

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO
CENTRO DE FILOSOFIA E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE MESTRADO**

FABIANA PAULETTI

**O ENSINO DE QUÍMICA E A ESCOLA PÚBLICA: A ISOMERIA GEOMÉTRICA
MEDIADA PELO USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS**

CAXIAS DO SUL

2013

FABIANA PAULETTI

**O ENSINO DE QUÍMICA E A ESCOLA PÚBLICA: A ISOMERIA GEOMÉTRICA
MEDIADA PELO USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador Prof. Dr. Francisco Catelli

CAXIAS DO SUL

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
UCS – BICE – Processamento Técnico

P326e Pauletti, Fabiana
O ensino de química e a escola pública : a isomeria geométrica
mediada pelo uso de programas computacionais / Fabiana Pauletti. 2013.
126 f. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de
Pós-Graduação em Educação, 2013.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Catelli

1. Escolas públicas. 2. Química – Estudo e ensino. 3. Ensino auxiliado
por computador. 4. Inovações educacionais. 5. Programas de computador.
6. Isomerismo. 7. Estereoquímica. I. Título.

CDU 2.ed. : 37.018.591

Índice para catálogo sistemático:

1. Escolas públicas	37.018.591
2. Química – Estudo e ensino	54:37
3. Ensino auxiliado por computador	37.018.43:004
4. Inovações educacionais	37.015:005.342
5. Programas de computador	004.4
6. Isomerismo	544.12
7. Estereoquímica	544.12

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária
Kátia Stefani – CRB 10/1683



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

“O ensino de química e a escola pública: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais”

Fabiana Pauletti

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Educação. Linha de Pesquisa: Educação, Linguagem e Tecnologia.

Caxias do Sul, 30 de julho de 2013.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Catelli (orientador)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Maurivan Guntzel Ramos
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Tânia Maris Azevedo
Universidade de Caxias do Sul

CIDADE UNIVERSITÁRIA

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – B. Petrópolis – CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS – Brasil
Ou: Caixa Postal 1352 – CEP 95020-972 – Caxias do Sul – RS – Brasil
Telefone / Telefax (54) 3218 2100 – www.ucs.br
Entidade Mantenedora: Fundação Universidade de Caxias do Sul – CNPJ 88 648 761/0001-03 – CGCTE 029/0089530

AGRADECIMENTOS

Como já proferido por Augusto Cury (2005), às vezes as palavras são pobres para expressar o verdadeiro sentimento, mas gostaria de agradecer a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, agradeço, em especial:

Primeiramente a Deus, pela força, iluminação e proteção nesta caminhada.

Ao meu orientador, professor Dr. Francisco Catelli, pela paciência na orientação e incentivo, tornando possível a conclusão desta dissertação; ainda, por, na sua simplicidade, mostrar-me o significado da competência e do profissionalismo.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais, Roberto e Geni, que sempre entenderam minha ausência e pelas orações dedicadas. Aos meus irmãos, Leandro e Lindomar, por compreenderem os meus incontáveis finais de semana em silenciosa companhia. A minha sobrinha, Pietra, pela persistente interferência nos meus estudos, alegrando-me sempre com sua torcida mirim. Amo todos vocês!

Aos meus amigos, que estiveram presentes em vários momentos deste percurso, sempre me incentivando, entendendo minhas ausências e expressando seu carinho.

À coordenação, aos professores e aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Educação, pelo aprendizado, pelo apoio e pela agradável convivência.

Aos meus colegas e professores de química Adriana, Duda e Venina, pelas contribuições e ensinamentos, enriquecendo sobremaneira esta dissertação.

À minha colega e amiga Michele, pelas valiosas dicas e contribuições para formatar esta dissertação.

À minha colega e amiga Nika, pelas correções ortográficas. Valeu!

Ao meu amigo Gabriel, pela correção do abstract desta dissertação e de tantos outros.

À direção da escola e aos professores que participaram desta pesquisa, pela confiança e receptividade, verdadeiros alicerces, aos quais sou muito grata.

À Universidade de Caxias do Sul e a todos os meus colegas, por possibilitarem a flexibilização dos meus horários de trabalho, o que foi imprescindível para que eu pudesse cumprir todas as atividades do mestrado.

Aos integrantes da banca examinadora, pela disponibilidade e preciosas observações que foram fundamentais para a conclusão desta dissertação.

Muito obrigada a todos!

“Se metade do orçamento dos gastos militares no mundo fosse investido na educação, os generais se tornariam jardineiros; os policiais, poetas; os psiquiatras, músicos. A violência, a fome, o medo, o terrorismo e os problemas emocionais estariam nas páginas dos dicionários e não nas páginas da vida.”

Augusto Cury

RESUMO

Esta dissertação de Mestrado tem por objetivo principal investigar as possibilidades de uso dos programas de simulação computacional no campo de isomeria geométrica no contexto da escola pública. Para contemplar esse objetivo, a referida pesquisa foi constituída a partir de uma pesquisa bibliográfica e de um estudo de caso numa escola pública. O referencial teórico foi construído para investigar os efeitos do uso de programas computacionais no ensino de isomeria geométrica; realizamos entrevistas semiestruturadas com três professores de uma escola, situada na cidade de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, a fim de contrastar os interlocutores teóricos e empíricos. A partir do conjunto de informações oriundas do contexto escolar, associadas à fundamentação teórica, foi possível apontar um conjunto de resultados: i) a escola apresenta baixo nível de utilização da tecnologia no ensino; ii) o acesso ao laboratório de química e de informática é prejudicado pela burocracia; iii) o professor atua com sobrecarga de trabalho; iv) as capacitações ou formações continuadas para os professores são insuficientes; v) a carga horária para o ensino de Química foi drasticamente reduzida em comparação a anos anteriores; vi) há falta de empenho dos estudantes. Dentro desse contexto, classifica-se essa pesquisa por meio de uma abordagem exploratória, onde usou-se a técnica qualitativa de Análise Textual Discursiva (ATD) para compreender o *corpus* de pesquisa. Além disso, no que tange ao uso de programas de simulação, os resultados da consulta à bibliografia atestam que os programas computacionais são importantes ferramentas de apoio ao ensino de isomeria geométrica, pois melhoram a visualização entre os três níveis de representação da Química (macroscópico, microscópico e simbólico) meio da criação de moléculas em duas dimensões e a conversão destas para a forma tridimensional. Observamos que os estudantes, nativos digitais, são hábeis no manuseio de aplicativos computacionais. Complementarmente os professores entrevistados declararam não fazer uso de programas computacionais por uma série de razões: horários de aula reduzidos, desconhecimento dos programas e seu uso, poucas oportunidades de formação continuada. Portanto, nosso estudo sugere que se deva romper a visão tradicional do ensino da química (segundo a qual bastaria dotar as escolas de recursos de informática) para mudar as práticas pedagógicas. É necessário transgredir esse modelo e pensar em metodologias que se voltem aos fundamentos das disciplinas, que atendam ao processo de construção do conhecimento, promovendo assim a ascensão de um ensino de Química voltado à formação de estudantes críticos.

Palavras-chave: Escola pública. Isomeria geométrica. Programas computacionais.

ABSTRACT

This dissertation main to investigate possibilities in apply computer simulation programs based on geometrical isomerism in the context of public school. A literature review and case study in public school was carried out to attend that target. Literature review had been focused on computer programs effects in teaching geometrical isomerism; we also made individual semi-structured interviews with three teachers at High school in Caxias do Sul city, Rio Grande do Sul state, to contrast the theoretical and empirical interlocutors. Based on these set of answer and on literature review we find a group of results: i) the school applies a low level of teaching technology; ii) there is a lot of bureaucracy to access chemistry and technology information labs; iii) teacher has workload; iv) teachers continuous learning is less than expected; v) time for chemistry class has been reduced over years; vi) there are students with low interest. Looking for this context, we classify this research as exploratory approach, where a qualitative technique called Textual Discursive Analysis (DTA) was applied to understand the contests of interviews. Moreover, regarding computer programs literature results show these programs such as important tools to teach geometrical isomerism, because they improve an overview between Chemistry three levels (macroscopic, microscopic and symbolic) representation and it creates dual dimension molecules and convert them for tri-dimension molecules. We observe that digital native students are more skilled in computer simulation than others. Teachers interviewed declare do not use computer simulation because: they do not have time at class, knowledge limited about computer programs and how to apply it, few opportunities to continuous learning. Therefore, our study proposes a break on traditional chemistry teaching (where information technology is implemented) to changes in the pedagogical practices. It is necessary to overpass that model and to think in methodologies focused on course fundaments, which meet to knowledge build process, and allow a Chemistry teaching applied to educate critical students.

Keywords: Public school. Geometrical isomerism. Computational programs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação estrutural plana: a) butano; b) 2-metilpropano	44
Figura 2 – Representação espacial: a) butano; b) 2-metilpropano	44
Figura 3 – Tipos de isomeria	46
Figura 4 – Representação dos isômeros geométricos: a) <i>cis</i> -1,2-dicloro-eteno; b) <i>trans</i> -1,2-dicloro-eteno.....	48
Figura 5 – Representação dos isômeros geométricos: a) <i>cis</i> -1,2-dicloro-eteno; b) <i>trans</i> -1,2-dicloro-eteno.....	49
Figura 6 – Representação dos isômeros geométricos com a linha imaginária: a) <i>cis</i> ; b) <i>trans</i>	50
Figura 7 – Representação dos isômeros geométricos com a linha imaginária: a) <i>cis</i> ; b) <i>trans</i>	50
Figura 8 – Representação tridimensional dos isômeros geométricos: a) <i>cis</i> -but-2-eno; b) <i>trans</i> -but-2-eno	52
Figura 9 – Representação em 3D: (a) esquema <i>wireframe</i> , (b) esquema <i>sticks</i> , (c) esquema <i>balls and sticks</i> , (d) esquema <i>spacefill</i> , (e) esquema <i>dots only</i> e (f) esquema <i>disks</i>	53
Figura 10 – Representação tridimensional dos isômeros geométricos: a) <i>cis</i> -3-cloro-2-buteno; b) <i>trans</i> -3-cloro-2-buteno	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ATD	Análise Textual Discursiva
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LI	Laboratório de Informática
LQ	Laboratório de Química
MEC	Ministério da Educação
NTE	Núcleos de Tecnologia Educacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PROINFO	Programa Nacional de Informática na Educação
TDs	Tecnologias Digitais
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UCA	Um Computador por Aluno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	CAMINHOS TEÓRICOS: OLHANDO PARA A SOCIEDADE, PARA AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E PARA A ESCOLA.....	18
2.1	A SOCIEDADE E A TECNOLOGIA.....	18
2.1.1	Um retrato da sociedade contemporânea através da lente das tecnologias ...	20
2.1.2	Imigrantes e nativos digitais	25
2.2	SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E A ESCOLA PÚBLICA	27
3	O ENSINO DE QUÍMICA E SUAS PECULIARIDADES.....	33
3.1	O INTERACIONISMO COMO PERSPECTIVA DE ENSINO.....	34
3.2	A DISCIPLINA DE QUÍMICA E SEUS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO	36
3.2.1	Programas computacionais no ensino de Química	39
3.3	DIRECIONANDO O OLHAR: DA ISOMERIA QUÍMICA A ISOMERIA GEOMÉTRICA	42
3.3.1	O uso do programa ChemSketck no ensino de isomeria geométrica.....	48
4	MÉTODO	56
4.1	ENFOQUE DA PESQUISA: O PROBLEMA E OS OBJETIVOS	56
4.2	ABORDAGEM DA PESQUISA.....	56
4.3	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS PARA O ESTUDO DE CASO .	57
4.4	O AMBIENTE E OS SUJEITOS DA PESQUISA DO ESTUDO DE CASO.....	58
4.5	INTERPRETAÇÃO DO <i>CORPUS</i> DE PESQUISA.....	60
5	ANÁLISE DOS DADOS	62
5.1	A ESCOLA PÚBLICA VISTA PELO VIÉS DO ENSINO DE QUÍMICA	62
5.1.1	Laboratório de informática	69
5.1.2	Laboratório de química.....	73
5.2	AS CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES SOBRE OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DA QUÍMICA	75
5.3	ENSINO DE ISOMERIA GEOMÉTRICA.....	78
5.3.1	A (des)conexão do ensino de isomeria geométrica do cotidiano.....	84

5.4	“ISSO QUE ELES SÃO DIGITAIS”	86
5.5	O TEMPO É A PRINCIPAL VARIÁVEL PARA O ENSINO DE ISOMERIA GEOMÉTRICA E PARA O USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS	91
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM OS PROFESSORES DE QUÍMICA	112
	APÊNDICE B – MODELO DE ENTREVISTA COM AS RESPOSTAS DO PROFESSOR GAMA	116
	ANEXO A – TERMO DE COMPROMISSO	126
	ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	127

1 INTRODUÇÃO

O nível de desenvolvimento tecnológico pelo qual a sociedade vem passando se faz acompanhar de um grande número de processos de transição. Um desses processos diz respeito à passagem da tecnologia analógica para a digital (BIANCHETTI, 2001). Nesse cenário, o acesso à informação cada vez mais vem rompendo as barreiras de tempo e espaço em virtude do avanço e disseminação das tecnologias da informação e comunicação.

Na opinião de Almeida e Valente (2011), a evolução dessas tecnologias altera os modos de ser e estar no mundo e reconfigura as relações comunicacionais, emergindo assim um novo perfil de sociedade impregnado de tecnologia digital. Para essa reconfiguração, exige-se um olhar crítico visando não se deixar cair no modismo dessas novas tecnologias, sem, no entanto, cair no outro extremo, que seria o de ignorar a sua presença. Os efeitos da onipresença da tecnologia (NEGROPONTE, 1995) na sociedade atingem todas as pessoas; e Franco (1997, p. 14) pontua uma das muitas necessidades para se manter atualizado nesse cenário: “o domínio das novas interfaces tecnológicas torna-se a cada dia essencial para a sobrevivência do indivíduo na sociedade”.

Essas transformações são mediadas em grande parte pelas tecnologias digitais, as quais intimam os indivíduos a novas e constantes aprendizagens, além de incitá-los a abandonar o obsoleto; algumas instituições, como a escola, são convidadas “[...] a rever formas, métodos de ensinar e aprender [...]” (BIANCHETTI, 2001, p. 13), de modo a se manterem coetâneas nesta sociedade. Há mais de duas décadas, Ferreira (1998) afirmava que, depois de as tecnologias terem permeado diversos setores da sociedade, a educação seria o próximo a ser consideravelmente afetado pelo emergir da tecnologia. Como será visto mais adiante, há evidências do acerto dessa previsão.

Vivemos na contemporaneidade e a escola, como instituição, é comprometida com a formação de um indivíduo que seja capaz de pensar, se comportar e se relacionar, sentir e trabalhar à luz das necessidades desse contexto. Nesse sentido, é condição vital para a escola idealizar um ensino conforme as necessidades e demandas desta sociedade. Werthein (2000, p. 74) enfatiza que “a convergência tecnológica reforça os efeitos da sinergia decorrentes da penetrabilidade das tecnologias na sociedade da informação”. Então, cabe à escola e aos professores ensinarem a seus estudantes que o mais importante não é o acesso indiscriminado a qualquer informação, ao contrário, é de importância capital saber selecionar com cautela apenas informações relevantes.

Além disso, compete à escola e ao professor acolher as tecnologias digitais para auxiliar o aprendizado dos estudantes e para incrementar as práticas educativas, visto que a tecnologia circula de forma intensa, aberta e universal (CHARTIER, 2007). Também cabe à escola considerar o perfil de seus estudantes, nativos digitais, que nasceram num mundo altamente tecnologicado, rico em possibilidades de comunicação e interação (SCHLEMMER, 2006).

Em uma análise retrospectiva, é possível identificar o início dos primeiros movimentos de inserção da tecnologia na escola a partir dos anos 80 com o projeto EDUCOM, constituindo-se no primeiro projeto público a tratar da informática na educação (LOUREIRO, LOPES; 2012). Entretanto, passadas três décadas, a sensação é de que não houve significativos avanços que legitimassem o uso dessa tecnologia nas escolas públicas. Lamentavelmente, parece que o máximo que se atingiu se resume à implantação de um laboratório de informática com acesso à banda larga (internet) nas escolas. Uma breve consulta à literatura indica que esses laboratórios caíram em desuso devido à falta de políticas públicas de qualificação dos professores e da burocracia imposta pelas escolas no acesso aos laboratórios, como afirma Chartier (2007). É preciso desenvolver políticas públicas que se comprometam com a utilização consciente da tecnologia na sala de aula, ou seja, não basta informatizar a escola, é necessário capacitar os professores para utilizarem adequadamente essa ferramenta.

Porém, é inegável o fato de que foram abertas novas possibilidades de ensino através do emprego das tecnologias digitais, principalmente através do uso de programas computacionais. Um dos interesses deste trabalho é destacar a relevância de tratar os níveis representacionais do conhecimento químico, transformando os programas computacionais em potentes ferramentas para essa abordagem. As formas de representação do conhecimento químico circulam entre três níveis; o macroscópico, o microscópico e o simbólico (JOHNSTONE, 1982). O nível macroscópico se relaciona a fenômenos visíveis a olho nu; já o nível simbólico se relaciona estreitamente às representações semióticas, como fórmulas, equações, símbolos, gráficos, dentre outros. E, por fim, o nível microscópico diz respeito às formas abstratas, que seriam as partículas e moléculas, entre outros; trata-se de entes imperceptíveis a olho nu.

Na opinião de diversos autores, compreender Química implica dominar os três níveis de representação e, adicionalmente, conseguir transitar entre eles. Wu e Shah (2004) enfatizam a importância do ensino de Química abrigar os três níveis de representação e chamam a atenção para o emprego de uma multiplicidade de representações como condição

favorável à aprendizagem em Química. Já para Gabel (1993), não é apenas condição vital para a aprendizagem dessa ciência dominar os três níveis de representação, mas também se faz necessário transitar e estabelecer conexões entre essas formas de representação. Uma consulta à literatura da área indica a existência de um consenso sobre a relevância de proliferar as formas de representação em amplitude máxima, como também promover a livre transição entre os três níveis de representação, com vistas a um ensino de Química genuíno.

Neste sentido, percebe-se a natureza abstrata da Química e o que se evidencia é que, para explorar os fenômenos químicos, faz-se necessário trabalhar com modelos mentais, concretos ou virtuais para representar determinados fenômenos inacessíveis à percepção humana (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011), principalmente quando os fenômenos são tratados em nível microscópico. Assim sendo, quando a Química é abordada nesse nível, as tecnologias digitais, mais especificamente os programas computacionais, podem ser ferramentas essenciais para modelização ou representação dos fenômenos químicos, prestando-se, assim, à fabricação de novas condições que permitam aos estudantes compreenderem em profundidade tais fenômenos. Muitos pesquisadores e educadores têm empregado modelos e ferramentas tecnológicas digitais a fim de superar as mais diversas dificuldades na representação do ensino de Química, assunto que será abordado posteriormente, quando faremos referência a alguns estudos já realizados.

De modo a aprofundar a compreensão do leitor em relação ao papel que os programas computacionais desempenham no ensino de Química, este estudo será dirigido ao conteúdo específico de isomeria geométrica. Foi selecionado esse conteúdo programático, previsto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), por se tratar de um conteúdo de difícil compreensão (RAUPP, 2010), sobretudo por conta da superposição de diversos níveis de abstração: para compreender a isomeria geométrica, além de dominar o nível representacional microscópico, e fazer transições do nível simbólico (fórmulas) para o microscópico (moléculas), é necessário fazer uso de formas tridimensionais das estruturas estudadas no espaço, considerando, dentre outras peculiaridades, seus ângulos.

