica, 1983.

WEBER, M. **A ética protestante e o espírito do capitalismo**. São Paulo: Martin Claret, 2002.

WENDER, P. A. Toward the ideal synthesis and molecular function through synthesis-informed design. **Natural Product Reports**, v. 31, p. 433-440, 2014.

WINTERTON, N. Twelve More Green Chemistry Principles. **Green Chem**, v. 3, p. 73-75, 2001.

ZACARIAS, R. O processo de acumulação capitalista, crise estrutural do capital e a destruição ambiental: uma visão crítica. *In*: I Circuito de Debates Acadêmicos, 2012, Brasília. **Anais do Circuito Debates Acadêmicos programa e resumos**, 2012, n. 1.

ZANDONAI, D. P.; SAQUETO, K. C.; ABREU, S. C. S. R.; LOPES, A. P.; ZUIN, V. G. Química Verde e formação de profissionais do campo da química: relato de uma experiência didática para além do laboratório de ensino. **Rev. Virtual Quím.**, v. 6, n. 1, p. 73-84, 2014.

ZUIN, V. G.; FREITAS, D. Considerações sobre a ambientalização curricular do ensino superior: o curso de licenciatura em Química. *In: 30ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação*, 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007.

ZUIN, V. G. Trajetórias em Formação Docente: da Química Verde à Ambientalização Curricular. *In: 31a. Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – ANPED*. Caxambu, 2008.

ZUIN, V. G.; FARIAS, C. R; FREITAS, D. A ambientalização curricular na formação inicial de professores de Química: considerações sobre uma experiência brasileira. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 552-570, 2009.

ZUIN, V. G. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química**. Campinas: Editora Átomo, 2011.

ZUIN, V. G. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas. **RBPG**, v. 10, n. 21, p. 557-573, 2013.

ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A. **Sustainable Development, Green Chemistry and Environmental Education in Brazil**. *In: EILKS, S. MARKIC, E.S.; B. RALLE, SHARKER, B. R. (Orgs.). Science education research and education for sustainable development (EDS): Aachen*, 2014, v.1, p. 147-156.

ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A. **Green Chemistry in Brazil: Contemporary Tendencies and Challenges and its Reflections on High School Level**. *In: V. ZUIN; L. MAMMINO. (Org.). Worldwide Trends in Green Chemistry Education: Cambridge: Royal Society of Chemistry*, 2015, v.1 , p. 103-123.

ZUIN, V. G.; MARQUES, C. A.; ROLOFF, F. B.; VIEIRA, M. S. Desenvolvimento Sustentável, Química Verde e Educação Ambiental: o que revelam as publicações da SBQ. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v. 10, p. 79-90, 2015.

Apêndice A – Lista das Teses e Dissertações Analisadas⁴⁴

D1 - LEAL, Adriana Lopes. **A articulação do conhecimento químico com a problemática ambiental na formação inicial de professores.** 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2002.

D2 - LINDNER, Alexandra. **Síntese de Surfactantes Altamente Biodegradáveis pela Transesterificação de Ésteres de Ácidos Graxos com Sacarose.** 2005. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2005.

D3 - SOUZA, Davila Firmino de. **Emprego de Frutas Tropicais como Biocatalisadores em Reações de Hidrólise para a Produção de Álcoois Quirais.** 2005. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2005.

D4 - COELHO, Juliana Cardoso. **A chuva ácida na perspectiva de tema social: um estudo com professores de química de Criciúma.** 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2005.

D5 - ALVES, Luana Magalhães. **Uso de Líquidos Iônicos como Solventes em Reações de Adição Nucleofílica de Alguns Compostos Nitrogenados a Grupos Carbonílicos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2005.

D6 - TAKADA, Sayuri Cristina dos Santos. **Estudo da Reação de Passerini em Solventes Alternativos.** 2006. Dissertação (Mestrado em

⁴⁴ As teses e dissertações estão dispostas por ordem de data de defesa, conforme apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2006.

D7 - OLIVEIRA, Edimar de. **Sílicas Hexagonais Mesoporosas Modificadas com Aminas para a Adição Nítrometano em Ciclopentenona.** 2006. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2006.

D8 - GONÇALVES, Monique. **Reações Multicomponentes na Síntese de 1,4-Diidropiridinas via Metodologia de Hantzsch em Meio Aquoso: uma estratégia em Química Verde.** 2007. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2007.

D9 - MELO, Júlio César Perin de. **Síntese e Caracterização de Derivados da Celulose Modificada com Anidridos Orgânicos - Adsorção e Termodinâmica de Interação com Cátions Metálicos.** 2007. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2007.

D10 - REIS, Camilla Moretto dos. **Síntese, Utilizando Metodologias Alternativas e Avaliação Citotóxica de Compostos Meso-iônicos da Classe 1,3,4-Tiadiazólio-2-Aminida.** 2008. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Seropédica, 2008.