Dentro do universo de possibilidades que fica em aberto, o problema que guia esta pesquisa é o de compreender como os recursos tecnológicos digitais (programas computacionais) podem ser usados na escola pública, no ensino de isomeria geométrica. Com esse propósito, buscamos na literatura da área uma fundamentação teórica a respeito das peculiaridades da Química para posteriormente realizar um estudo de caso em uma escola pública.

Este trabalho é constituído de seis capítulos. No primeiro, composto pela introdução, apresentamos uma visão geral do contexto em que a pesquisa se insere a fim de situar o leitor. No segundo, fizemos um breve diagnóstico da tecnologia na sociedade atual no intuito de retratar as principais consequências dessa “revolução” tecnológica na sociedade e, por extensão, na escola. Em razão da larga escala de penetração das tecnologias, identificamos dois aspectos que geralmente são tratados como sinônimos, no entanto, por meio de uma aclaração semântica, apontaremos as armadilhas que podem se esconder por trás dessas denominações. Um aspecto se refere à sociedade do conhecimento e o outro à sociedade da informação. Nesse percurso, encontramos também os nativos digitais, indivíduos nascidos num ambiente impregnado de tecnologias de comunicação e interação, e tomamos contato com algumas de suas particularidades, que direcionam para o trabalho em rede, dinâmico e cunhado por desafios. Em complemento, questionamos o papel da escola na formação desse indivíduo e identificamos os primeiros movimentos de implantação da tecnologia na escola até o que vem sendo feito nos tempos atuais.

No terceiro capítulo, direcionamos a pesquisa para o ensino de Química em nível médio. Inicialmente, apresentamos nossa perspectiva teórica de ensino e de aprendizagem para este estudo. Em seguida, explicitamos algumas particularidades que, conjugadamente, colaboram para a compreensão da Química. Daremos destaque especial ao domínio dos três níveis de representação, que integradamente contribuem para a compreensão de qualquer fenômeno químico. A Química é uma ciência abstrata e, para que seus conceitos sejam adequadamente expressos no contexto escolar, é necessária a apropriação das mais variadas formas de representação; como dito antes, uma maneira eficiente de congregá-las se dá através dos níveis de representação macroscópico, simbólico e microscópico. Com o objetivo de demonstrar a potente ferramenta em que se constituem as tecnologias digitais no contexto do ensino de Química, selecionamos alguns estudos que empregaram os programas computacionais para esse ensino. E, por fim, direcionamos a pesquisa para o conteúdo de isomeria geométrica, considerando que a literatura da área aponta a existência de uma acentuada dificuldade para compreensão desse conteúdo, sobretudo porque a isomeria geométrica envolve basicamente o nível microscópico; as moléculas representadas podem ser diferenciadas apenas quando é dada a representação tridimensional da estrutura e a rápida transição do nível simbólico para o microscópico. É nesse contexto que os programas computacionais mostram todas as suas potencialidades quanto à representação de estruturas isoméricas, valorizando suas particularidades, como a disposição espacial da molécula.

No quarto capítulo, apresentamos o delineamento da pesquisa e sua natureza qualitativa. Descrevemos o enfoque da pesquisa, o problema, os objetivos e os procedimentos para coleta de dados. O ambiente de pesquisa assim como os sujeitos de pesquisa são detalhados minuciosamente. E por último, apresentamos o artefato epistemológico de interpretação dos dados: a Análise Textual Discursiva (ATD), conforme Moraes e Galiazzi (2011).

O quinto capítulo se refere à análise do *corpus* de pesquisa empregado e, consoante acima mencionado, a ATD é tomada como principal ferramenta de análise. As etapas desse processo desembocam na interpretação e descrição dos dados da pesquisa que se originaram a partir da transcrição das entrevistas, do ambiente de estudo, originando assim o chamado *corpus*. Em decorrência desse processo, apresentamos como resultado três categorias *a priori* e duas categorias emergentes. A primeira categoria *a priori* é a escola pública vista pelo viés do ensino de Química, seguida de duas subcategorias; laboratório de informática e laboratório de química. A segunda categoria *a priori* se direciona às concepções dos professores a respeito dos níveis de representação da Química. E a última categoria *a priori* volta-se ao ensino de isomeria geométrica e conta com uma subcategoria que trata da (des)conexão do ensino de isomeria geométrica do cotidiano. Dentre as categorias emergentes, evidenciamos duas, a primeira chama-se; “isso que eles são digitais”, e a última categoria emergente intitulada; o tempo é a principal variável para o ensino de isomeria e para o uso de programas computacionais.

No último capítulo apresentamos as conclusões. Uma delas destaca-se de imediato, qual seja, o emprego de programas computacionais favorece o ensino de isomeria geométrica, numa amplitude que talvez nenhuma outra abordagem possa assegurar. Além das possibilidades de representação bidimensional (2D) e tridimensional (3D) das estruturas, é possível explorar uma extensa variedade de isômeros geométricos. O emprego de programas computacionais no ensino de Química põe em relevo uma variedade de representações, acrescidas de correlações entre os diversos níveis de representação. Também atende aos anseios dos nativos digitais, valorizando assim a destreza que os mesmos possuem no uso dessas ferramentas, além, é claro, de atender numa certa medida as demandas da sociedade contemporânea. Para concluir, apontamos algumas deficiências e entraves que deveriam ser considerados na perseguição de um modelo de ensino que consagre a escola como agente verdadeiramente integrado no contexto social no qual está inserida. Relatamos também a experiência (pessoal da pesquisadora) na manipulação de alguns programas computacionais

para construção de moléculas que sustentam esta pesquisa e apontamos algumas possibilidades de pesquisas futuras.

Como já apresentamos sinteticamente nossa pesquisa e destacamos que a ATD será a metodologia de análise, optamos em empregar uma linguagem que se configure predominantemente na primeira pessoa do plural. Mas, em determinados momentos, para não falsificar o relato e garantir a fidedignidade do mesmo será empregado a primeira pessoa do singular. Por fim, destacamos que a ATD, como artefato epistemológico principal deste estudo, encontrou toda sua força de expressão no interior da pluralidade de vozes que foram “convocadas” a se fazer ouvir.

2 CAMINHOS TEÓRICOS: OLHANDO PARA A SOCIEDADE, PARA AS TECNOLOGIAS DIGITAIS E PARA A ESCOLA

Neste capítulo será lançado um olhar sobre a sociedade em geral com o intuito de entender alguns processos que tendem a influenciar a escola, e por extensão o ensino, pois seria no mínimo temerário imaginar a escola como uma instituição desconectada da sociedade. Serão então, identificadas as principais características dos indivíduos que compõem esta sociedade para verificar em qual medida a tríade sociedade, escola e indivíduos compartilham interesses quanto ao ensino e à aprendizagem da Química. Diante do exposto, acredita-se, assim como Moraes (2002), que a escola desempenha um papel significativo dentro da sociedade contemporânea e que sua principal missão é formar indivíduos autônomos, críticos, criativos, inovadores e eternos aprendentes, haja vista serem essas algumas das características demandadas pela sociedade.

2.1 A SOCIEDADE E A TECNOLOGIA

No exame da literatura, foi possível encontrar vários trabalhos que atribuem às tecnologias da informação e da comunicação o efeito de mola propulsora da sofisticação da sociedade (FRANCO, 1997; CASTELLS, 1999; LÉVY, 1999; BIANCHETTI, 2001). As referidas tecnologias colocam em relevo e multiplicam as formas de comunicação, interação e disseminação da informação; ademais “[...] ocupam um espaço ou desempenham funções amplamente destacadas” (BIANCHETTI, 2001, p. 31).

Na busca de um diagnóstico da sociedade contemporânea, verificamos a fecunda influência das tecnologias da informação e da comunicação no meio em que vivemos, sendo que, em Goergen, encontramos um panorama bastante amplo do impacto das tecnologias na sociedade:

[...] estamos vivendo numa sociedade envolta num processo de profundas transformações, orquestradas, sobretudo, pelos avanços na tecnologia de armazenamento e transmissão de informações. Esta nova realidade tem reflexos que mudam a sociedade, os indivíduos, as instituições e sua interação (1998, p. 6).

Conforme refere Fagundes (2008), a sociedade atual já gerou mais informações nos últimos 20 anos do que o conjunto de todas as que foram geradas nos séculos anteriores. Esse é um dado surpreendente, que não pode ser ignorado, em especial quando se pretende abordar o ensino de Química. É de importância capital olhar para a sociedade e diagnosticar as

características que emergem dessa verdadeira avalanche de informações, bem como as consequentes novas necessidades dos indivíduos que a compõem.

Presume-se então que um dos melhores retratos feitos de uma sociedade é aquele que destaca as mudanças que ela sofre. Diante disso, o objetivo do próximo bloco é sobressair e elencar algumas mudanças que acabam por intervir diretamente no contexto do ensino e aprendizagem da Química. Muitos autores costumam destacar tais mudanças identificando-as como resultado da inserção do que eles chamam de “novas” tecnologias. De antemão, ressalta-se que, neste trabalho, as tecnologias não serão abordadas como novas, pois o que pode ser considerado novo num meio, ou numa organização social, ou num grupo de indivíduos, pode já ser ultrapassado para outros, especialmente por dois aspectos. No primeiro aspecto, não necessariamente nessa ordem, aparece o caráter vertiginoso da evolução das tecnologias. No segundo, o acesso a essas tecnologias é profundamente desigual.

Outro apontamento, que se faz necessário esclarecer, vincula-se ao nosso entendimento sobre tecnologia, uma vez que, no decorrer do trabalho, aparecerão expressões como Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) e Tecnologias Digitais (TDs). Lévy (1999) define tecnologias como uma espécie de devir coletivo que se cristaliza em torno de objetos materiais, de programas de computadores, de computadores conectados à internet, videogames, de dispositivos de comunicação (smartphones, telefones, laptops), entre outros. Relativamente a este trabalho, empregam-se as mencionadas expressões no contexto daquelas tecnologias que são correntes no contexto do ambiente de trabalho onde se dá o ensino e a aprendizagem da Química: computadores¹ conectados à rede mundial e eventualmente munidos de programas educacionais. Essa definição de Lévy (1999) tem a vantagem adicional de valer mesmo quando as tecnologias são situadas historicamente indo da origem do primeiro computador na Segunda Guerra Mundial, nos Estados Unidos, à aurora da internet, nos anos 60 (NEGROPONTE, 1995). Daqui para a frente, as TICs e TDs serão consideradas como sinônimas.

¹ Nesse contexto, os smartphones e muitos tablets podem ser considerados computadores permanentemente conectados à rede mundial, e eventualmente munidos de programas informáticos os quais, em muitos casos, podem ser baixados gratuitamente. No contexto da Química, um exemplo são os programas de tabela periódica, que fornecem de imediato informações básicas sobre qualquer elemento químico; se o usuário desejar, pode obter um número verdadeiramente enorme de informações adicionais ao ser redirecionado a uma página específica do elemento que o interessa.

2.1.1 Um retrato da sociedade contemporânea através da lente das tecnologias

A sociedade encontra-se sujeita a inúmeras vicissitudes, bastando, para diagnosticá-las, reportar-se à história dos povos humanos que se apresenta invariavelmente impregnada de intensas e constantes mudanças. A razão para essas contínuas e frequentes mudanças é apontada por Castells (1999): um processo de revigoração constante, uma necessidade de intenso aperfeiçoamento e de otimização de processos. Realmente, a sociedade foi marcada por uma série de mudanças, intercaladas por alguns eventos importantes, tais como o da emergência das tecnologias digitais. Essa emergência ocorreu com grande rapidez, sendo responsável pela constituição gradual de uma sociedade mais sofisticada e, num certo sentido, mais estável.

Ainda, segundo Castells (1999), no final do século 20, a sociedade passou por um período de completa transformação, mediada pelas tecnologias da informação, tecnologias essas oriundas de diversos campos, nos quais a linguagem corrente é digital; a informação pôde então ser gerada, processada e transmitida de forma muito ágil, a ponto de atualmente existir a expressão era digital², cunhada em função desse cenário. As consequências dessa transformação ou mutação vão da quebra de paradigmas ao consequente surgimento de novos ambientes de convivência, os quais por sua vez levam a diferentes modos de interação entre os indivíduos da sociedade contemporânea.

Para Franco (1997), os efeitos dessas transformações afetam e subsidiam as práticas culturais que acompanham a sociedade. Já no entendimento de Bianchetti (2001), a fusão do progresso científico e tecnológico é algo incontestado neste milênio e afeta diretamente todas as pessoas; seja na fruição de seu lar ou no ambiente de trabalho. As interfaces, os meios e os conteúdos sofrem profundas alterações e isso conduz os indivíduos a rever as formas, os métodos de ensinar e aprender, bem como os modos de organização do coletivo, tarefa essa apontada pelo autor como imprescindível para todos aqueles que pretendem se manter coetâneos na sociedade contemporânea.

Diante do exposto, é necessário, desde agora, fazer uma aclaração semântica dos processos de ensinar e aprender. Aproximamos esses termos porque, conforme Pozo (2002, p. 55-56), “aprender e ensinar são dois verbos que tendem a ser conjugados juntos, embora nem sempre seja assim”. Dessa maneira, pensando num processo de ensino que gere aprendizagem, é que definiremos esses termos. De acordo com Ferreira (1975, p. 532),

² Esse é um termo usado pelo visionário Negroponte em (1995) que, em seu livro “Vida Digital”, antecipou inúmeros acontecimentos e previu a disseminação da tecnologia.

ensinar é “ministrar o ensino de; [...] instruir; lecionar [...]”. O processo de ensinar começa muito antes de o professor entrar numa sala de aula, constituindo-se já a partir da organização e planejamento das atividades. Requer a compreensão do professor sobre o que consiste uma boa aprendizagem e quais as dificuldades que seus estudantes³ apresentam a fim de ajudá-los a diluí-las (POZO, 2002). Nesse caso, ensinar é também promover situações que favorecem o desenvolvimento cognitivo do estudante. Pozo (1998, p. 241) afirma que “ensinar ciência não consiste em proporcionar conceitos aos alunos, mas em mudar os que eles possuem”. Na visão do referido autor, o estudante não vai abandonar suas ideias espontaneamente até que encontre algo melhor. Por conseguinte, aprender implica reformular as ideias prévias, ou mesmo abandoná-las, para explicar algo que antes não se tinha domínio.

Encontramos em Houaiss, Villar e Franco (2001, p. 261) uma definição pontual sobre aprender: “adquirir conhecimento (de), a partir de estudo; instruir-se [...], adquirir habilidade prática [...] vir a ter melhor compreensão (de algo), esp. pela intuição, sensibilidade, vivência [...]”. Já Abbagnano, em seu Dicionário de Filosofia (2007, p. 75), diz que a aprendizagem é considerada a “aquisição de uma técnica qualquer, simbólica, emotiva ou de comportamento, ou seja, mudança nas respostas de um organismo ao ambiente, que melhore tais respostas com vistas à conservação e ao desenvolvimento do próprio organismo”, essa definição, apesar de ser consistente com a psicologia moderna, possui um caráter predominantemente empirista. Uma definição que atende a uma visão ainda mais contemporânea de aprendizagem é a de Moreira (1985, p. 90), que afirma que “a aprendizagem provoca uma modificação quer seja no comportamento do indivíduo, na orientação da ação futura que escolher ou nas suas atitudes e na sua personalidade”. A aprendizagem é resultado de alguma interação social e provoca um desenvolvimento cognitivo no indivíduo (MOREIRA, 2011). Pozo (2002, p. 32) ressalta que nunca houve na história humana um período em que os indivíduos “[...] aprendessem tantas coisas distintas ao mesmo tempo [...]”, mencionando que a aprendizagem não cessa. Existe uma demanda de aprendizagens contínuas e massivas, o que é um traço típico da nossa sociedade. Em resumo, compactuamos com a ideia de Moraes (2010, p. 136) aprender “[...] é reconstruir o já apropriado anteriormente, tornando-o mais complexo, com adição de novos significados e relações”.

³ Optamos empregar o termo estudante porque a palavra é descendente de “estudo” e indica o zelo, aplicação. Conforme Buogo, Chiapinotto e Carbonara (2011, p. 18) etimologicamente o termo estudante “[...] remete àquele que se aplica em algo, portanto, não faz apenas porque alguém mandou, mas possui um ardor próprio.” Em contrapartida, o termo aluno refere-se àquele que necessita ser conduzido por alguém, e historicamente foi um termo que remeteu a uma relação de interdependência.

Com isso, o impulso tecnológico nos últimos anos tornou cada vez mais intensa a abundância e a socialização de informações na rede: o desenvolvimento das tecnologias digitais e de comunicação provocou uma mutação global da civilização mediante a virtualização da informação que se difunde por meio do ciberespaço (LÉVY, 1999). Em outras palavras, o ciberespaço é um novo meio de comunicação que surge através da interconexão de computadores em nível mundial. O ciberespaço abriga um verdadeiro dilúvio de informações, e uma parte significativa⁴ da população alimenta-se delas; mudanças surgem, e “[...] a emergência do ciberespaço acompanha, traduz e favorece uma evolução geral da civilização” (LÉVY, 1999, p. 25).

Logo, é natural supor que os usuários das TDs cada vez mais estejam chegando à escola com o acesso potencial a uma bagagem imensa de informações advindas do ciberespaço. Como a escola se organiza para receber esses indivíduos impregnados de informações? Em algum momento essas informações se transformam em conhecimento? Sempre? Esporadicamente? E essa transformação, caso ocorra e quando ocorre, é natural? Quem são os indutores - se os há - dessa transformação? Qual o papel da escola nessa passagem?

É nessa interface que as fronteiras entre os pretensos sinônimos se acentuam, pois a sociedade contemporânea, anteriormente citada por Fagundes (2008), é impregnada de informações como nunca fora antes. Portanto, é cada vez mais legítima a questão levantada mais acima: o que diferencia o conhecimento da informação? É possível que a informação - via de regra - anteceda o conhecimento, mas dispor de muitas informações nos parece não implicar em conhecimento, ao contrário, um excessivo leque de informações acaba por ofuscar ou mesmo “intoxicar” o indivíduo. Atualmente, por falta de clareza e por insuficiência, ou mesmo ausência de problematizações quanto aos seus significados, é comum esses dois termos serem tratados como idênticos. Logo, em termos epistemológicos e práticos, fazer a distinção semântica entre ambos nos permite um refinamento conceitual bastante útil, evitando assim colocar para “debaixo do tapete” as diferenças que podem implicar em denominações equívocas para a sociedade⁵.

⁴ Uma pesquisa realizada pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad), em 2011, apontou que em média a quantidade de brasileiros que tinham acesso à internet chegava a 77,7 milhões de pessoas, quantidade essa que representa 46,5% da população brasileira. Disponível em: <<http://tecnologia.uol.com.br/noticias/redacao/2012/09/21/internet-chega-a-465-dos-brasileiros-sudeste-concentra-metade-dos-usuarios.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

⁵ Almeida e Valente (2011), em um recente trabalho, apontam as várias denominações que são usadas atualmente pela literatura para se referir à sociedade atual: i) sociedade tecnológica; ii) sociedade em rede; iii) sociedade da informação; iv) sociedade do conhecimento; v) sociedade cognitiva e, por fim, vi) sociedade digital.

Não há dúvida de que se trata de um debate bastante agitado e turbulento e não se pretende aqui explorar crítica ou exaustivamente tais discussões. A intenção é unicamente contribuir para elucidar esses termos para sequencialmente assumir uma definição mais pontual para a sociedade de hoje. No entender de Bianchetti, o conhecimento e a informação podem ser interconectados da seguinte maneira:

Dispor de dados e informações é um pressuposto importante para o conhecimento, mas eles por si mesmos não são garantia suficiente para que os seus possuidores abandonem a atitude passiva de depositários. Conhecimento, nunca é demais repetir, tem a ver com construção (2001, p. 57).

Bondía (2002, p. 21), em outras palavras, também enfatiza esse mesmo processo de construção, ao ressaltar que as infinitas possibilidades de informação ocasionam - de maneira aparentemente paradoxal - o embotamento do conhecimento, considerando que este se dá através da experiência vivida, que não é aquilo que se passa em torno de nós, ao contrário, “a experiência é o que nos passa, o que nos acontece, o que nos toca”. Quer dizer, a experiência pressupõe que alguma coisa aconteça conosco e efetivamente nos forma e transforma.

Com o auxílio do dicionário, será possível avançar nessa discussão. Segundo Ferreira (1975, p. 765), a informação é “o ato ou efeito de informar(-se); [...] coleção de fatos ou de outros dados fornecidos à máquina a fim de se objetivar um processamento”. Então, afirmar que um indivíduo está informado significa apenas dizer que ele possui informações sobre determinado assunto ou aspecto para eventualmente opinar, mesmo que superficialmente, sobre aquele assunto. Mas isso está ainda longe de se constituir em conhecimento. Desse modo, segue-se uma afirmação banal, mas surpreendentemente ausente em muitos debates que envolvam a escola, a sociedade e as tecnologias digitais: estar informado é apenas a porta de entrada ou o primeiro passo, dentre muitos que se seguirão, até a solidificação do conhecimento.

Ferreira (1975, p. 365) nos alerta de que o conhecimento é o “[...] ato ou efeito de conhecer”, mas essa definição encerra uma circularidade latente, remete-se a ela mesma. Nessa mesma referência encontramos ainda a definição do conhecimento a *posteriori*, ou seja, um conhecimento que foi construído e não um conhecimento inato⁶. De acordo com o Dicionário Aurélio, o conhecimento construído pelo indivíduo só pode ser obtido através da experiência ou ser da natureza desse indivíduo. Já Houaiss, Villar e Franco (2001) afirmam que o conhecimento é concretizado por meio da razão e/ou experiência, é “ato ou efeito de

⁶ O conhecimento inato é um conhecimento que nasce com o indivíduo. Mas esse também é um assunto delicado, que envolve muita discussão; não consideramos necessário aprofundá-lo aqui.

apreender intelectualmente, de perceber um fato ou uma verdade; cognição, percepção [...] domínio, teórico ou prático, de um assunto, uma arte, uma ciência, uma técnica [...] competência, experiência, prática” (2001, p. 802). Neste trabalho, partiremos da concepção segundo a qual o conhecimento é tributário da construção que o indivíduo arquiteta.

Em aprofundamento a essa questão, Bianchetti (2001) nos adverte para a existência de um abismo entre o domínio da informação e o do conhecimento; as informações apenas subsidiam o conhecimento, mas mesmo um leque vasto de informações não é suficiente, por maior que seja, para garantir a solidificação do conhecimento. A superabundância de informação pode até mesmo promover uma assepsia cujo efeito mais danoso se traduz num afastamento gradual e progressivo do processo de construção do conhecimento. O conhecimento é arquitetado na construção e não na acumulação.

Bondía (2002) registra três motivos que contribuem de modo decisivo para o embotamento do conhecimento que deriva da experiência na sociedade atual: i) o excesso de informação; ii) o excesso de opinião; e iii) a falta de tempo. Dentre esses motivos, focalizaremos em especial o excesso de informação, por ser o que mais nos interessa no contexto deste trabalho. A justificativa para tal escolha é de que nunca antes houve tantas informações sendo processadas e transmitidas pelos mais diversos meios de comunicação ao mesmo tempo. Moran (1997, p. 152) descreve um exemplo impressionante acerca da quantidade de novos serviços disponibilizados há mais de duas décadas na internet: “criam-se todos os dias mais de 140 mil novas páginas de informações e serviços na rede. Há informações demais e conhecimento de menos [...]”. Os referidos argumentos, com certeza, legitimam a escolha da expressão *sociedade da informação*.

Outro traço característico do momento contemporâneo, exposto por Bondía (2002), resultante em certa medida dessa superabundância de informação, é a obsessão em “possuí-la”. Em certos momentos, parece que a informação, mais especificamente o ato (ou a prova) de possuí-la, é um fim em si mesmo. Segundo Bondía (2002, p. 21-22), “a informação não faz outra coisa que cancelar nossas possibilidades de experiência”. Atualmente, vivemos num estágio em que é possível navegar⁷ por um oceano de informações, disponíveis em larga escala no ciberespaço. Entretanto, é larga a distância a percorrer até a sociedade do conhecimento.

⁷ Empregamos a palavra “navegar” em virtude da adoção do termo ciberespaço proposto por Pierre Lévy (já discutido acima). Quando Lévy define ciberespaço como um novo meio de comunicação que surge através da interconexão mundial de computadores, compara-o a um universo oceânico de informações. Logo, por fazer analogia a um oceano de informações, empregamos, como Lévy, o termo navegar.

É possível ser ainda mais utópico e sugerir que o ideal seria habitar uma sociedade da sabedoria, tal como proposta por Veiga-Neto e Noguera (2010). A sociedade da sabedoria é mais erudita, ela ultrapassa as performances das duas já citadas, se refere à subjetividade, isto é, a sabedoria envolve o saber da experiência, que é um saber particular, subjetivo e intransferível.

Finalizamos destacando a inerente polissemia dos termos cujo sentido preliminar tentamos estabelecer acima; informação, conhecimento e, de forma mais sutil, sabedoria. Também cabe destacar o viés que os pesquisadores impuseram a esses termos ao lhes dar o sentido peculiar acima exposto pela voz de vários autores, no restante deste texto, teremos o cuidado de manter a coerência, preservando, aprofundando e justificando esse viés, nitidamente interacionista.

2.1.2 Imigrantes e nativos digitais

Desde já é possível evocar o fato de que o indivíduo nascido no seio da sociedade da informação apresenta novos modos de ser e conviver e adquire, inclusive, uma nova linguagem que permeia suas relações com o mundo (PRENSKY, 2001). Prensky (2001) chama tais indivíduos de *nativos digitais*⁸, creditando-lhes um alto desempenho no uso das tecnologias, pois eles já nasceram neste mundo altamente tecnologizado, em rede, dinâmico, rico em possibilidades de informação, comunicação e interação. Conforme Prensky (2001), o nativo digital está acostumado à rapidez do hipertexto⁹, a baixar músicas, a telefones (smartphones) em seus bolsos, a uma biblioteca em seus laptops, a enviar e receber mensagens instantâneas. Os nativos estiveram conectados a maior parte de suas vidas, então eles pensam e processam as informações distintamente daquelas das gerações anteriores; sem dúvida, não são mais os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado.

Na literatura, existem alguns termos para denominar os indivíduos nascidos na era digital. Pescador (2010) destaca os principais termos: *geração digital*; *nativo digital*; *geração net*; *geração joystick* e *homo zappiens*. Todos se referem a indivíduos que, desde sua infância, tiveram uma vasta possibilidade de interação com as tecnologias digitais; um marco temporal

⁸ Esse é um termo cunhado por Prensky para se referir a indivíduos nascidos numa era digital, cercados de recursos e ferramentas digitais, com vasta oportunidade de comunicação e interação. Palfrey e Gasser (2008) alertaram para o fato de que 1/6 da população tem acesso às tecnologias digitais, portanto, o termo nativo digital só pode ser empregado para descrever indivíduos que tenham acesso à tecnologia digital.

⁹ Hipertexto é um conjunto de textos disponíveis em mídia eletrônica, em formato digital, e podem ser acessados por computadores conectados à internet, de maneira que é possível percorrê-los por meio de links e por remissões ou correlações a outros textos, permitindo ao leitor navegar por múltiplos caminhos de forma não linear e em tempo real.

para esta geração poderia ser, consoante a autora, o início da década de 80. Nesta pesquisa, utilizaremos o termo nativo digital.

A geração anterior à do nativo digital, segundo a terminologia utilizada por Prensky (2001) e Schlemmer (2006), é a dos *imigrantes digitais*¹⁰. Os imigrantes digitais nasceram e passaram a maior parte da infância e adolescência num mundo analógico, numa escola analógica na qual predominavam objetos como o quadro-negro, giz, toca-discos e toca-fitas; eles não estavam autorizados em princípio a “mexer” em qualquer nova tecnologia que chegasse até suas casas ou escola, pelo menos não até o momento em que tivessem adquirido a necessária competência. Então, os imigrantes digitais, diferentemente dos nativos, foram apresentados tardiamente às TDs e de certa maneira se viram obrigados a conviver com elas. Esses fatos explicam por que muitos imigrantes apresentam uma forma enviesada de se relacionar com as tecnologias, como Schlemmer (2006) nos ensina. Essa distinção parece profundamente necessária neste trabalho, uma vez que, entre outras coisas, pretendemos obter de professores de Química, predominantemente imigrantes digitais (esta afirmação foi extraída a partir do perfil dos professores participantes da pesquisa), seus posicionamentos acerca de como as tecnologias digitais (programas computacionais) podem favorecer o ensino de isomeria geométrica. A ideia é de que, com o auxílio dos professores, seja possível diagnosticar se a escola e por extensão o ensino experimentaram algum aperfeiçoamento nas práticas pedagógicas para atender os nativos digitais. A noção preliminar das características dos professores (imigrantes, nativos, ou algo intermediário) é um subsídio valioso para esta pesquisa.

Mas há outras questões relevantes: a escola pública atual, que está acolhendo este nativo digital, passou por mudanças para ressignificar sua prática diante de uma geração que exige novos redirecionamentos? Ou, pelo menos, a escola pública está em processo de mudança para dar conta dessa nova demanda? Ou, ainda, será que a escola pode ser caracterizada como um conjunto de salas de aula cheias de bancos distribuídos um atrás do outro?

Essas questões, advindas das reflexões de Prensky (2001) e Schlemmer (2006), apontam na direção do trabalho em equipe, em rede, como um (novo) caminho possível para a construção de um conhecimento em consonância com as demandas, novas ou não, da sociedade; respeitando dessa forma também as características dos nativos digitais.

¹⁰ Esse é um termo cunhado por Prensky para se referir a indivíduos nascidos numa era pré-digital, quando a tecnologia digital era praticamente nula.

Mesmo antes da noção de sociedade da informação, a escola deve (deveria) ser atender às demandas da sociedade, razão pela qual redirecionamos a questão: a escola respondeu de maneira efetiva às mudanças que emanam da sociedade da informação? A mensagem parece tão sensata quanto direta, pois um dos maiores desafios da escola é o de conduzir o ensino pelas trilhas velozes e revolucionárias das TICs, dado que elas vêm favorecendo e multiplicando as formas de acesso à informação, propiciando novos estilos de pensar e raciocinar, colaborando assim com o processo de construção de conhecimento, nutrindo-o e potencializando-o (MORAES, 2002).

No entendimento de Fagundes (2008), as escolas públicas apresentaram mudanças significativas; computadores foram instalados munidos de programas de fonte aberta¹¹ e livre acesso. As escolas possuem ainda provedores com conexão à internet através de banda larga, o que, em princípio, é garantido para todas as escolas públicas por legislação. Então, há sim uma resposta da escola, mesmo que ela seja em muitos casos parcial e insuficiente, às demandas da sociedade da informação. Assim sendo, a grande questão passa a ser se a resposta é proporcional a essas demandas. Numa primeira avaliação, a resposta é: ainda não. No próximo bloco, tentaremos demonstrar a fragilidade das respostas dadas pela escola a essas demandas da sociedade da informação.

2.2 SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO E A ESCOLA PÚBLICA

Howard Gardner¹², renomado cientista social da Universidade de Harvard, em entrevista concedida à Revista Nova Escola, em 2009, destaca a alarmante situação em que as escolas se encontram. Esse sinal de alarme decorre do fato de as escolas e as instituições de ensino terem - em regra - enorme dificuldade de acompanhar as mudanças que estão ocorrendo na sociedade. Gardner (2009, p. 40) faz uma observação radical; as escolas “[...] mudam lentamente e estão preparando os jovens para o século 19 e 20”. Pozo e Crespo (2009) relatam que as instituições escolares, desde que foram constituídas no século 19, nunca passaram por formatações mais radicais, e as metas educacionais praticamente não mudaram, negando com isso as necessidades da sociedade da informação. Esses depoimentos indicam que o ritmo das mudanças na escola tende a ser muito lento e talvez a escola não esteja

¹¹ Programas de fonte aberta costumam ser gratuitos, e todos os usuários do ciberespaço têm o direito de usar determinado programa, baixar, copiar e distribuir.

¹² Howard Gardner é um pesquisador norte-americano, conhecido principalmente pela Teoria das Inteligências Múltiplas. Gardner passou a destacar-se na Educação pois sua tese: a Teoria das Inteligências Múltiplas dilui os padrões estabelecidos à época, de que a inteligência só poderia ser avaliada por raciocínio lógico-matemático.

adaptada para receber os nativos digitais, ou seja, as práticas pedagógicas da escola quiçá não disponham do arsenal necessário para conduzir o ensino nas trilhas velozes das tecnologias digitais. E convém notar que este arsenal não se esgota, como poderia parecer à primeira vista, nos recursos físicos necessários (computadores, conexões, serviço técnico de assistência e outras). Pelo contrário, o “nó de górdio”, como este trabalho demonstrará de modo parcial mais adiante, está no que se poderia chamar de maneira provisória de “atitude”: no ambiente escolar, como os usuários reagem ao depararem com formas extremamente potentes de comunicação e acesso às mais diversas informações. A seguir, elaboraremos um pouco mais essa questão.

Iniciemos com o aspecto relacionado à comunicação. A escola deveria ser um local que por excelência privilegiasse ambientes de ensino fomentadores da interação entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem. Como foi visto, as TDs podem promover, sob diversas formas, essa interação entre os participantes do processo. Isso acontece? Em caso afirmativo, qual o papel das TICs nessa interação? A escola assume um papel ativo nessa questão? Essa é rigorosamente a perspectiva de Moraes (2002): o fundamental para a escola não seria unicamente a inserção das tecnologias digitais, tais como os computadores. A criação de novos espaços de aprendizagem é que é o aspecto fundamental. Nesses espaços, o foco seria dirigido às novas formas de representação da realidade, à ampliação de contextos e ao maior incentivo aos processos de construção do conhecimento. O grande desafio deste começo de século esbarra na necessidade de expandir as metodologias disponíveis com o fim de atender e acompanhar o que Moraes (2002, p. 4) destaca ser imprescindível: “[...] a evolução acelerada da ciência e tecnologia vem exigindo não apenas novos espaços de conhecimento, mas também novas metodologias, novas práticas fundamentadas em novos paradigmas da ciência”. A conclusão se impõe: não se pode mais continuar prisioneiro do espaço e nem do tempo escolar, bem como de um pensamento exclusivamente disciplinar e hierárquico.

Entretanto, a escola continua sendo um espaço de ensino e aprendizagem; a emergência das TDs não altera, pelo menos não em nível inicial, esse fato. Na visão de Parrat-Dayán (2008), é dever da escola ensinar alguma coisa aos estudantes e fazer tudo o que é possível para que eles tenham sucesso. E um dos atuais desafios da escola é o de conduzir o ensino pelos caminhos das tecnologias da informação e comunicação, considerando que elas vêm favorecendo novas formas de acesso à informação, novos estilos de pensar e raciocinar e novas dinâmicas no processo de construção de conhecimento (MORAES, 2002).

A escola, até com bastante frequência, disponibiliza o acesso aos recursos tecnológicos digitais, tais como computadores conectados à rede, tanto aos professores quanto aos estudantes, mas esses computadores só estão disponíveis, na maior parte das vezes, numa única sala, denominada laboratório de informática. O acesso efetivo a esse tipo de recursos só ocorre quando a infraestrutura de apoio (técnico ou supervisor) existe e funciona verdadeiramente. Conforme Fagundes (2008) aponta, existem investimentos dos órgãos responsáveis pela escola pública na inserção de computadores no contexto escolar. No entanto, esse movimento de instrumentação¹³ das escolas é acompanhado por uma taxa crescente de uso desses recursos por parte dos estudantes e professores? E esse uso, caso exista, incide predominantemente sobre atividades didático-pedagógicas? Ou é voltado a atividades burocráticas, tais como registro de notas e frequência? O emprego das TDs na escola, em especial do computador, é um assunto que tem ganhado destaque nos últimos anos, mobilizando principalmente os representantes da política educacional brasileira. A partir de uma análise preliminar, logo superficial, constatamos que os primeiros movimentos no âmbito nacional se deram na década de 80. As primeiras políticas públicas destinadas à informática na educação se desenvolveram por intermédio do projeto EDUCOM¹⁴, que, como menciona Cysneiros (1999), nem chegou a atingir muitas escolas, mas rendeu um significativo contingente de recursos humanos. Um segundo movimento nesse âmbito foi uma iniciativa substancial que ainda vem sendo desenvolvida pelo Ministério da Educação (MEC) através do Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo)¹⁵. O referido programa teve início em 1999, com a instalação de computadores em escolas públicas de ensino básico. Foi por meio desse programa que as escolas se muniram de laboratórios de informática. Entretanto, passados mais de 20 anos, parece que ainda não existem muitas metodologias emergentes no contexto escolar mediante a instrumentação das escolas (LOUREIRO; LOPES, 2012). Qual seria então a deficiência? Será que os professores foram capacitados para utilizar essa tecnologia no planejamento e na execução de seu ambiente de ensino?

O MEC tem desenvolvido ações que objetivam formar professores com especialidade em informática educativa por meio de cursos presenciais e a distância. Os especialistas oriundos dessa qualificação passam a ser os multiplicadores do projeto em

¹³ Neste contexto, entendemos por “instrumentação” a inserção de computadores na escola, bem como seu uso em atividades de ensino e aprendizagem.

¹⁴ Um detalhamento com a proposta do referido projeto pode ser encontrada no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <http://35reuniao.anped.org.br/images/stories/trabalhos/GT16%20Trabalhos/GT16-2284_int.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2013.

¹⁵ Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=244&Itemid=462>. Acesso em: 12 ago. 2012.