D11 - CAVALCANTI, Livia Nunes. **Caracterização de Crotilistananas por RMN e Estudo da Reação de Alquilação Redutiva de Nitrobenzeno.** 2008. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Pernambuco – UFPE. Recife, 2008.

D12 - FERREIRA, Patrícia da Costa. **Adição de Tióis a Compostos Carbonílicos A,B – Insaturados utilizando KF/Alumina em Meio Livre de Solvente.** 2008. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2008.

- D13 - LEMOS, Sahra Cavalcante. **Desenvolvimento de Metodologia Alternativa Limpa para Análise de Nitrito**. 2008. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Araraquara, 2008.
- D14 - CORTES JUNIOR, Lailton Passos. **As Representações Sociais de Química Ambiental: contribuições para a formação de bacharéis e professores de Química**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2008.
- D15 - PINTO, Victor Hugo de Araujo. **Síntese, Caracterização e Aplicação Adsorptiva de um novo Agente Sililante Imobilizado na Sílica Gel por Rotas Distintas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2009.
- D16 - DUTRA, Luiz Gustavo. **Síntese de Benzimidazóis a partir da Condensação do Citronelal e outros Aldeídos com 1,2-Fenilendiamino, utilizando $\text{SiO}_2/\text{ZnCl}_2$ e em Meio Livre de Solvente**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2009.
- D17 - BRETANHA, Lizandra Czermainski. **Síntese de 5-Alquil(Aril)-3-Triclorometil-1,2,4-Oxadiazóis**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2009.
- D18 - LIMA, Liliane Spazzapam. **Desenvolvimento de Procedimento em Fluxo com Detecção Espectrofotométrica para Análise de Bromoprida em Medicamentos e/ou Fluido Biológico**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Araraquara, 2009.
- D19 - SILVA, Hércules Santiago. **Novas Metodologias em Química Verde para Reações de Barbier com Haletos Aromáticos e Seleniação de Compostos Carbonílicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Pernambuco – UFPE. Recife, 2009.

D20 - RODRIGUES, Guilherme Dias. **Um Método Verde e Sensível para Determinação de Fenóis em Amostras de Água utilizando Sistemas Aquosos Bifásicos.** 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa, 2009.

D21 - VENZKE, Dalila. **Síntese Limpa de 2-(3,5-Diaril-4,5-Diidro-1h-Pirazol-1-Il)-4-Feniltiazóis Promovida por Ultrassom.** 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2010.

D22 - FEIJÓ, Josiane de Oliveira. **Reação de Baylis-Hillman acelerada por Líquido Iônico de Selenônio.** 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2010.

D23 - PARREIRA, Luciana Alves. **Oxidação Aeróbica de Olefinas Alil Aromáticas Catalisada por Paládio e do Álcool Benzílico Catalisada por Nanopartículas de Ouro.** 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2010.

D24 - AMARAL, Rafael Carniato do. **Síntese Verde de N-Alquilcitronelilaminas e N-Alquilcitronelilaminas a partir do (R)-Citronelal - Aplicação na Síntese de um Juvenóide.** 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2010.

D25 - MONTEIRO FILHO, Severino Silvio do. **Microfabricação de um Analisador em Fluxo-Batelada (Micro Flow-Batch) à Base de Polímero Fotocurável Uretano-Acrilato.** 2010. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa, 2010.

D26 - RICORDI, Vanessa Gentil. **Glicerol como Solvente Reciclável em Reações de Acoplamento entre Disselenetos de Diarila com Ácidos Arilborônicos.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2011.

D27 - PICOLOTO, Rochele Sogari. **Determinação de Elementos Traço em Solo por Icp-MS após Volatilização Empregando Combustão Iniciada por Micro-Ondas.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2011.

D28 - GONÇALVES, Loren Caroline Czermainski. **Glicerol como Solvente Reciclável na Preparação de Selenetos Vinílicos.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2011.

D29 - GAMA, Fernando Henrique de Souza. **A Utilização de 2,2,6-Trimetil-4h-1,3-Dioxin-4-Ona na Síntese de Derivados de Compostos 1,3 Dicarbonilados. Reações Multicomponentes.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.

D30 - SILVA, Caroline dos Santos. **Determinação de Na, K em Amostras Biológicas e Hg em Álcool Combustível por Espectrometria Atômica.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2011.

D31 - GIGANTE, Andréa Cristina. **Desenvolvimento de Método Limpo para a Determinação de Uréia.** 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Araraquara, 2011.

D32 - ROLOFF, Franciani Becker. **Questões Ambientais em Cursos de Licenciatura em Química: as vozes do currículo e professores.** 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2011.