Núcleos de Tecnologia Educacional (NTE)¹⁶, projeto esse que visa à capacitação de professores lotados nas escolas que receberam os laboratórios de informática do Ministério da Educação. Outro movimento importante, que implica apropriação da tecnologia no contexto escolar, é o programa “Um Computador por Aluno” (UCA)¹⁷. Trata-se também de uma iniciativa do MEC e é um projeto educacional regido pelo princípio da inclusão digital¹⁸, mediante a qualificação de professores das escolas públicas participantes do UCA. O objetivo do projeto é o uso do computador pessoal (laptop) em atividades que privilegiem a construção cooperativa do conhecimento. Uma das características mais importantes desse projeto é a de que, em vez de colocar alguns computadores numa sala específica - o laboratório de informática - esses dispositivos passem a ser de uso corrente, tal como o são cadernos e livros. Aí há realmente uma mudança de postura. O computador passa a integrar o trabalho do estudante no ambiente escolar; deixa de ser um recurso a ser empregado esporadicamente para se tornar um elemento da rotina da escola. Esse pode ser um meio de afetar, de maneira decisiva, a qualidade de ensino nas escolas públicas brasileiras. Dessa forma, o UCA concretiza a possibilidade de metodologias pedagógicas verdadeiramente inovadoras. Mas isso se dá acompanhado de uma grande turbulência, ligada em especial à guinada sofrida pelo papel que o professor passa a assumir em sala de aula. Desaparece o depositário do conhecimento, o “zelador” dos conteúdos, para entrar em cena o coordenador de atividades, o promotor de análises críticas da informação coletada, o organizador. Essa mudança não é, certamente, indolor. Contudo, o UCA encontra-se ainda em estágio de projeto-piloto¹⁹; um pequeno número, em proporção ao total das escolas, foi privilegiado até o momento. Na cidade em que esta pesquisa foi desenvolvida (Caxias do Sul - RS), por exemplo, apenas uma escola pública foi contemplada²⁰.

Todavia, permanece a pertinência da pergunta: Por que as escolas não se adaptam para atender os nativos digitais, uma vez que os recursos tecnológicos digitais, como os laboratórios de informática, estão disponíveis? Parte da resposta a essa questão já foi dada

¹⁶ Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=7590&catid=210>. Acesso em: 12 ago. 2012.

¹⁷ Disponível em: <<http://www.uca.gov.br/institucional/>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

¹⁸ Nesse caso, a inclusão digital é uma tentativa de o Governo Federal democratizar o acesso às novas tecnologias digitais, levando computadores com acesso à internet às escolas públicas. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/educacao/acesso-a-bibliotecas-publicas-na-rede>>. Acesso em: 17 mar. 2013.

¹⁹ Informações na página eletrônica do UCA que denominam este projeto como piloto. Disponível em: <<http://www.uca.gov.br/institucional/projeto.jsp>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

²⁰ Esta informação consta na página eletrônica do UCA. Maiores informações podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em:

<<http://www.uca.gov.br/institucional/escolasProjetoImplantado.jsp>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

anteriormente: o problema está menos na inserção desses recursos tecnológicos digitais na escola e mais numa mudança de atitude. Cysneiros faz uma analogia bem a propósito:

A presença da tecnologia na escola, mesmo com bons softwares, não estimula os professores a repensarem seus modos de ensinar nem os alunos a adotarem novos modos de aprender. Como ocorre em outras áreas da atividade humana, professores e alunos precisam aprender a tirar vantagens de tais artefatos. Um bisturi a laser não transforma um médico em bom cirurgião, embora um bom cirurgião possa fazer muito mais se dispuser da melhor tecnologia médica, em contextos apropriados (1999, p. 18).

Em face desse contexto, a partir de agora, dirigiremos a pesquisa para o ensino de Química. Os recursos digitais podem se revelar de grande utilidade na tarefa de representar a Química dita abstrata (WU; SHAH, 2004). Antes de iniciarmos a exploração dessa possibilidade, cabe fazer uma ressalva. A utilização das TDs no ensino de Química não surge para substituir o professor. Ao contrário, Demo (2003) afirma que o advento das referidas ferramentas legitima o papel do professor, mas legitima-o como construtor e não como transmissor do conhecimento. Entretanto, aquele professor que sabe empregar os computadores em prol do ensino pode ampliar largamente o espectro de recursos disponíveis. Mais do que dispor, ou não, de recursos, é o protagonismo do professor, imbuído de seu espírito crítico e discernimento, que é absolutamente fundamental para a qualificação do ensino de Química (ou de qualquer outra disciplina).

As vantagens de explorar as TDs, tais como o computador, a favor da escola e por consequência do ensino de Química, são ampliadas exponencialmente quando se considera que os nativos digitais se sentem à vontade na realização de múltiplas tarefas, trabalham melhor ligados a redes de contatos, possuem vocação para a exploração (PRENSKY, 2001). Schlemmer (2006) assevera que, além de empregar as TDs na escola, é necessário estabelecer relações de parceria, de trocas de informações e de compartilhamento de ideias, projetos e conhecimento com os nativos. Então, cabe aos professores e à escola reconhecer essa situação e dela tirar proveito para melhor educá-los, pois o livre acesso a esses recursos tecnológicos digitais por parte dos nativos cria a expectativa de que o professor torne-se o fulcro do incentivo à utilização das TICs no contexto educativo, principalmente no que concerne a orientar os nativos digitais a navegarem no mar de informações do ciberespaço, adverte Prensky (2001).

A intenção aqui não é esgotar as possibilidades de análise e discussão do papel relevante da escola para a formação de indivíduos capacitados e preparados numa sociedade que constantemente renova suas práticas e otimiza seus processos diante da multiplicidade de

formas que a tecnologia digital abriga. Também não é a de subestimar o potencial das TDs no cenário contemporâneo porque, como Valentini e Soares (2011, p. 327) argumentam, as tecnologias oferecem renovadas possibilidades para o indivíduo “[...] se comunicar expressando suas ideias e sentimentos através de linguagens que vão além do texto escrito: voz, gestos, imagens, representações gráficas em 3D”. Em vista disso, no próximo bloco, exploraremos a ideia de um ensino que, na sinergia de nuances da sociedade da informação, valoriza a destreza²¹ e desenvoltura dos nativos digitais no manuseio das TDs. Mas é o caráter eminentemente coletivo, social e comunicativo dessas TDs que sustentará a concepção guia dessa pesquisa: o interacionismo. É ele que, conforme será argumentado no item 3.1, possibilita de forma mais efetiva a construção coletiva do conhecimento mediado pelo social.

Em síntese, a presença das TDs na sociedade da informação nos conduz a investigar como os professores aproveitam essas tecnologias para potencializar o processo de ensino de Química. Em particular, investigaremos como as TDs (os programas computacionais) auxiliam na representação do nível microscópico no ensino de isomeria geométrica. Com isso, surgem algumas questões mais específicas: Como as TDs podem potencializar o ensino de isomeria geométrica? Os professores de Química utilizam diferentes formas de representação do conhecimento químico mediante o uso das TDs? Essas são algumas das questões que merecerão nossa atenção futura.

²¹ Referimo-nos à destreza como sinônimo de habilidade.

3 O ENSINO DE QUÍMICA E SUAS PECULIARIDADES

Neste capítulo, apresentamos nossa concepção de ensino e justificamos como uma posição interacionista pode ser decisiva na abordagem deste trabalho. Destacamos o que a Química apresenta de especial quando comparada às outras ciências do ponto de vista do ensino; as formas de representação do conhecimento químico e a relevância desse conhecimento para o estudante. A partir da literatura da área, verificamos alguns entraves na construção do conhecimento químico e enfatizamos como a tecnologia digital pode ser decisiva na sua solução. Destacamos também as dificuldades associadas às formas de representação dos fenômenos químicos. Com a finalidade de demonstrar a relevância do uso das tecnologias digitais, selecionamos alguns estudos recentes que empregaram programas educacionais no ensino de Química. Por fim, estreitamos o universo de investigação para o conteúdo de isomeria geométrica, tratando de particularidades fundamentais para a compreensão desse conteúdo que esbarram principalmente na representação em nível microscópico. Nesse sentido, ressaltamos que os programas computacionais usados como ferramenta de estudo do universo abstrato da Química apresentam vantagens que devem ser exploradas para a melhoria da qualidade do ensino nessa área do conhecimento.

Uma vez que o termo *representação* será utilizado frequentemente neste estudo, apresentamos a necessidade de encetar uma breve exploração semântica desse termo. Conforme Ferreira (1975, p. 1220), representação pode ser uma “[...] reprodução daquilo que se pensa [...], ato ou efeito de representar-se [...]”. Logo, evidencia-se que representação e representar são palavras derivadas. Na sequência, o mesmo autor nos ensina que a palavra representar descende do latim *representatore*, o que significa “ser a imagem ou a reprodução de: [...] tornar-se presente; patentear, significar [...]” (FERREIRA, 1975, p. 1220). Porém, ao fazermos uma incursão em recente estudo de Wartha e Rezende (2011), verificamos a polissemia que tal palavra pode expressar. Desse modo, não daremos sequência à discussão referente aos sentidos ambivalentes dessa palavra; representações na Química, para efeitos deste trabalho, são mecanismos ou signos explicativos que empregam (nesse caso) formas distintas para representar o mesmo fenômeno. Em síntese, o termo representação em Química será empregado no contexto de nosso trabalho para comunicar conceitos químicos e suas propriedades, e, quando se fala em representações macroscópicas, microscópicas e simbólicas, significa dizer que são diferentes formas de linguagens usadas para representar fenômenos químicos.

3.1 O INTERACIONISMO COMO PERSPECTIVA DE ENSINO

As inúmeras possibilidades de comunicação e interação propiciadas pelo ciberespaço, sobretudo pelas TICs, fazem da concepção interacionista de ensino uma escolha natural, quando se trata de examinar metodologias de ensino que empregam as tecnologias digitais como ferramenta e que valorizem a relação mediada pelo social nas aulas de Química. Afinal, adentrar no contexto escolar e desconhecer ou não se posicionar em relação a nenhuma vertente teórica que explique o processo de ensino e aprendizagem, poderia ser no mínimo temerário. A propósito, ressalta-se que o foco desta pesquisa é o ensino, mas como a aprendizagem é também um processo que pode ser resultado de outro processo; o de ensino, sem dúvida, ela também se faz presente, ou seja, consideramos o ensino e a aprendizagem como dois processos distintos.

Com base em algumas ideias de Vygotsky, contextualizaremos a perspectiva de ensino para este trabalho. Apesar de suas ideias nunca terem tido como foco a educação, Vygotsky teve o excepcional mérito de destacar o viés social do ensino e da aprendizagem, e isso numa época em que nem de longe se imaginava a revolução que estava por vir, no que diz respeito às possibilidades de interação e comunicação. Não temos a intenção de abranger os (muitos) detalhes da teoria desse autor, o que pretendemos é explorar elementos-chave de modo a melhor compreender o mundo dos nativos digitais, explorando em especial o uso das TDs no ensino de Química para visualização e modelização do nível microscópico, por ser uma representação inacessível à sensibilidade visual dos estudantes. E, dado que essa exploração pode ser feita em grande parte pelos próprios estudantes, aliando a autonomia na liberdade de explorar à possibilidade de troca com os colegas dos resultados dessas explorações é que a se legitima a escolha da teoria de Vygotsky como pano de fundo parece se justificar. Como Ferreira, Arroio e Rezende (2011) realçam, a visualização da natureza é inacessível à percepção humana, ou seja, considerada a natureza abstrata da Química, o uso de programas computacionais possibilita ao estudante construir seu próprio modelo, visualizar as interações entre moléculas, isolar estruturas, girar moléculas e obter novos ângulos de interação. Enfim, o uso dessa ferramenta é um passo de gigante para as múltiplas representações que se tornam importantes para a compreensão das relações espaciais existentes nos isômeros geométricos. Portanto, quando o estudante interage com um programa computacional para criar modelos e estruturas, cria-se uma relação do estudante com o objeto

de estudo mediante a interação²² por meio de um instrumento mediador (o computador), e é também nessa relação do estudante com o objeto de estudo que pode surgir o aprendizado.

Pode-se dizer que as tecnologias digitais e os artefatos que delas emergem são construídos e herdados no interior do meio social em que se vive. Por extensão, essas tecnologias, tão habilmente manuseadas pelos nativos digitais, não podem e não devem ser ignoradas por todos aqueles que elaboram estratégias de ensino. A interação é permanente - alguém ensina e alguém aprende, mas para que a construção do conhecimento químico possa ocorrer é necessária somente a presença do outro (professor ou não), e é neste momento que é imprescindível a imersão do estudante no seu contexto social, mediante uma interação incisiva com esse meio (VYGOTSKI, 1998; VYGOTSKI; LURIA; LEONTIEV, 2001). Moreira (2011) explica que, na perspectiva vygotskyana, é pela interação social que o indivíduo se apropria do conhecimento culturalmente construído. Diz, ainda, que a interação social implica num certo grau de bidirecionalidade e reciprocidade entre dois ou mais indivíduos, sob a forma de um intercâmbio mais ou menos intenso de informações.

De certa maneira, a discussão precedente sobre o conhecimento está intimamente relacionada com a sustentação dessa concepção interacionista de ensino. É fundamental destacar que o conhecimento é também o resultado da interação do indivíduo com o objeto de estudo; essa interação é comumente mediada pelo meio social onde ela ocorre. Como já argumentado anteriormente, o conhecimento é uma construção que o indivíduo faz (BIANCHETTI, 2001), o conhecimento é invariavelmente o resultado de uma interação. No ensino de isomeria geométrica, existem peculiaridades (que em seguida serão tratadas) imprescindíveis de se capturar para a construção desse conhecimento, e as TDs, ferramentas construídas e herdadas cultural e socialmente, propiciam essa interação e podem, quando programadas para isso, oferecer simulações com uma riqueza de detalhes que seriam muito difíceis de capturar por representações bidimensionais, usuais em meios convencionais (desenhos, textos, etc.).

Em suma, entende-se que a aprendizagem é um processo de construção arquitetada por meio da interação. A interação, como antes mencionado, pode ocorrer mediante a presença de um professor ou da relação do estudante com um instrumento culturalmente herdado (neste caso, o computador). Uma breve leitura no conteúdo dos PCN da área de Ciências da Natureza e Matemática refere “ser imprescindível que o processo de ensino-

²² Segundo o Dicionário Aurélio, a interação é estabelecida entre duas ou mais pessoas, ou coisas e a relação ou ação é recíproca, isto é, mútua (FERREIRA, 1975). Nesse sentido, entendemos a interação à luz da definição do Dicionário Aurélio: interação é uma ação recíproca entre pessoas ou coisas.

aprendizagem decorra de atividades que contribuam para que o aluno possa construir e utilizar o conhecimento” (BRASIL, 2000, p. 93). Sem dúvida, essa orientação se concretiza no interior de uma abordagem interacionista. Apesar de os argumentos apresentados apontarem – ao nosso ver – para uma concepção interacionista, é certo que essa opção não exclui o significativo legado que outros pontos de vista nos oferecem. É óbvio que outras perspectivas de algum modo contemplam os aspectos que se quer capturar do ponto de vista da sociedade da informação. Entretanto, nenhuma parece ser tão abrangente nesse aspecto como é a concepção interacionista no que diz respeito aos cenários radicalmente novos, abertos pela verdadeira explosão ocorrida no âmbito da informação e comunicação.

3.2 A DISCIPLINA DE QUÍMICA E SEUS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO

A Química é uma disciplina integrada na área de Ciências da Natureza e Matemática, cujo principal objetivo está centrado no estudo da matéria, nas transformações químicas por ela sofridas bem como nas variações de energia que acompanham tais transformações (POZO; CRESPO, 2009). A Química é então a ciência que estuda o mundo no seu sentido material, como tudo se constitui e se transforma e as principais consequências dessas transformações. A Química estuda muitos dos elementos que compõem a imagem do mundo em que vivemos. Segundo Oliveira, Gouveia e Quadros (2009), o conhecimento químico pode proporcionar ao estudante o entendimento do mundo material e dos fenômenos que nele ocorrem e, por extensão, pode auxiliá-lo a entender alguns dos acontecimentos corriqueiros do seu dia a dia.

Logo, o conhecimento químico poderia municiar o estudante na tarefa de elaborar uma compreensão da natureza e suas transformações, inclusive sobre as ações do próprio ser humano na sociedade, tanto mediante a produção de instrumentos culturais quanto por meio de interações sociais. Um entendimento das vicissitudes da própria sociedade também seria possível: a ação medicinal das drogas, a energia proveniente de usinas nucleares ou hidrelétricas (dentre outras existentes), a evolução do efeito estufa, a degradação do ambiente através de poluentes, e tantos outros. Resumidamente, o conhecimento químico representa uma preciosa condição para o desenvolvimento de um indivíduo habilitado a interpretar as diversas informações advindas da tradição cultural, do meio social e da própria escola. O conhecimento químico pode auxiliar na formação de um estudante crítico, disposto a compreender os efeitos que a Química ocasiona no meio em que está inserido; tais informações podem propiciar ao estudante uma participação ativa na sociedade a partir de uma tomada autônoma de decisões (SANTOS; SCHNETZLER, 2000).

Na literatura relativa ao ensino de Química, encontra-se a menção de alguns obstáculos que muitas vezes “esterilizam” a aprendizagem em Química. Pozo e Crespo (2009) chamam a atenção para o obstáculo que talvez seja o mais importante, a saber, a natureza altamente abstrata da Química. Os autores ressaltam que a dificuldade na aprendizagem em Química pode ocorrer devido à necessidade de os estudantes compreenderem e analisarem as propriedades e transformações da matéria. Mas para conseguir isso, os estudantes se defrontam com um grande número de leis e conceitos, novos e fortemente abstratos, além de ter que estabelecer conexões entre esses conceitos e os fenômenos estudados. Adicionalmente, deparam-se com a necessidade de utilizar uma linguagem simbólica altamente formalizada, eventualmente junto com modelos analógicos que ajudam a representar aquilo que não é observável. Desse modo, ainda segundo os autores, justifica-se a afirmação de que um dos maiores obstáculos que o ensino da Química enfrenta é a presença maciça de abstrações, e mesmo de abstrações sobre abstrações.

Giordan e Góis (2005) realizaram um levantamento acerca das principais dificuldades expostas por estudantes do Ensino Médio e Superior, cujo resultado mostrou a falta de domínio sobre as construções simbólicas da Química. Os estudantes costumam tratar equações químicas como entes matemáticos, em vez de pensar essas formas como representações de processos dinâmicos e interativos. Os autores apontam também para a dificuldade que os estudantes apresentam quando necessitam compreender os fenômenos e transformações químicas em termos de modelos de partículas (nível microscópico). Essas constatações desembocam na mesma bifurcação analisada por Pozo e Crespo (2009): a aprendizagem implica, por um lado, compreender as formas abstratas da Química, de natureza particulada e não observável e, por outro lado, impõe-se a necessidade de rápida transferência de determinadas representações para outras formas e modelos. No entanto, ao que tudo indica, a dificuldade aumenta quando a Química é abordada simultaneamente em nível microscópico e em nível simbólico, pois ambas estão fora do universo conceitual do estudante.

De modo semelhante, Souza e Cardoso (2008) alegam que a dificuldade do ensino e aprendizagem em Química ocorre pela falta de compreensão e domínio do universo macroscópico, simbólico e microscópico; é essencial, segundo eles, a livre transição entre esses três níveis para a construção do conhecimento químico. Johnstone (1982) apresentou um modelo salientando as diferenças entre as formas de representação do conhecimento químico e, examinando a literatura, foi possível encontrar vários trabalhos relativos ao ensino e aprendizagem em Química que indicam a existência de um consenso quanto às formas de

representação do conhecimento químico (GABEL, 1993; WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; GIORDAN; GÓIS, 2005; BENITE; BENITE; FILHO, 2011; SOUZA; CARDOSO, 2008).

Em síntese, é praticamente consenso entre os autores consultados que as possibilidades de representação do conhecimento químico circulam entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico. O nível macroscópico diz respeito aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. O nível simbólico envolve as fórmulas, equações químicas e estruturas, dentre outras. Finalmente, o nível microscópico envolve os movimentos e arranjo de moléculas, átomos ou partículas (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001).

Para ilustrar a diferença e as particularidades dos três níveis de representação da Química apresentamos um exemplo: a combustão do gás propano, um dos componentes do gás de cozinha.

- a) a representação da combustão do gás propano em nível macroscópico é a própria visualização do fogo/chama, ou seja, é um fenômeno visível e observável a olho nu;
- b) a representação da combustão completa do gás propano em nível simbólico pode ser representada pela equação de combustão abaixo:
$$- \text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{calor};$$
- c) a representação da combustão do gás propano em nível microscópico pode ser representada como uma molécula de gás propano que reagiu com cinco moléculas de oxigênio gasoso, formando três moléculas de dióxido de carbono gasoso e quatro moléculas de água, com posterior liberação de energia sob forma de calor.

Nesse contexto, as TDs podem se mostrar bastante úteis, principalmente na representação do nível microscópico. Diversas consultas à literatura permitem diagnosticar que as mais significativas dificuldades que surgem na construção do conhecimento químico ocorrem em nível microscópico, em virtude de essa representação ser essencialmente abstrata (GIORDAN; GÓIS, 2005; POZO; CRESPO, 2009; RAUPP et al., 2010). Em outras palavras, a compreensão da Química esbarra no nível microscópico, o que muitas vezes impede pura e simplesmente a construção desse conhecimento. Em decorrência disso, no próximo bloco, serão abordados alguns estudos que empregaram programas computacionais como ferramentas de visualização no ensino de Química.

3.2.1 Programas computacionais no ensino de Química

Inicialmente, entendemos necessário explicar que a literatura pesquisada para a realização deste trabalho refere-se aos programas computacionais utilizando o termo software, originado da língua inglesa, entretanto, esse termo não é tão preciso quanto expressões similares existentes na língua portuguesa. Por tal motivo, empregaremos sempre neste trabalho o termo programa computacional. Além disso, quando nos referirmos a aplicativos computacionais (GIORDAN; GÓIS, 2005), programas educacionais (FERREIRA, 1998) e programas computacionais (ARROIO et al., 2005) todos serão relacionados ao contexto de ensino, portanto, voltados à educação, e por isso serão tratados aqui como sinônimos.

De acordo com dados das referências estudadas, o uso de alguns programas computacionais²³ no ensino de Química pode incontestavelmente potencializar o processo de ensino e aprendizagem, haja vista o caráter dinâmico e a margem de interação forjados nas simulações computacionais²⁴, o que estimula o estudante a construir e desenvolver as atividades propostas pelo professor. A principal vantagem encontra-se na possibilidade de os estudantes obterem resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições, além de minimizar as dificuldades da aprendizagem (ARROIO et al., 2005; MELO; MELO, 2005; GIORDAN; GÓIS, 2005; RIBEIRO; GRECA, 2003; CARVALHO, 2009; FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011; DALLACOSTA; FERNANDES; BASTOS, 1998; WU; SHAH, 2004; EICHLER; DEL PINO, 2000; RAUPP et al., 2010).

Em recente estudo, exploramos possibilidades de representação da Química mediante as tecnologias (PAULETTI; CATELLI, 2012a) dentre outros aspectos; destacamos o fato de que as tecnologias digitais podem contribuir significativamente no ensino de Química, na medida em que possibilitam uma vasta gama de representações das formas abstratas, o que, aos olhos de Wu e Shah (2004), é condição necessária para a construção do conhecimento químico.

Do ponto de vista da sociedade da informação, o uso das TDs é um assunto que tem interessado diversos âmbitos da sociedade, bem como, nas últimas décadas, tem mobilizado

²³ Uma listagem contendo diversos programas educacionais, comumente empregados no ensino de Química, pode ser encontrada em Santos, Wartha e Filho (2010). Disponível em: <<http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R0981-1.pdf>>. Acesso em 01 maio. 2012.

²⁴ Para Giordan e Góis (2005), as simulações computacionais são geradas por meio de aplicativos específicos que consideram as propriedades das substâncias e as transformações químicas, considerando também os valores empíricos e teóricos das propriedades químicas, tais como ângulos, escalas de tempo e tamanho, e as distâncias entre as ligações envolvendo cada átomo de uma estrutura. As simulações costumam ser parametrizadas por meio de equações matemáticas as quais enfatizam as propriedades e leis que descrevem os fenômenos químicos. Em síntese, as simulações computacionais são uma forma muito precisa de demonstrar as propriedades de um fenômeno químico.

representantes da política educacional em nível nacional, como os projetos ProInfo e UCA, anteriormente citados. O computador, seguindo a argumentação feita até aqui, seria uma forma de potencializar o ensino através de novas respostas às demandas da sociedade da informação, amplificando, assim, os contextos educacionais de acordo com as necessidades dos nativos digitais (PAULETTI; CATELLI, 2012b).

Muitas pesquisas voltadas ao ensino de Química com o uso de programas educacionais vêm sendo realizadas. A fim de apresentar sinteticamente os aspectos essenciais dessas pesquisas, selecionamos três delas. A primeira pesquisa a ser abordada se refere à utilização de um programa computacional no ensino de isomeria geométrica. A segunda dá ênfase a um aplicativo computacional na criação de objetos moleculares virtuais, com dimensões bidimensionais, bem como apresenta possibilidades de criação de estruturas em três dimensões decorrentes de simulações computacionais. A terceira pesquisa empregou o programa ChemSketch²⁵ para explorar conceitos nas representações simbólicas no ensino de geometria molecular. O programa ChemSketch foi também empregado na primeira pesquisa, além de ser o programa utilizado pela autora desta dissertação para a construção de estruturas geométricas, assunto de estudo no próximo bloco. Temos conhecimento da existência de uma variada disponibilidade de recursos tecnológicos digitais na sociedade da informação, mas restringimos este estudo apenas aos programas computacionais no ensino de Química, pois, como dissemos, acreditamos que eles sintetizam bem o que está em andamento nessa área. Um resumo das principais ideias que compõem as três pesquisas acima mencionadas será apresentado a seguir.

Raupp (2010), em estudo recente, investigou o impacto do uso de modelos tridimensionais computacionais no processo de aprendizagem do conceito de isomeria geométrica com estudantes de nível médio e superior. Para a investigação, a autora utilizou o programa de representação molecular ChemSketch, que oferece (entre outras) a possibilidade de formar imagens tridimensionais que permitem notar a diferença entre os isômeros geométricos. Os resultados da pesquisa desenvolvida mostram evidências favoráveis quanto à exploração de modelos tridimensionais no processo de aprendizagem em Química. A autora afirma que a capacidade de raciocínio visuoespacial²⁶ dos estudantes pode ser melhorada com o uso de programas educacionais que permitem a construção de modelos moleculares

²⁵ ChemSketch é um programa livre que propicia a construção de modelos moleculares bidimensionais e tridimensionais. Maiores informações sobre o programa computacional podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <<http://www.acdlabs.com>>. Acesso em 20 dez. 2012.

²⁶ Raupp (2010, p. 12) nos ensina que “[...] as habilidades espaciais são formadas por um conjunto de fatores, sendo um deles a visualização espacial (daí o termo visuoespacial), que utiliza uma sequência complexa de manipulação mental para a resolução de problemas”.

computacionais, auxiliando-os a desenvolverem a capacidade de representar tridimensionalmente os isômeros geométricos. Vale destacar que a habilidade visuoespacial é imprescindível para transitar entre os níveis de representação.

Raupp, Serrano e Moreira (2009, p. 66) explicam que “a habilidade necessária para promover a transformação entre representações 2D e 3D, por exemplo, é chamada de habilidade visuoespacial - derivada do conceito visualização espacial [...]”. Os autores argumentam ainda que a habilidade visuoespacial liga-se diretamente à transição entre os diferentes níveis de representação de qualquer fenômeno químico. Com isso, neste estudo, o papel que o programa desempenha na compreensão da isomeria geométrica é decisivo, pois auxilia os estudantes no desenvolvimento dessa habilidade que parece ser essencial para representar qualquer fenômeno químico.

Em outro estudo realizado com o uso de programas computacionais no ensino da Química, Giordan e Góis (2005) utilizaram o programa computacional Construtor²⁷. O referido programa possibilita a criação de objetos moleculares virtuais bidimensionais que projeta animações²⁸ e também propicia interfaces de criação e simulação tridimensionais a partir de qualquer fórmula química, seja ela extensa ou condensada, a fim de explorar representações de partículas. Para os autores, o uso do programa computacional favorece e estreita a correlação entre as imagens mentais e as representações simbólicas, assim como dos objetos moleculares virtuais e concretos, o que contribui para a aprendizagem e aprofundamento dos conceitos estudados. Uma síntese, feita pelos autores, diz que os estudantes demonstram atitudes positivas, que vão desde o desenvolvimento das atividades propostas pelo professor até a utilização do programa computacional, envolvendo inclusive os estudantes que habitualmente não costumavam participar. Esse é mais um indício de que o uso de programas educacionais, além de potencializar o processo de ensino e de aprendizagem em Química, propicia a motivação e empenho do estudante.

Outro estudo endossando o caráter substancial do uso de programas computacionais no ensino de Química foi realizado por Carvalho (2009). Esse autor investigou a possibilidade de o programa educativo ChemSketch atuar como ferramenta para explorar conceitos nas representações simbólicas no ensino da geometria molecular de estudantes do Ensino Médio.

²⁷ Construtor é um programa que propicia, dentre outras coisas, a criação de objetos moleculares virtuais. Maiores informações sobre o programa computacional podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/3786>>. Acesso em: 21 out. 2012.

²⁸ Conforme Giordan e Góis (2005), as animações se diferem das simulações computacionais por serem geradas por aplicativos comuns de edição gráfica, sem incluir valores empíricos de propriedades das substâncias e das possíveis transformações químicas. Procuram, de modo superficial, apenas características macro e microscópica sem considerar escalas de tamanho e tempo.

De acordo com ele, para as simulações, foram escolhidas as espécies químicas mais trabalhadas no Ensino Médio; e mediante a análise do pré e pós-teste, o autor percebeu a evolução nas representações simbólicas e na organização atômica, valorizando assim peculiaridades da geometria molecular, tais, como; a escolha do átomo central na distribuição geométrica e a repulsão dos pares eletrônicos do átomo central. O autor ainda afirma que é evidente a melhoria nas representações tridimensionais que os estudantes produziram após o uso dessa ferramenta. Ainda, ressalta que o programa educacional estimula a visualização mediante imagens tridimensionais e modelos representacionais, auxiliando assim o grupo de investigação e potencializando a ação docente para o ensino desse conteúdo.

Acreditamos que esses estudos retratam as contribuições do uso de programas computacionais no ensino de Química, demonstrando que o uso desses recursos digitais pode ser uma alternativa viável na diluição das dificuldades impostas pela navegação entre os três níveis de representação dos conceitos químicos: macroscópico, microscópico e simbólico. Além disso, são propiciadas inúmeras formas adicionais de representação e visualização do nível microscópico, ajudando, desse modo, a superar uma das maiores dificuldades na construção do conhecimento, que é a visualização do nível microscópico.

3.3 DIRECIONANDO O OLHAR: DA ISOMERIA QUÍMICA A ISOMERIA GEOMÉTRICA

Com o objetivo de aprofundar o estudo da influência das tecnologias digitais como ferramentas efetivas para o ensino de Química foi realizada inicialmente uma pesquisa bibliográfica do conteúdo de isomeria geométrica, mas antes é necessário entender e situar hierarquicamente onde se enquadra este conteúdo. Também, é pertinente destacar que não temos a intenção de ensinar o conceito de isomeria geométrica, o objetivo aqui é demonstrar às potencialidades dos programas computacionais na representação da Química abstrata (nível microscópico), como, também, a transição entre os níveis de representação.

De acordo com os PCN, o ensino de isomeria química é um conteúdo a ser tratado nos anos finais do Ensino Médio (BRASIL, 2000) e se apresenta impregnado da natureza particulada e espacial dos isômeros²⁹, ou seja, para compreender a isomeria química, muitas vezes, é necessário considerar a disposição espacial e geométrica dos isômeros. Com isso, apresentamos uma visão geral do conteúdo de isomeria química (isomeria plana e isomeria

²⁹ Isômeros são compostos que apresentam propriedades diferentes, mas possuem a mesma fórmula molecular.

geométrica) e, em seguida, essa visão é dirigida especificamente à isomeria geométrica e aos aspectos imprescindíveis de se capturar para a construção do conhecimento desse conteúdo.

A proposta de organização dos conteúdos científicos de Química que devem (ou deveriam) ser tratados no Ensino Médio é prevista pelos PCN+³⁰, os quais estabelecem uma sequência organizada articuladamente, possibilitando assim que os conteúdos sejam ensinados a partir de eixos temáticos³¹ que permitem o desenvolvimento de conhecimentos em torno de temas estruturadores.

No que diz respeito ao estudo de isomeria química, o eixo temático é *química e biosfera*. Esse eixo temático abriga o estudo de compostos orgânicos de origem animal e vegetal³² com suas peculiaridades (BRASIL, 2000), tais como suas funções, composições, propriedades, transformações e uso, o que faz sentido, pois a Química Orgânica é o ramo que estuda os compostos que contêm carbono³³ (PERUZZO; CANTO, 2006)³⁴.

Na Química Orgânica, é comum uma mesma fórmula molecular representar compostos diferentes, ou seja, existem substâncias diferentes que possuem a mesma fórmula molecular. Compostos que têm a mesma fórmula molecular e originam diferentes substâncias são denominados isômeros (SOLOMONS; FRYHLE, 2011)³⁵. Desse modo, é notório que a isomeria química é caracterizada pela existência de duas ou mais substâncias oriundas de mesma fórmula molecular, que podem ser diferenciadas por suas fórmulas estruturais ou espaciais. Em suma, as propriedades das substâncias químicas não dependem única e

³⁰ A versão posterior dos PCN é denominada de Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: PCN+ (BRASIL, 2000).

³¹ Os eixos temáticos sugeridos pelos PCN+ são constituídos com nove temas estruturadores. Sendo o eixo temático 1: reconhecimento e caracterização das transformações químicas; no eixo temático 2: primeiros modelos de constituição da matéria; no eixo temático 3: energia e transformação química; no eixo temático 4: aspectos dinâmicos das transformações químicas; no eixo temático 5: química e atmosfera; no eixo temático 6: química e hidrosfera; no eixo temático 7: química e litosfera; no eixo temático 8: *química e biosfera*; e, por fim, no eixo temático 9: modelos quânticos e propriedades químicas (BRASIL, 2000).

³² Em decorrência do próprio desenvolvimento da Química como ciência, não é mais habitual descrever que os compostos orgânicos são obtidos a partir de matéria viva (SANTOS; MÓL, 2005).

³³ Em 1807, o químico sueco Jöns Jacob Berzelius propôs uma classificação para as substâncias químicas, separando-as em inorgânicas e orgânicas. A Química Orgânica é uma área que se dedica a estudar compostos que apresentam carbono (C) em sua constituição. Mas, existem compostos que possuem carbono em sua fórmula, e não são objeto de estudo da Química Orgânica. Um exemplo, é o CaCO_3 e o CO_2 , ambos são objeto de estudo da Química Inorgânica (SANTOS; MÓL, 2005; PERUZZO; CANTO, 2006).

³⁴ Justifica-se a escolha dos livros didáticos de Ensino Médio por serem os livros utilizados no estágio docente durante a graduação da autora desta dissertação. Além da bibliografia de Peruzzo e Canto (2006) ser adotada na Escola em que a pesquisa foi realizada.

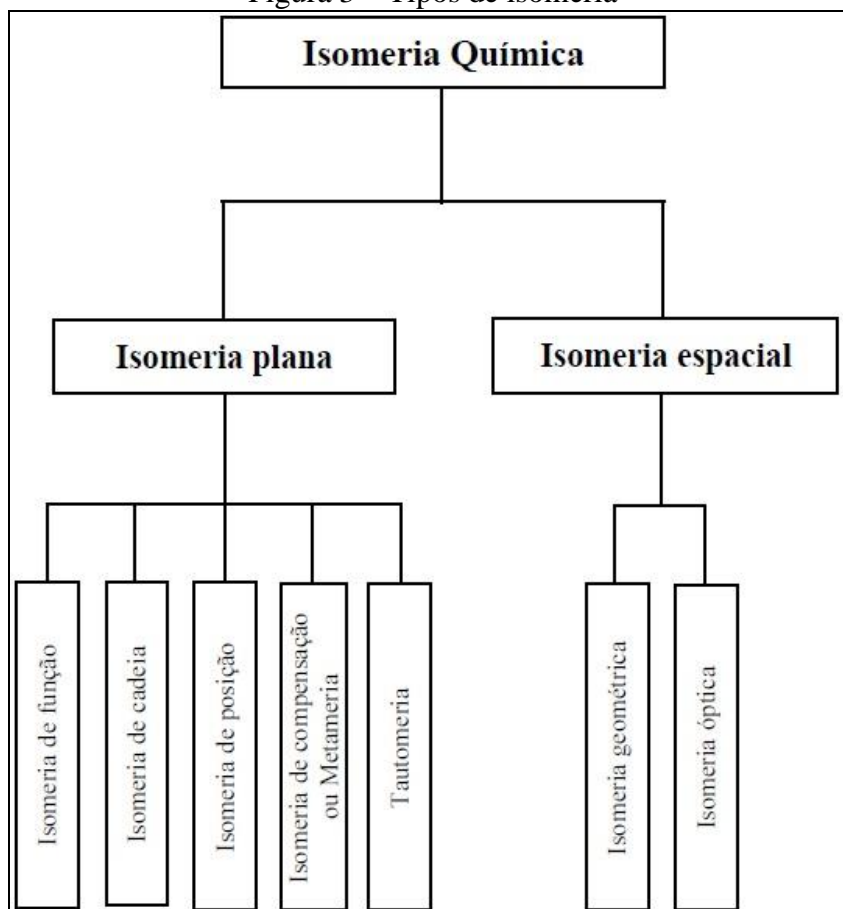
³⁵ Foi priorizada a literatura comumente empregada no Ensino Médio, entretanto, para fins de definição da isomeria química, foi empregada literatura de nível superior, considerando que estes autores são normalmente os mais renomados nessa área de conhecimento.

Figura 1; há casos em que os isômeros só podem ser diferenciados ou percebidos ao analisar a estrutura espacial ou tridimensional das moléculas (FONSECA, 2001; PERUZZO; CANTO, 2006), como representado na Figura 2. Isto é, a diferença entre isômeros não pode ser percebida apenas por meio da fórmula molecular e nem diante da fórmula estrutural plana. Com isso, os autores destacam que existem dois tipos de isomeria: a isomeria plana ou constitucional e a isomeria geométrica ou estereoisomeria. Entende-se por isomeria plana quando é possível perceber a diferença entre os isômeros apenas observando a fórmula estrutural plana (Figura 1). Já na isomeria espacial a diferença entre dois ou mais isômeros não pode ser captada simplesmente observando as fórmulas estruturais, caso em que se faz necessário observar a estrutura espacial da molécula (Figura 2). Registra-se, por oportuno, que serão utilizados os termos isomeria plana e isomeria espacial sempre que esses termos forem mencionados.