D33 - DREWS, Franciele. **Abordagens de Temáticas Ambientais no Ensino De Química: um olhar sobre textos destinados ao professor da Escola Básica.** 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2011.

D34 - SANTOS, Ana Paula Floriano. **Síntese de Fotocatalisadores por Método de Molten Salt e Termooxidação de Complexos de Ti e Nb para Aplicação em Fotocatálise Ambiental.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2012.

D35 - MESQUITA, Katiúcia Daiane. **Síntese de Sulfetos e Selenetos Graxos Quirais Derivados do Óleo de Mamona.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Pelotas, 2012.

D36 - MOREIRA, Elizabeth Lima. **Síntese e Caracterização de TiO₂ Puro e Modificado para Aplicações Ambientais.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ. Rio de Janeiro, 2012.

D37 - TABARELLI, Greice. **Síntese de Tioéteres Alílicos a partir de Álcoois Alílicos d Tióis sem o Uso de Solvente e Catalisadores Sob Irradiação de Micro-Ondas.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis. 2012.

D38 - SILVA, Irlene Maria Pereira e. **Sílica Gel Quimicamente Modificada com Epiclorigrina na Presença ou Ausência de Solvente - Estudo Termodinâmico da Interação Envolvendo o Cobre.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2012.

D39 - FEU, Karla Santos. **Emprego da Organocatálise como uma Ferramenta da Química Verde em Reações de Adição Conjugada: Estudos Visando a Síntese de Anéis Indólicos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2012.

D40 - MACEDO, Adriana Nori de. **Desenvolvimento de Métodos Analíticos Visando Atender aos Princípios da Química Verde na Análise de Resíduos de Medicamentos Veterinários em Leite Bovino.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-

Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2012.

D41 - CORDEIRO, Tiago de Angelis. **Novos Tensoativos Não-iônicos para CO₂ – supercrítico: síntese e estudos de algumas propriedades.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2012.

D42 - HRYSYK, Angélica de Souza. **Inserção da Química Verde em Atividades Experimentais de Graduação.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Guarapuava, 2012.

D43 - LEITE, Marina Morais. **Síntese e Caracterização de Diferentes Óxidos de Titânio por meio de Rotas Verdes.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2012.

D44 - XAVIER, Augusto de Lima. **Design Teórico, Síntese Multicomponente e Comprovação Experimental da Atividade Antinociceptiva de Pirimidinonas em Camundongos, por vias Intraperitoneal e Oral.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Pernambuco – UFPE. Recife, 2012.

D45 - SOBRINHO, Joelma Pereira dos Santos. **Determinação de Bromofenóis Simples em Peixes do Litoral da Bahia por Micro extração com Gota Única.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, 2012.

D46 - SOUZA, Fábio Fontana de. **Construção e avaliação de um ambiente virtual de aprendizagem voltado à Educação em Ciências, Química Verde e Sustentabilidade Socioambiental.** 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2013.

D47 - MARQUES, Thiago Linhares. **Desenvolvimento de uma Metodologia Analítica em Fluxo para Determinação**

Espectrofotométrica de Fluoreto em Águas Naturais pelo Método de SPADNS. 2013. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal Uberlândia – UFU. Uberlândia, 2013.

D48 - SOUZA, Ana Paula Nazar de. **Sínteses e caracterizações de TiO₂ puro, dopado e co-dopado pelo método sol-gel e suas atividades fotocatalíticas.** 2013. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.

D49 - TERRA, Bruna Silva. **Uso de Ácidos Orgânicos e Irradiação de Micro-ondas na Síntese de Xantenonas como Potencial Atividade Antirradicalar.** 2013. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2013.

D50 - ZANDONAI, Dorai Periotto. **A inserção da Química Verde no curso de Licenciatura em Química do DQ-UFSCar: um estudo de caso.** 2014. Dissertação (Mestrado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2013.

T1 - SILVA, Leonardo Morais da. **Investigação da Tecnologia Eletroquímica para a Produção de Ozônio: aspectos fundamentais e Aplicados.** 2004. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2004.

T2 - SOUZA, Maria José Serafim de. **Síntese e Caracterização Estrutural de Novos Complexos de Nióbio a Partir do Óxido de Nióbio(V).** 2005. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2005.

T3 - RODRIGUES, Hugo de Souza. **Obtenção de Ésteres Etilícos e Metílicos, por Reações de Transesterificação, a partir do Óleo da Palmeira Latino Americana Macaúba - Acrocomia Aculeata.** 2007. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2007.

T4 - VIEIRA, Mariana Antunes. **Estudos de Geração de Vapor para Técnicas de Espectrometria Atômica para a Determinação de Elementos Traço em Materiais Geológicos em Suspensão e para a Especificação de Mercúrio em Materiais Biológicos.** 2007. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2007.