Dentro da isomeria plana, onde os isômeros podem ser diferenciados a partir da fórmula estrutural plana das moléculas, existem cinco maneiras para classificar os isômeros: isomeria de função; isomeria de cadeia; isomeria de posição; a tautomeria e a metameria ou isomeria de compensação. Já na isomeria espacial, cuja distinção entre os isômeros ocorre por causa das diferenças no arranjo espacial dos átomos que compõem a estrutura, existem dois tipos de isomeria: a isomeria geométrica ou diastereoisômeros e a isomeria óptica ou enantiômeros (FONSECA, 2001, PERUZZO; CANTO, 2006). Decidimos utilizar os termos isomeria geométrica e isomeria óptica sempre que nos referirmos a essas formas de isomeria espacial. A apresentação dessas nomenclaturas resulta do fato de serem as mais difundidas nos livros de Ensino Médio (nível no qual esta dissertação se desenvolve).

A conexão dos diversos termos apresentados pode ser melhor percebida no organograma da Figura 3, produzido pela autora desta dissertação num programa computacional.

Figura 3 – Tipos de isomeria



Fonte: Programa computacional SmartDraw (2013)

Daqui em diante, a pesquisa restringir-se-á ao conteúdo de isomeria geométrica. O objetivo é trazer à luz as principais características de uma metodologia de ensino voltada aos aplicativos computacionais para auxiliar o ensino desse conteúdo. A escolha desse conteúdo justifica-se pelo fato de a isomeria geométrica ser o campo da Química que estuda principalmente aspectos tridimensionais de uma molécula, e as metodologias convencionais de sala de aula, que comumente empregam representações bidimensionais e projeções³⁸ para ensinar isomeria geométrica, apresentam menor eficácia do que uma metodologia ancorada em recursos tecnológicos digitais. Raupp afirma que:

A evolução histórica das representações trouxe consigo a necessidade de uma mudança na forma de enxergar o universo microscópico. Estruturas 2D foram

³⁸ Desde a descoberta da isomeria química no século 19, difundiu-se a necessidade de se ter uma representação espacial que ilustrasse a realidade molecular, o que ocasionou a evolução das representações de simples (bidimensionais) projeções no papel até os atuais modelos tridimensionais computacionais. Foi então que os químicos passaram a desenvolver projeções para mostrar a estrutura em três dimensões dos isômeros. As projeções são conhecidas como: Projeção de Fischer; Projeção de Cavalete e Projeção de Newman (RAUPP, 2010).

substituídas por estruturas em 3D e representadas por meio de projeções ou modelos (concretos ou computacionais). A partir desta mudança a necessidade da compreensão das estruturas fora do plano do papel passou a ter grande importância no Ensino de Química (2010, p. 28).

As vantagens de uma representação em três dimensões para o ensino de isomeria geométrica são inúmeras, dentre elas cabe mencionar as que oferecem a possibilidade de representar as moléculas no espaço considerando o arranjo espacial dos átomos constituintes da molécula, particularidade essa imprescindível para a compreensão desse conteúdo. Entretanto, ao mencionar que os livros didáticos atuais apresentam imagens tridimensionais, surge uma questão adicional: as imagens, apesar de constituírem uma representação de um “objeto” em 3D, não são interativas. Ribeiro e Greca (2003) afirmam que, há décadas passadas, as únicas representações que os educadores empregavam consistiam em modelos estáticos³⁹, representações pictóricas e esquemáticas. No entanto, a partir dos avanços na computação, as possibilidades de construção de modelos em três dimensões permitiram uma melhor visualização, resultante de programas de alta performance (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011). A vantagem que se apresenta no uso de modelos tridimensionais, conforme Ferreira, Arroio e Rezende (2011, p. 1662) implica “[...] uma melhor visualização dos modelos tridimensionais adotados pela comunidade científica para representar os arranjos atômicos e os processos envolvidos nos fenômenos químicos”.

Em virtude disso, a representação em 3D não é novidade; o que se apresenta como novo no cenário atual é a simulação computacional que possibilita a interatividade⁴⁰. Eichler e Del Pino (2000) acrescentam que as simulações computacionais possibilitam um ambiente interativo, no qual é possível criar e manipular modelos no espaço em três dimensões. Em consequência, os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, professor e estudantes, podem construir moléculas e verificar sua geometria e disposição espacial a partir da rotação delas no espaço tridimensional.

³⁹ Entendemos os modelos estáticos como objetos concretos que podem ser construídos, por exemplo, com palitos e bolinhas de isopor. A principal vantagem desses modelos é que, mediante rotações, o aspecto tridimensional pode ser facilmente percebido.

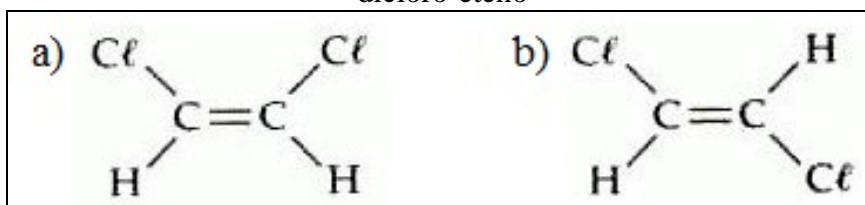
⁴⁰ A interatividade é considerada a capacidade de interação estabelecida por relação recíproca, nesse caso, é por meio do uso de um programa computacional que esse recurso propicia respostas às ações exercidas. Ferreira (1975) define a interatividade como a capacidade de comunicação recíproca propiciada por um equipamento, programa ou sistema comunicativo permitindo assim a interação.

3.3.1 O uso do programa ChemSketck no ensino de isomeria geométrica

É no entendimento de que a isomeria geométrica pode ser melhor compreendida por meio da representação tridimensional, que se valoriza o arranjo dos átomos no espaço, que julgamos os programas computacionais como potentes ferramentas para essa representação. Essa peculiaridade está estreitamente relacionada com o nível microscópico, que já foi motivo de discussão anterior (item 3.2). Representar uma molécula no espaço requer, acima de tudo, lidar com entes que escapam à percepção cotidiana do ser humano. Peruzzo e Canto (2006, p. 23) ressaltam que, em se tratando de isomeria geométrica, não é possível entender a geometria de uma molécula orgânica apenas por meio da fórmula estrutural, pois ela é escrita em um plano, comumente em papel ou na lousa “[...] e as moléculas geralmente não possuem estrutura planar, mas sim tridimensional”.

A Figura 4 representa os isômeros geométricos em forma bidimensional, oriundos da fórmula molecular $C_2H_2Cl_2$. Já a Figura 5 representa os mesmos isômeros geométricos desenhados por meio do programa computacional ChemSketck. O composto “a” é denominado *cis*-1,2-dicloro-eteno, já o composto “b” é o *trans*-1,2-dicloro-eteno.

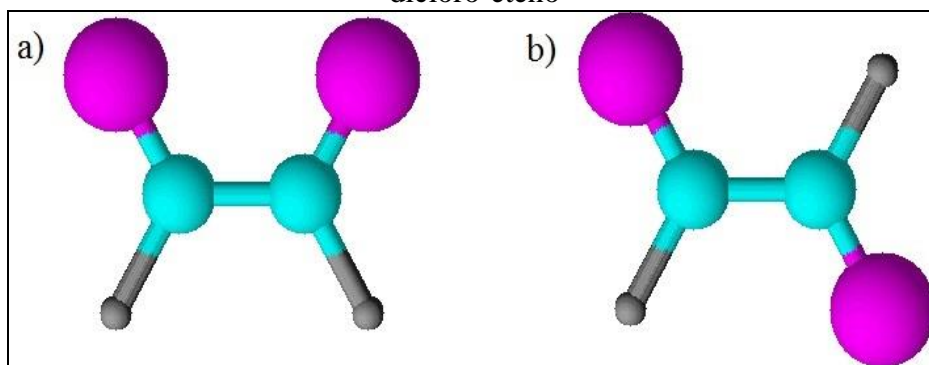
Figura 4 – Representação dos isômeros geométricos: a) *cis*-1,2-dicloro-eteno; b) *trans*-1,2-dicloro-eteno



Fonte: Peruzzo e Canto (2006, p. 142)

O programa escolhido (ChemSketck) para desenhar estruturas, além de valorizar os ângulos das moléculas, apresenta tamanhos e cores distintas para cada átomo. Na Figura 5, é possível perceber que os átomos centrais, átomos de carbono, apresentam cor azul e tamanho distintos dos átomos de hidrogênio (cor cinza) e dos átomos de cloro (cor rosa). O programa considera o tamanho de cada átomo e oferece uma variedade de cores para representar os átomos envolvidos nas ligações.

Figura 5 – Representação dos isômeros geométricos: a) *cis*-1,2-dicloro-eteno; b) *trans*-1,2-dicloro-eteno



Fonte: Programa computacional ChemSketck (2013)

Existem algumas condições essenciais para que ocorra a isomeria geométrica e Fonseca (2001) adverte que, quando se tratar desse tipo de isomeria, é imprescindível existir ligação dupla entre os carbonos, isso para compostos de cadeia acíclica⁴¹. Quando dois átomos de carbono fazem uma ligação dupla, as possibilidades de rotação entre eles se anulam; a ligação entre os átomos de carbono torna-se “rígida”⁴² (grifo da autora). Solomons e Fryhle (2011, p. 177), na análise dos isômeros geométricos apresentados (Figura 4 e 5), acrescentam que, na isomeria geométrica, geralmente os compostos apresentam a mesma fórmula molecular, a mesma conectividade, isto é, “[...] ambos os compostos têm dois átomos de carbono centrais unidos por uma ligação dupla, e ambos os compostos têm um átomo de cloro e um de hidrogênio ligado a cada átomo de carbono”. Todavia, outra característica a sublinhar é que, devido à grande barreira de energia de rotação da ligação dupla entre os carbonos, o arranjo dos átomos de cloro e hidrogênio é diferente no espaço. Em razão disso, os isômeros geométricos não apresentam imagens espaciais entre si e não são superponíveis⁴³, essas são características dos isômeros ópticos, os quais não são de interesse deste estudo.

Neste ponto, outra questão de grande interesse no contexto do ensino de Química se apresenta, isto é, como ficaria a nomenclatura dos compostos como os representados acima? Para nomeá-los, Peruzzo e Canto (2006) afirmam ser necessário traçar uma linha imaginária que passa pela ligação dupla carbono-carbono. Então, a diferença entre os compostos será a

⁴¹ Cadeia acíclica corresponde a uma cadeia aberta. Na isomeria geométrica podem ocorrer casos em que os compostos possuam cadeia acíclica (cadeia aberta) e também compostos de cadeia cíclica (cadeia fechada). Isômeros de cadeia cíclica (cadeia fechada) não serão foco deste estudo.

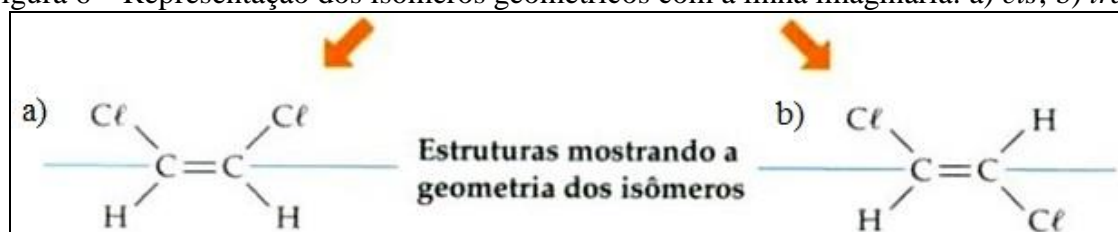
⁴² Neste caso, quando dois átomos de carbono fazem ligações duplas, significa que apresentam uma ligação sigma (σ) e uma ligação pi (π). A presença desse tipo de ligação limita a rotação dos átomos de carbono, o que torna a ligação mais forte e difícil de ser rompida.

⁴³ Superpor dois isômeros (como na propriedade da superposição) significa que todas as partes da estrutura devem coincidir. A condição para os isômeros serem superponíveis é que as duas estruturas sejam idênticas, e neste caso de isomeria as estruturas não são.

disposição geométrica dos ligantes⁴⁴ que fazem a ligação com os carbonos da dupla. Com isso, os isômeros serão diferenciados com os prefixos *cis* e *trans*. O prefixo *cis* indica que o isômero contém um ou dois ligantes iguais no mesmo lado da linha imaginária, enquanto o ligante *trans* indica o isômero que contém ligantes diferentes do outro lado da linha imaginária (PERUZZO; CANTO, 2006).

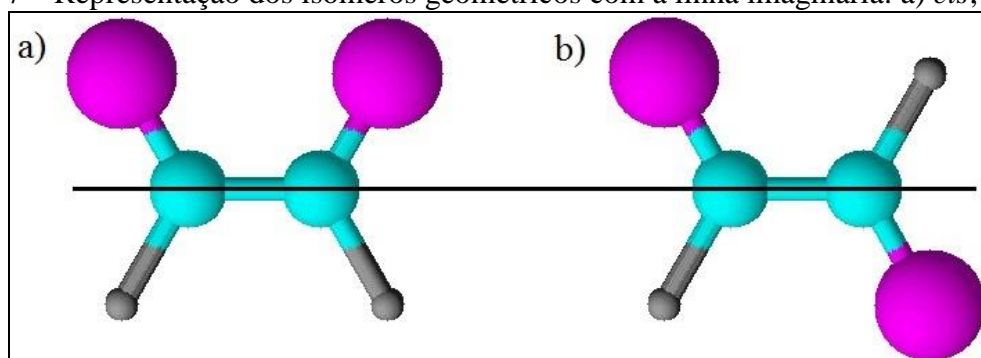
Aqui já é possível esclarecer melhor a opção de apresentar sucintamente algumas características relativas ao conteúdo de isomeria geométrica em nível médio. Essa opção pode ser resumida na pergunta: Quais são, afinal, do ponto de vista da didática, as vantagens que os programas computacionais propiciam para a representação dos isômeros geométricos? Para isso, a comparação entre a Figura 6 (com a linha imaginária a fim de elucidar a fundamentação acima) e a Figura 7 (desenhada pela autora desta dissertação no programa computacional ChemSketck) é bastante ilustrativa.

Figura 6 – Representação dos isômeros geométricos com a linha imaginária: a) *cis*; b) *trans*



Fonte: Peruzzo e Canto (2006, p. 143)

Figura 7 – Representação dos isômeros geométricos com a linha imaginária: a) *cis*; b) *trans*



Fonte: Programa computacional ChemSketck (2013)

Com base na linha imaginária, fica mais fácil distinguir o nome de cada composto. O composto “a” possui os ligantes iguais nas duas partes da linha imaginária e recebe a nomenclatura de *cis*-1,2-dicloroeteno. O composto “b” por compreender ligantes diferentes em ambos os lados da linha imaginária, recebe o nome de *trans*-1,2-dicloroeteno. Na Figura 7, oriunda do programa computacional ChemSketck, os átomos constituintes do composto

⁴⁴ Os ligantes são átomos ou grupos de átomos que se ligam ao grupo funcional (neste caso, aos carbonos da dupla).

recebem cores e tamanhos distintos; os átomos de carbono (átomos centrais) têm cor azul e tamanho médio. Os átomos de hidrogênio, por serem os menores (em relação aos outros átomos que constituem esse isômero), são representados com o menor tamanho e na cor cinza. Já os átomos de cloro, por serem os maiores (em relação aos átomos de hidrogênio e carbono) são representados com circunferência maior e na cor rosa. O tamanho de cada átomo é proporcional ao número de elétrons⁴⁵ e prótons⁴⁶ que o constituem. Naturalmente existem outras cores que podem representar cada átomo, mas nossa escolha foi essa.

Diante do exposto, concordamos com Raupp (2010), quando ela diz que a isomeria geométrica é um conceito de difícil aprendizagem, sobretudo porque é ensinada e compreendida basicamente no nível microscópico. Logo, o uso de programas computacionais é, sem dúvida, uma escolha que pode potencializar o ensino desse conteúdo, mormente por representar os isômeros numa dimensão tridimensional, com riqueza de detalhes. O programa computacional ChemSketch é um exemplo disso, porque oferece aos usuários uma gama variada de informações, tais como: i) o arranjo espacial dos átomos; ii) a distinção entre os átomos que constituem a molécula através de cores e tamanhos distintos; iii) a rotação tridimensional da molécula; iv) a variedade de modelos moleculares, em que variam as representações em diversos esquemas.

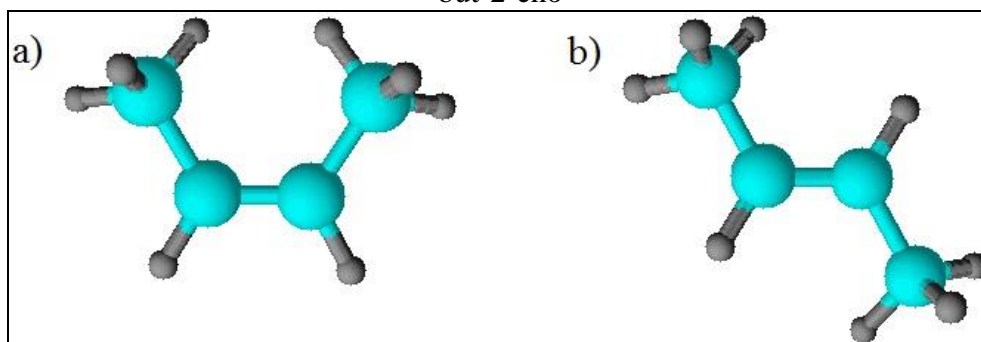
O arranjo espacial dos átomos é uma peculiaridade importante neste tipo de isomeria, porque permite uma melhor visualização (estimativa) dos ângulos existentes entre os átomos que constituem os isômeros geométricos. Essa peculiaridade na Química é denominada geometria molecular⁴⁷. A geometria dos carbonos só pode ser percebida através da fórmula espacial da molécula que representa o ângulo de ligação de cada átomo que constitui o isômero geométrico. Vejamos, na Figura 8, o caso dos isômeros de fórmula molecular C_4H_8 . Os isômeros são representados considerando a geometria molecular e é exatamente por isso que os átomos de hidrogênio (cor cinza e de menor tamanho) estão afastados dos átomos de carbono (cor azul e maior tamanho).

⁴⁵ Os elétrons são partículas negativas que constituem os átomos. Os átomos podem ganhar ou perder elétrons com facilidade, o que interfere diretamente nesse processo é a afinidade eletrônica (quando o átomo ganha elétrons) e a energia de ionização (quando o átomo perde elétrons).

⁴⁶ Os prótons são partículas positivas que constituem os átomos. Os prótons encontram-se no núcleo do átomo e estão sob ação de forças nucleares fortes, o que os mantém no núcleo atômico. São as partículas positivas (prótons) que atraem os elétrons.

⁴⁷ A geometria molecular é empregada para designar a maneira como os átomos que constituem uma molécula encontram-se posicionados no espaço numa estrutura em relação aos outros átomos.

Figura 8 – Representação tridimensional dos isômeros geométricos: a) *cis*-but-2-eno; b) *trans*-but-2-eno



Fonte: Programa computacional ChemSketck (2013)

Ainda em relação à Figura 8, o isômero “a” por apresentar os ligantes iguais na parte superior e inferior da molécula (sempre considerando uma linha imaginária traçada no eixo dos carbonos), é chamado de *cis*-but-2-eno, enquanto o isômero “b” recebe o nome de *trans*-but-2-eno, justamente por apresentar ligantes diferentes em ambas as partes (superior e inferior) da molécula. O outro aspecto a destacar no programa ChemSketck é a distinção dos átomos que compõem os isômeros. Essa capacidade de diferenciação torna-se relevante na medida em que as moléculas são construídas nesse programa.

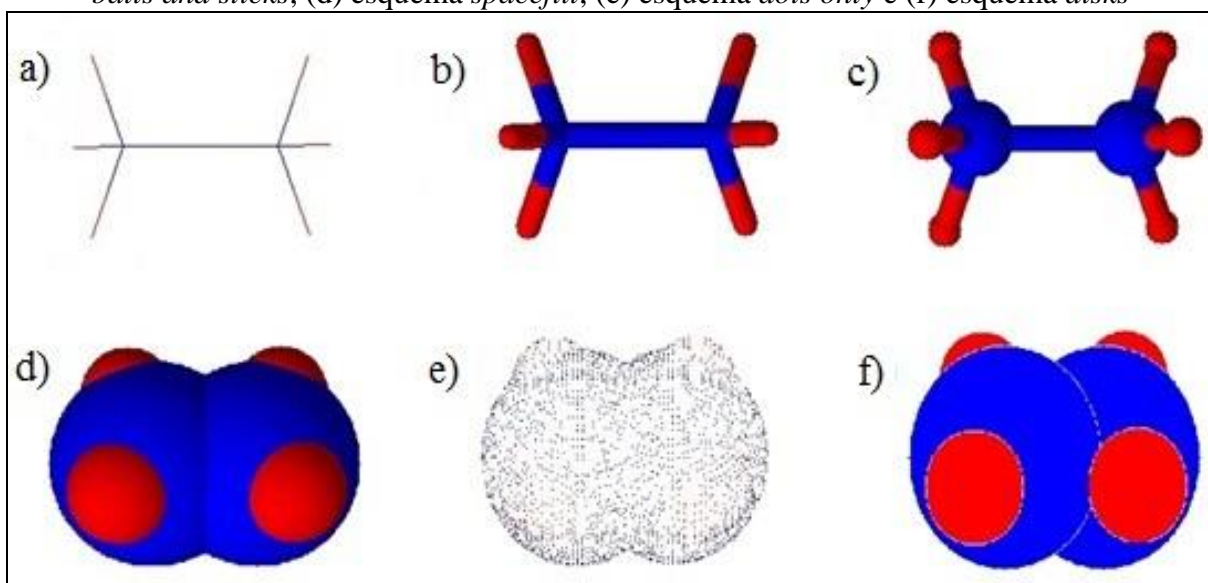
Inicialmente as moléculas são escritas com suas fórmulas estruturais (num plano bidimensional). O programa calcula automaticamente a distribuição eletrônica de cada átomo constituinte da molécula. Em seguida, é possível copiar ou solicitar a construção da molécula desenhada num espaço tridimensional. Quando ocorre a mudança de representação (de 2D para 3D), é acionada uma nova janela, onde é possível passar o mouse por cima de cada átomo que constitui a molécula e constatar diversas informações a respeito deste; uma delas, é o nome de cada átomo. Ademais, a possibilidade de rotação da molécula num espaço tridimensional valoriza o entendimento da estrutura no espaço em relação ao posicionamento de cada ligante da molécula. Os esquemas de visualização da estrutura representam os formatos das ligações entre os átomos da molécula. Existem muitos esquemas de representação, sendo o modelo empregado na criação dos isômeros representados até aqui (pela autora desta dissertação) é o esquema de varetas e bolinhas (*balls and sticks*)⁴⁸.

Todos os esquemas que o aplicativo computacional dispõe, permitem a apreciação do caráter geométrico da estrutura, contudo, em nosso entendimento, a percepção é facilitada no esquema varetas e bolinhas, motivo pelo qual o elegemos para representar as estruturas por

⁴⁸ O programa computacional ChemSketck apresenta-se em língua inglesa. Com isso, os demais esquemas de representação são denominados: *wireframe*, *sticks*, *spacefill*, *dots only* e *disks*. Sem o intuito de traduzir os esquemas de visualização das estruturas para a língua portuguesa, vamos empregar a nomenclatura que o aplicativo computacional oferece.

nós desenhadas. A seguir, na Figura 9, são apresentados todos os esquemas de representação que o programa dispõe. A molécula desenhada apresenta nomenclatura de etano proveniente da fórmula molecular C_2H_6 . Os átomos de carbono aparecem na cor azul e os de hidrogênio na cor vermelha.

Figura 9 – Representação em 3D: (a) esquema *wireframe*, (b) esquema *sticks*, (c) esquema *balls and sticks*, (d) esquema *spacefill*, (e) esquema *dots only* e (f) esquema *disks*



Fonte: Programa computacional ChemSketch (2013)

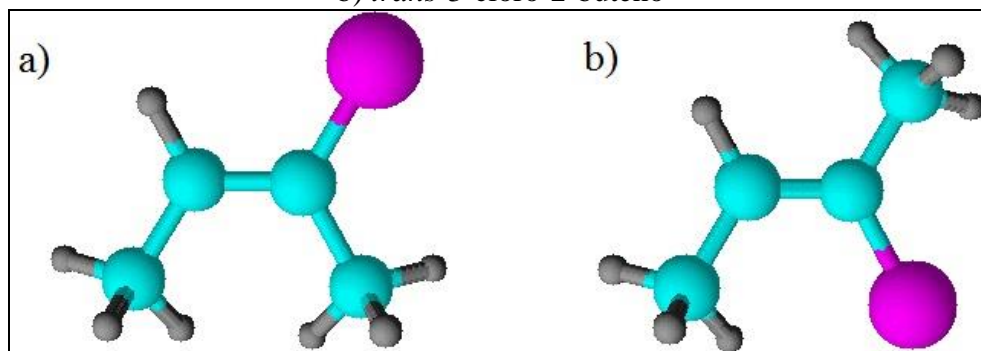
Outro aspecto a destacar desse programa educacional é a capacidade de nomear as moléculas criadas conforme a IUPAC⁴⁹. O programa computacional também dispõe de um banco de vidrarias e materiais de laboratório que são usados aulas experimentais.

A visualização em três dimensões e a possibilidade que o programa enseja de rotacionar moléculas representa um salto quântico no ensino de isomeria geométrica, visto a importância de esse ensino abranger todos os níveis de representação. No ensino de isomeria geométrica, é evidente que não bastaria ao estudante entender apenas um dos níveis de representação da Química - o simbólico - para compreender esse conteúdo. Faz-se necessário entender a fórmula molecular ou estrutural (nível simbólico) e compreender a representação dessa estrutura distribuída no espaço, num plano tridimensional. Nesse caso, ocorre a transposição de 2D para 3D. Vejamos a representação molecular da fórmula C_4H_7Cl . Apenas por meio da representação da fórmula molecular, não é possível identificar os isômeros ascendentes dessa representação simbólica. Entretanto, ao visualizar a representação

⁴⁹ A IUPAC é uma organização mundial não governamental que se dedica aos avanços da Química. A organização recebe o nome em língua inglesa: *International Union of Pure and Applied Chemistry*. Em língua portuguesa representa: União Internacional de Química Pura e Aplicada (tradução nossa). Maiores informações podem ser encontradas no endereço eletrônico da IUPAC. Disponível em: <<http://www.iupac.org/>>. Acesso em 19 abr. 2013.

tridimensional dessa estrutura, como mostrado na Figura 10, é possível verificar a diferença entre os isômeros geométricos.

Figura 10 – Representação tridimensional dos isômeros geométricos: a) *cis*-3-cloro-2-buteno; b) *trans*-3-cloro-2-buteno



Fonte: Programa computacional ChemSketch (2013)

A visualização tridimensional da estrutura, nesse caso, auxilia a transição do nível simbólico para o nível microscópico, característica essencial para a compreensão da isomeria geométrica. Além desse aspecto, como já destacamos no item 3.2, é importante que o ensino de Química valorize todos os níveis de representação do conhecimento químico. Sirhan (2007) afirma existir uma dificuldade tanto para o ensino quanto para a aprendizagem na integração e transição entre os mundos macro, micro e simbólico, destacando que o conhecimento químico deveria ser ensinado e aprendido por meio dos três níveis de representação; as distinções e interações entre o universo macroscópico, microscópico e simbólico são essenciais para a compreensão dos conceitos químicos. Wu e Shah (2004) também enfatizam a importância do ensino de Química abrigar os três níveis de representação e chamam a atenção para o emprego de uma multiplicidade de representações, isto é, quanto mais vastas as formas de representação da Química para estudar um determinado fenômeno, maiores as condições para a aprendizagem. E nos parece que esse programa computacional pode propiciar tanto a transição entre os níveis de representação, quanto um vasto repertório de representações dos fenômenos estudados e tudo numa dimensão visível.

Por fim, mas não menos importante, entendemos necessário contextualizar um pouco mais as habilidades visuoespaciais, apontadas como fundamentais para a compreensão dos fenômenos químicos (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009; RAUPP, 2010), lembrando que, para promover a transição entre representações bidimensionais e tridimensionais nos níveis de representação (macroscópico, simbólico e microscópico), a habilidade necessária denomina-se visuoespacial (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009). Wu e Shah (2004) nos fornecem evidências favoráveis e apresentam um arsenal de estudos que atribuem uma

correlação entre a habilidade visuoespacial e a eficácia na aprendizagem em Química. Conforme exprimem os autores, quanto maior a habilidade espacial de cada estudante, melhor é a representação; já estudantes com menor habilidade espacial costumam representar de forma inadequada ou incorreta estruturas químicas. Dentre as possíveis soluções apresentadas pelos autores, aparece com destaque o emprego de modelos moleculares em três dimensões. Para os autores, é a manipulação mental de representações espaciais que garante o êxito na resolução de problemas envolvendo o nível microscópico.

Nessa linha, encontramos em Raupp, Serrano e Moreira (2009) a relevância do ensino de Química, em especial de isomeria geométrica (que ocorre predominantemente no nível microscópico - moléculas), se valer de modelos virtuais, como os fornecidos pelo programa computacional ChemSketch. A manipulação mental de representações espaciais é imprescindível para que o estudante represente uma estrutura química, porém, caso ele não disponha de habilidades espaciais, não terá êxito nessas representações. No entanto, os autores acima referidos, apoiados nos trabalhos de John K. Gilbert, sugerem que, diante da visualização externa⁵⁰ (promovida pelo programa), seria possível internalizar essas visualizações para então manipular mentalmente estruturas químicas, podendo-se então externalizá-las, conjugando assim a aprendizagem.

O parágrafo acima expõe mais um argumento a favor do programa computacional na criação de modelos externos (virtuais) para facilitar a compreensão do estudante. Seria, na verdade, a partir de modelos virtuais, em 3D ou na transposição de estruturas bidimensionais para tridimensionais, que o estudante seria capaz de internalizar as visualizações externas para manipular mentalmente estruturas a fim de posteriormente poder externalizá-las. Assim, a visualização provoca um efeito favorável substancial à compreensão em Química. Encontramos em Giordan e Góis (2005, p. 289), uma definição pontual acerca do papel da visualização na aprendizagem em Química: “[...] a construção de conceitos está estreitamente relacionada ao formato visual com que os estudantes tiveram contato durante seu aprendizado”. Diante do exposto, encerramos este capítulo com a convicção de que as potencialidades de um programa computacional são significativas, e o uso efetivo desses programas no ensino de isomeria geométrica foi suficientemente demonstrado por intermédio dos estudos apresentados.

⁵⁰ A visualização externa pode ser promovida através de aplicativos computacionais, os quais geram modelos virtuais e foram aqui criados a partir do programa ChemSketch. Em contrapartida, a visualização interna está diretamente ligada com a mente, seria na verdade, a manipulação mental de representações espaciais.

4 MÉTODO

Neste capítulo, descrevemos os aspectos metodológicos e os passos seguidos para a realização de uma parte importante da pesquisa: o estudo de caso. Apresentamos novamente o problema de pesquisa, seus objetivos, incluindo o procedimento de coleta de dados, o cenário onde o estudo foi realizado e os sujeitos.

4.1 ENFOQUE DA PESQUISA: O PROBLEMA E OS OBJETIVOS

A questão sobre a qual lançamos nosso olhar nesta pesquisa é a que segue: Como os recursos tecnológicos digitais (programas computacionais) podem ser usados na escola pública, no ensino de isomeria geométrica?

Esta pesquisa tem por objetivo geral investigar as possibilidades de uso dos programas de simulação computacional no campo de isomeria geométrica no contexto da escola pública.

Os objetivos específicos que compõem a pesquisa são:

- a) verificar se os professores de Química usam recursos tecnológicos digitais no ensino de isomeria geométrica;
- b) identificar como os professores de Química estabelecem relações entre os níveis de representação macroscópico, microscópico e simbólico nas aulas de química;
- c) diagnosticar se a escola pública que acolhe o nativo digital passou por mudanças metodológicas no ensino de Química;
- d) analisar o projeto político-pedagógico da escola com o intuito de identificar informações que possam ser associadas à inserção e ao emprego das TDs no contexto escolar.

4.2 ABORDAGEM DA PESQUISA

Para construir respostas ao problema de pesquisa e contemplar os objetivos supracitados, decidimos nos guiar pelo viés da pesquisa qualitativa, por ela sustentar-se em dados predominantemente descritivos; ricos em descrições dos sujeitos que compõem a pesquisa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). A pesquisa de caráter qualitativo, segundo esses autores, vem ocupando cada vez mais espaço na área de educação por nutrir-se do contato direto e prolongado do pesquisador com os sujeitos de pesquisa. Para Triviños (1987), a pesquisa

qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave; é uma pesquisa essencialmente descritiva. Na pesquisa qualitativa, é comum os pesquisadores se preocuparem com todo o processo e não simplesmente com os resultados e o produto.

Os dados qualitativos são, então, importantes ingredientes dessa pesquisa; segundo Goldenberg (1999, p. 53), eles “[...] consistem em descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos”. Em vista do exposto, nossa investigação se compõe de duas frentes: i) a pesquisa bibliográfica; ii) o estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica se compõe a partir de interlocutores teóricos, oriundos de publicações de diferentes naturezas, como artigos, revistas e livros. Já em relação ao estudo de caso, Goldenberg (1999, p. 33-4) explica que ele “reúne o maior número de informações detalhadas, por meio de diferentes técnicas de pesquisa, com o objetivo de apreender a totalidade de uma situação e descrever a complexidade de um caso concreto”. Para Lüdke e André (1986), o estudo de caso busca descrever a realidade de forma profunda e completa de uma determinada situação ou problema, além de enfatizar a compreensão a fundo de um determinado contexto, a fim de apreender o máximo de fatores deste contexto de estudo.

Nesse sentido, os elementos que utilizamos para compor nossa pesquisa foram predominantemente os interlocutores teóricos, e o estudo de caso que se valeu da observação (caracterização do ambiente de estudo); entrevistas semiestruturadas com os professores de Química e da análise documental do projeto político-pedagógico da escola.

Apresentamos a seguir a sequência da nossa pesquisa através de um estudo de caso, em que partimos de pressupostos iniciais (norteados pelo nosso referencial teórico) e buscamos sempre elementos relevantes para examinar o todo, integrando as partes por meio de diferentes registros, tais como os elementos teóricos recolhidos previamente; as observações, as entrevistas e a análise documental do projeto político-pedagógico da escola.

4.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS PARA O ESTUDO DE CASO

Na primeira etapa, foi realizada uma visita à escola selecionada, quando foi entregue uma cópia do projeto de pesquisa à direção da escola. No intuito de esclarecer as metas do estudo de caso, foi apresentada aos professores participantes a pesquisa, seus objetivos e problematizações. No mesmo dia, foram estabelecidos de comum acordo horários de encontro do pesquisador com os referidos professores.

A segunda etapa consistiu na coleta de dados por meio de observações, cujo foco foi a estrutura da escola - os ambientes (salas de aula, bibliotecas, laboratórios, dentre outros). Foi ainda identificada a clientela da escola, a partir da quantidade de estudantes e de onde são oriundos. Também obtivemos uma cópia do projeto político-pedagógico da escola a fim de estabelecer (possíveis) relações das TDs com o contexto escolar. Além disso, nessa ocasião, entregamos o Termo de Compromisso⁵¹ à direção da escola, que autorizou o desenvolvimento desta pesquisa e colhemos a assinatura dos participantes da pesquisa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido⁵².

Na terceira etapa, concretizou-se a participação dos sujeitos da pesquisa: os professores de Química da escola. Todos os professores de Química da escola se dispuseram a participar da pesquisa. Nessa etapa, ocorreram entrevistas semiestruturadas, baseadas em questões que pudessem dar respaldo ou sustentação ao problema da pesquisa. As entrevistas foram realizadas em datas que os professores tinham disponibilidade de tempo, ressaltando-se que, para cada participante, foi numa data diferente.

Conforme Lüdke e André (1986), o estudo de caso se constitui a partir de uma variedade de informações oriundas de observações, em situações diversas e com uma variedade de informantes. O desenvolvimento de um estudo de caso apresenta três fases: a primeira é a fase exploratória ou aberta; na segunda ocorre a sistematização em relação à coleta de dados; e a terceira fase é da análise e interpretação dos dados.

4.4 O AMBIENTE E OS SUJEITOS DA PESQUISA DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma escola da rede pública estadual, que abriga o ensino Fundamental e Médio, localizada na região norte da cidade de Caxias do Sul. Essa escola foi selecionada porque é de grande porte (abrangência), ou seja, é uma das 10 maiores escolas da cidade. O anseio dos pesquisadores em aproximar ou ao menos tentar promover uma interlocução do ensino público com a academia (ensino superior) também justificou a opção por uma escola pública.

A escola atende 1.275 estudantes em três turnos (matutino, vespertino e noturno) no Ensino Fundamental e Médio, oriundos de diferentes bairros da cidade. Conta com um total de 65 professores, dos quais 28 são professores nomeados⁵³ e 37 são professores

⁵¹ O mesmo encontra-se em anexo – Anexo A.

⁵² O mesmo encontra-se em anexo – Anexo B.

⁵³ Professores nomeados participaram de concurso público e foram aprovados. Para participar de concurso público, é necessário ter concluído a graduação na área de interesse.

contratados⁵⁴. Sua estrutura física compõe-se de 17 salas de aula. Dispõe de um amplo espaço de leitura anexo a uma biblioteca onde os estudantes podem retirar livros, tanto as obras literárias quanto os textos escolares. Dispõe ainda de uma sala digital (laboratório de informática) com 30 computadores com acesso (rápido) à internet. A sala digital é coordenada por dois professores, um no turno na manhã e outro no turno da tarde. O princípio que norteia a disponibilidade de professores-coordenadores na sala digital é o de desenvolver atividades pedagógicas e projetos interdisciplinares envolvendo o ambiente das aulas e a sala digital, com o suporte desses professores-coordenadores. Como exemplo, há um projeto interdisciplinar realizado na escola com um grupo de professores de Línguas Adicionais, publicado recentemente na Revista Cadernos do Aplicação⁵⁵. A escola conta ainda com um amplo ginásio de esportes, com quadras de voleibol, futsal e basquetebol. O laboratório de química da escola é equipado de forma satisfatória, com uma variedade de reagentes e vidraria adequada (o laboratório não tem um laboratorista ou técnico).