T5 - MATOS, Ricardo Alexandre Figueiredo. **Síntese, Caracterização e Aplicação de Novos Líquidos Iônicos Quirais.** 2007. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2007.

T6 - FAÇANHA, Maria Alexsandra Rios. **Síntese e Aplicabilidade de Antioxidantes Derivados do Cardanol Hidrogenado.** 2008. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2008.

T7 - MARTINS, Clarissa Tavares. **Solvatação por Solventes Puros e suas Misturas: Relevância para Química e Química Verde.** 2008. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2008.

T8 - FONSECA, Alexandre. **Construção e Avaliação de Microsistemas para Análise em Fluxo.** 2008. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2008.

T9 - ALMEIDA, Queli Aparecida Rodrigues **Reações Orgânicas em Água: Adições de Michael e Formação de Pirróis Altamente Substituídos.** 2010. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

T10 - MELO, Marlene Rios. **Elaboração e Análise de uma Metodologia de Ensino Voltada para as Questões Sócioambientais na Formação de Professores de Química.** 2010. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2010.

T11 - ZUIN, Vânia Gomes. **A inserção da dimensão ambiental na formação inicial de professoras/res de Química: estudo de caso.**

2010. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2010.

T12 - ZUIN, André. **Desenvolvimento de Nanomateriais Superparamagnéticos Funcionais para uma Química Sustentável.** 2011. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2011.

T13 - BARBOSA, José Tiago Pereira. **Investigação de Metais, Metaloides, Halogênios e Isoflavonas em Amostras de Soja e Derivados.** 2011. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Bahia – UFBA. Salvador, 2011.

T14 - SILVA, Renato Augusto da. **Aminação Redutiva de Aldeídos e Cetonas em Meio Aquoso: uma nova metodologia simples e versátil para obtenção de Aminas Alquiladas Promovida por Zinco e Métodos Eletroquímica.** 2011. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 2011,

T15 - MENDES, Samuel Rodrigues. **Síntese de Compostos Indólicos Catalisada por Cloreto de Cério (III).** 2011. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2011.

T16 - SILVA, Fernando Luiz Cássio. **Novos Tensoativos Oxigenados para Fluidos Supercríticos.** 2011. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2011.

T17 - SILVA, Aline Santana da. **Desenvolvimento de métodos quantitativos e de sistemas de screening para a determinação de glifosato.** 2012. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Araraquara, 2012.

T18 - LIMA, Paulo Galdino de. **Líquidos Iônicos N-Alquil-Piridínios: Síntese e Sistemas Bifásicos em Reações de Sonogashira.** 2012. Tese

(Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

T19 - BIZZI, Cezar Augusto. **Emprego de Oxigênio e Peróxido de Hidrogênio como Auxiliares na Decomposição de Amostras Biológicas por Via Úmida Assistida por Radiação Micro-Ondas.** 2012. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria, 2012.

T20 - SANTOS, Klecia Moraes dos. **LIBS e Nanopartículas Fluorescentes: novas estratégias para determinação de íons de Cu(II) em águas.** 2012. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2012.

T21 - SPEZIALI, Marcelo Gomes. **Novos Sistemas de Acoplamentos Cruzados em Fase Homogênea e Heterogênea para a Síntese de Produtos de Química Fina.** 2012. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2012.

T22 - ARAUJO, Yara Jaqueline Kerber. **Enzimas em Biocatálise (Esterificação de aminas, adição de Michael, clonagem e expressão de álcool desidrogenase).** 2013. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2013.

T23 - DA COL, José Augusto. **Avaliação Rápida, Direta e Sem Geração de Resíduos de Amostras da Vida Cotidiana por Fluorescência de Raios X por Dispersão em Energia.** 2013. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2013.

T24 - ROCHA, Diogo Librandi da. **Desenvolvimento de Procedimentos Analíticos em Fluxo com Multicomutação e Foto-oxidação em Linha para a Determinação Espectrofotométrica de Espécies de Interesse Ambiental, Alimentício e Clínico.** 2013. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2013.

T25 - PEIXOTO, Amanda Maria Dantas de Jesus. **Técnicas Espectroanalíticas aliadas à Química Verde Visando à Determinação de V e Mo com Procedimentos de Extração e Pré-concentração.** 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2014.

T26 - VIEIRA, Lucas Campos Curcino. **Síntese de derivados de chalconas e de 2-quinolinonas visando a busca por inibidores das enzimas cruzaina e da família BET bromodomain.** 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2014.

T27 - CASALE, Mariana Romano Camilo. **Desenvolvimento de Processos Químicos seguindo os Princípios Adotados pela Química Verde: Redução e Conversão de CO₂ usando Compostos de Mn(I).** 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Campinas, 2014.