Os sujeitos da pesquisa foram três professores de Química dessa escola, que habitualmente trabalham com turmas do terceiro ano do Ensino Médio. Para que pudéssemos analisar as entrevistas semiestruturadas sem expor a identidade dos participantes, resolvemos denominá-los de Alfa, Beta e Gama (os três termos são modalidades de radiações emitidas por substâncias radioativas).

No que diz respeito à formação dos sujeitos da pesquisa, o professor Alfa tem Licenciatura Curta em Ciências e Licenciatura Plena em Química; Curso de Especialização em Educação Química e há 32 anos trabalha com o ensino de Química. O professor Beta tem Licenciatura Plena em Biologia e há 12 anos trabalha com o ensino de Química e de Biologia. E o professor Gama tem Licenciatura Curta em Ciências e Licenciatura Plena em Química, além de ter cursado Bacharelado em Química. Possui Mestrado em Ciências e Matemática e há 30 anos trabalha com o ensino de Química. As entrevistas realizadas com os professores foram gravadas em áudio e transcritas na íntegra a fim de possibilitar a posterior análise do conteúdo. O roteiro da entrevista, bem como o modelo de entrevista com as respostas de um professor entrevistado, podem ser conferido no Apêndice A e B. A pesquisa empírica foi realizada entre os meses de outubro e novembro de 2012.

⁵⁴ Professores contratados são aqueles cujos contratos são realizados de forma emergencial para suprir a demanda de professores nas escolas. Não há necessidade de ter concluído a graduação na área de interesse.

⁵⁵ O artigo publicado foi intitulado: “Linguagens e suas tecnologias na sala digital: em busca da interdisciplinaridade”, de autoria de um dos professores-coordenadores da sala digital da escola. Relatos mais pontuais sobre o projeto interdisciplinar podem ser encontrados no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/CadernosdoAplicacao/article/view/24620>>. Acesso em: 20 out. 2012.

4.5 INTERPRETAÇÃO DO *CORPUS* DE PESQUISA

ATD como metodologia de interpretação e análise dos dados foi escolhida com o intuito de propiciar a extração efetiva dos elementos de interesse dos dados coletados, tanto os oriundos da pesquisa bibliográfica quanto aqueles propiciados pela pesquisa empírica. O *corpus*⁵⁶ da pesquisa incluiu então a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso na escola selecionada.

A partir dessa perspectiva, foi empregada a ATD para construir um texto que carrega a voz dos diversos teóricos que abordam os níveis de representação da Química. Dessa multiplicidade de vozes emergem as barreiras impostas para a construção do conhecimento químico; o emprego de programas computacionais no ensino de Química; as características da sociedade atual; a escola do século 21 e a fusão destes aspectos com o resultado das entrevistas com os três professores de Química da escola selecionada. Para Moraes e Galiazzi (2011) a ATD é uma metodologia que requer que os pesquisadores construam significados a partir de seus próprios pontos de vista e suas teorias implícitas. Para isso, faz-se necessária a construção de metatextos analíticos que expressem a descrição e a interpretação do fenômeno que se investigou. Moraes e Galiazzi são precisos na definição:

A análise textual discursiva, culminando numa produção de metatextos, pode ser descrita como um processo emergente de compreensão, que se inicia com um movimento de desconstrução, em que os textos do “corpus” são fragmentados e desorganizados, seguindo-se um processo intuitivo auto-organizado de reconstrução, com emergência de novas compreensões que, então necessitam ser comunicadas e validadas cada vez com maior clareza em forma de produções escritas (2011, p. 41, grifo dos autores).

Nesse sentido, a primeira etapa da ATD consistiu-se na fragmentação, na desintegração do *corpus*, ou seja, na desconstrução dos textos. Nesta etapa, ocorreu a chamada unitarização; um processo de desmontagem dos textos que direciona a análise para o processo de categorização.

A segunda etapa, a categorização, é um processo complementar à unitarização. O primeiro - a unitarização - é um movimento de desconstrução, que corresponde a uma análise propriamente dita; o segundo - a categorização - é um movimento de reconstrução em forma de metatextos, que visam expressar novas compreensões alcançadas (MORAES; GALIAZZI,

⁵⁶ O *corpus* de estudo é a matéria-prima, que é composta dos registros, dos dados da pesquisa e encontram-se em forma de texto, são na verdade os textos que estão sendo analisados. Para Moraes e Galiazzi (2011, grifo do autor) o *corpus* representa uma multiplicidade de vozes e a sua leitura é uma interpretação feita pelo pesquisador.

2011). A categorização é o espaço de promover ou criar relações, organizar semelhantes, construir categorias que expressem posteriormente a construção de um novo texto (o metatexto) que se origina a partir dos textos originais, sempre expressando a compreensão e interpretação do pesquisador, imbuído em suas teorias, sejam elas conscientes ou tácitas (MORAES; GALIAZZI, 2011). Esse metatexto constitui-se então na terceira etapa; para validar as categorias, sejam elas *a priori* ou emergentes é necessário que elas estejam alinhadas ou relacionadas aos objetivos da pesquisa. Conforme Moraes e Galiazzi (2011) as categorias *a priori* correspondem às categorias que o pesquisador criou antes de realizar a análise dos dados, são escolhidas com antecedência. Já as categorias emergentes são construídas a partir da análise dos dados do *corpus*, com base nas teorias implícitas do pesquisador, ou mesmo ancorado em seus conhecimentos tácitos. Neste trabalho, as categorias *a priori* são oriundas do referencial teórico construído anteriormente. Já as categorias emergentes foram construídas diante de uma leitura aprofundada e rigorosa do *corpus* a qual emergiram um conjunto de novas ideias de que não se tinha inicialmente.

A terceira etapa – o metatexto - requer que os pesquisadores reconstruam novas compreensões do fenômeno investigado e dos documentos analisados, relacionando as diferentes categorias e subcategorias na produção desse, assim chamado, metatexto, cujo principal atributo é o de se constituir num elemento aglutinador. Com isso, a produção de um metatexto engloba a descrição e interpretação dos pesquisadores que exercem um papel ativo e central. “Descrever”, nesse sentido, é apresentar categorias e subcategorias que devem estar ancoradas no *corpus* empírico ou no referencial teórico. “Interpretar”, por sua vez, implica em construir novas compreensões, produzindo metatextos que valorizem os detalhes e a profundidade do fenômeno investigado na ATD (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Procuramos detalhar neste capítulo, o enfoque e a natureza da pesquisa, os sujeitos que participaram da investigação e os instrumentos, bem como a metodologia de análise dos dados da pesquisa. No próximo capítulo, apresentamos a análise dos dados por meio da ATD.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo, descrevemos as categorias surgidas da imersão dos pesquisadores na análise e compreensão do *corpus* de pesquisa. Durante o processo de unitarização e categorização dos textos provenientes da transcrição das narrativas dos professores, efetuamos a releitura do *corpus*, o que propiciou a inter-relação de algumas categorias, que foram agrupadas ao final, reduzindo assim seu número e conseqüentemente a fragmentação do *corpus*.

Com isso, evidenciamos três categorias *a priori*. A primeira é a da escola pública vista pelo viés do ensino de Química, seguida de duas subcategorias; laboratório de informática e laboratório de química. A segunda categoria *a priori* volta-se às concepções dos professores a respeito dos níveis de representação da Química. Na última categoria *a priori* aborda-se o ensino de isomeria geométrica; nela, há uma subcategoria que trata da (des)conexão desse ensino com o cotidiano. Dentre as categorias emergentes, evidenciamos duas: “isso que eles são digitais”, e o tempo é a principal variável para o ensino de isomeria e para o uso de programas computacionais.

Interpretamos a seguir cada categoria à luz do referencial teórico, alinhando-as com os objetivos da pesquisa. Com base nessa interpretação, produzimos metatextos descritivos, imbuídos, como não poderia ser diferente, da interpretação dos autores envolvidos. Abordaremos cada categoria, na ordem supracitada, nos subcapítulos abaixo.

5.1 A ESCOLA PÚBLICA VISTA PELO VIÉS DO ENSINO DE QUÍMICA

Nesta primeira categoria, apontaremos aquelas que nos parecem as principais mudanças na escola do ponto de vista do ensino de Química nos últimos anos. Destacamos duas subcategorias onde seria possível estabelecer relações entre os níveis de representação do conhecimento químico, uma delas referente ao laboratório de informática e a outra ao laboratório de química. Essa primeira categoria relaciona-se diretamente aos objetivos específicos que visam diagnosticar se a escola pública que acolhe o nativo digital passou por mudanças metodológicas no ensino de Química; e identificar como os professores de Química estabelecem relações entre os níveis de representação macroscópico, microscópico e simbólico nas aulas de Química.

Assim sendo, diante da análise das narrativas dos professores de Química, foi constatado o consenso de que, nas últimas três décadas, período em que dois dos professores

iniciaram suas atividades docentes, a escola e o ensino de Química não passaram por nenhuma mudança significativa. Essas mudanças poderiam ser identificadas, por exemplo, através da organização curricular (abordagem dos conteúdos programáticos) da escola, ou da inserção de metodologias alternativas, que propiciassem o ensino de novos conteúdos, ou mesmo dos conteúdos tradicionais, mas com abordagens diferentes. Afinal, esse é o novo desafio proposto por Prensky (2001) e, ao que tudo indica, os nativos digitais não se identificam com o sistema de ensino que lhes é oferecido. Por isso, seria premente a necessidade de diagnosticar possíveis mudanças na escola e no ensino de Química. Entretanto, de acordo com o depoimento dos professores, o qual será apresentado mais adiante, não ocorreram mudanças com tais características.

O depoimento do professor Alfa sobre seu ingresso na escola, há quase dezoito anos, mostra que o ensino de Química, nesse período, sofreu uma redução na carga horária semanal. No ingresso de Alfa à escola, a Química tinha uma carga horária satisfatória (na opinião desse professor). Nessa época, o ensino de Química dispunha de quatro períodos semanais no primeiro ano, e três períodos semanais no segundo e terceiro anos do Ensino Médio. Então, ocorreu a primeira redução, diminuindo-se um período de Química no primeiro ano, resultando, desse modo, três períodos semanais de Química no primeiro, no segundo e terceiro anos do Ensino Médio. Os períodos eram de 50 minutos. Porém, em face da introdução de novas disciplinas no currículo do Ensino Médio, a Química foi dando espaço para outras disciplinas, tais como Sociologia, Inglês, Filosofia, Educação Artística e Espanhol. Hoje a Química dispõe de dois períodos semanais para o primeiro, segundo e terceiro anos do Ensino Médio. Os períodos continuam de 50 minutos. Então, é notória a redução da carga horária nos últimos anos. Logo, por mais que os professores inicialmente não tenham referido nenhuma mudança na escola ou no ensino de Química, o professor Alfa menciona essa redução, configurando-se aí uma mudança. Para pior, na perspectiva do ensino da Química, mas assim mesmo uma mudança.

Na opinião do professor Gama, “houve tentativas de mudanças na escola, mas nada que resultasse em algo concreto [...]”. O professor cita as Lições do Rio Grande⁵⁷ como um projeto que apresentava ideias inovadoras, mas, infelizmente, foi sepultado e com ele suas propostas. Ainda segundo o professor Gama, as aulas de Química continuam até mais tradicionais, do que eram antes: o professor fala e o estudante ouve. Valentini, Soares e Rela

⁵⁷ As Lições do Rio Grande foi uma iniciativa do Governo Estadual, em que as escolas públicas recebiam milhares de livros que deveriam ser usados pelos estudantes e professores. Os professores tinham que fazer projetos contidos nos livros e enviá-los para a Coordenadoria Regional de Educação, com sede em Caxias do Sul. Contudo, Gama relata que nunca obteve respostas de nada do que foi feito na escola.

(2008) sugerem uma alternativa para ultrapassar as formas tradicionais de ensinar (que comumente estão baseadas no discurso do professor). A alternativa se dá através da exploração das tecnologias digitais no contexto educativo. As autoras ressaltam que não basta inserir a tecnologia no contexto, é necessário transcender o modelo de “transmissão” (grifo das autoras) de conhecimento. Para os professores mudarem o modelo tradicional de ensino, que se concentra no discurso do professor, talvez seja necessário implementar propostas para capacitá-los. Neste estudo, as autoras mencionam que todos os professores que participaram de uma capacitação cujo objetivo era aprimorar o uso de ambientes de aprendizagem informatizados começaram a pensar estratégias pedagógicas embasados no uso das tecnologias digitais, além de mostrarem disposição para discutir estratégias relacionadas as tecnologias no ambiente virtual de aprendizagem.

No discurso do professor Gama, outro aspecto a considerar relaciona-se ao “sepultamento” das Lições do Rio Grande. É comprovada a existência de ações governamentais visando a melhoria do ensino público por meio de políticas públicas, concretizadas pela proposição de novos projetos como os relacionados à inserção da tecnologia nas escolas, destacados no item 2.2. Concretamente, as escolas públicas são submetidas às oscilações das políticas estaduais. A cada novo governo, ocorre um sepultamento de boa parte das ações anteriores. Entende-se que seria necessária uma política de Estado para a Educação, e não uma política de governo, em geral episódica e transitória.

Uma substancial mudança está a caminho nas escolas da rede pública, esta se refere à implantação do Ensino Politécnico⁵⁸. Na escola em que a pesquisa foi realizada, essa implantação, gradualmente, iniciou-se em 2012 (apenas para o primeiro ano do Ensino Médio) e será concluída em 2014, com o terceiro ano do Ensino Médio. O professor Gama já listou algumas deficiências na implantação do Ensino Politécnico na escola: “nós, os professores, não sabíamos o que fazer com a disciplina de Seminários. Tivemos muitas, muitas dificuldades em iniciar as atividades na disciplina. Apenas alguns professores fizeram um curso preparatório, que começou bem depois do início das aulas”.

Cysneiros (1999) destaca que a escola brasileira é recheada de insucessos, um deles se relaciona à inserção da tecnologia digital no contexto escolar, mas os fatores que consubstanciam esses fracassos dizem respeito às políticas públicas. Em geral, elas são desconectadas da realidade da escola e impostas de “cima para baixo”, sem promover

⁵⁸ O Ensino Politécnico é uma configuração de ensino que se baseia na articulação entre as áreas de conhecimentos e suas tecnologias através de eixos do conhecimento. Mais informações sobre essa proposta podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2013.

capacitações⁵⁹ para os professores, na amplitude necessária. E essas capacitações, quando são feitas, não consideram os professores como os protagonistas de uma nova ordem, de um novo cenário. Fagundes (2008) também aponta para uma desconexão entre os cursos de licenciaturas e a realidade escolar. Esses cursos, na opinião da autora, são defasados e descontextualizados, sem compromisso com a realidade escolar.

Com referência às possíveis mudanças na escola ou no ensino de Química, o professor Alfa assinala que o conteúdo, a abordagem e a sequência da Química são os mesmos há vários anos. Entretanto, sugere que os livros didáticos atualmente (em torno dos últimos 10 anos) vêm tentando mudar essa sistematização, inserindo a contextualização⁶⁰ e a interdisciplinaridade⁶¹ junto aos conteúdos de Química. Alfa ressalta que essa foi uma proposta de mudança, mas não houve nenhum movimento no sentido de introduzir ou excluir qualquer conteúdo no ensino de Química. Ao contrário, mesmo diante da redução da carga horária, os conteúdos propostos pelos PCN se mantêm os mesmos.

Bianchetti (2001), há mais de uma década, publicou um livro cujo conteúdo já identificava uma rápida difusão dos avanços científicos e tecnológicos que iriam requerer a atenção dos gestores educacionais. Desde então, esses avanços vêm provocando uma nova demanda no mercado de trabalho por novas qualificações, sendo que a escola desempenha um papel central e crucial na formação de um indivíduo capaz de respondê-las satisfatoriamente. E foi a partir de uma incursão no setor de telecomunicações que o autor apontou a perspectiva do empresariado relativamente à educação: a escola ainda não percebeu que a única constante é a mudança e segue parâmetros estipulados há décadas, os quais já estão cristalizados.

As relações da escola com as necessidades da sociedade da informação aparecem tanto no depoimento dos professores de Química (que assinalam não ter havido significativas mudanças na configuração da escola e nem do ensino de Química), quanto na manifestação do autor em referência. A escola deveria formar o estudante “[...] tornando-o capaz, disponível para adequar-se à nova e mutante ambiência do mundo do trabalho” BIANCHETTI (2001, p. 222).

⁵⁹ Não fizemos uma pesquisa com os Órgãos responsáveis pela educação básica a fim de diagnosticar se existem cursos de capacitação ou formação continuada para os professores da rede pública.

⁶⁰ A contextualização surgiu a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB-9.394/96). Contextualizar no ensino de Química é relacionar o conhecimento químico com o cotidiano do estudante (BRASIL, 1996).

⁶¹ A interdisciplinaridade relaciona as disciplinas em atividades ou projetos de estudo com o intuito de resolver ou compreender determinado problema. Encontramos em Stamberg (2009, p. 19) uma definição mais pontual a respeito da interdisciplinaridade: o princípio é estabelecer diálogos e intercâmbios entre as diversas áreas do conhecimento. A autora também sustenta que a proposta visa “fortalecer a prática dos professores, permitindo que o ensinar e o aprender sejam construídos e reconstruídos e não apenas transmitidos como uma obrigação”.

Talvez uma desatenção coletiva esteja obstruindo as necessidades impostas pela sociedade da informação no cenário educacional, pois, já alertavam Pozo e Crespo (2009), o currículo de Ciências praticamente não mudou para atender às demandas da sociedade contemporânea e isso remete a uma escola cada vez mais alheia às vicissitudes sociais. Os autores ainda acrescentam que:

As novas tecnologias da informação, unidas a outras mudanças sociais e culturais, estão abrindo espaço para uma nova cultura da aprendizagem, que transcende o marco da cultura impressa e deve condicionar os fins sociais da educação e, especialmente, as metas dos anos finais dos ensinos fundamental e médio (2009, p. 23).

Pozo e Crespo (2009) atribuem um caráter contínuo ao aprendizado em razão do bombardeio de informações ao qual os estudantes são submetidos diariamente; quando deparam com os assuntos do conteúdo programático do currículo, eles já possuem informações, mesmo que, eventualmente, superficiais e deformadas. Ainda, conforme os autores, a escola já foi, mas não é mais a primeira e nem a principal fonte de conhecimento. O que cabe à escola é ajudar os estudantes a organizar e interpretar as informações para que produzam algum sentido. E, sobretudo, proporcionar aos estudantes capacidades de aprendizagem que promovam uma configuração crítica da informação.

Outro consenso entre os professores participantes da pesquisa é que a diminuição da carga horária para o ensino de Química obrigou-os a tirar conteúdos ou, o que dá no mesmo, se “passam batido” (PROFESSOR ALFA) por determinados assuntos. Para o professor Gama, o conteúdo programático da escola sofreu reduções porque não existe tempo hábil para trabalhá-los. Os conteúdos citados por Gama, são: hibridização, bioquímica e isomeria química. O professor Beta relata que muitos conteúdos importantes, que não podiam ser retirados do conteúdo programático, foram exonerados, tais como: geometria molecular, números quânticos e propriedades coligativas.

A partir da análise da narrativa do professor Alfa, é possível estimar o efeito da redução da carga horária da Química no Ensino Médio. Alfa destacou que o conteúdo programático do primeiro ano é finalizado na metade do segundo ano; o conteúdo do segundo ano é finalizado na metade do terceiro ano. Logo, o conteúdo programático do terceiro ano é pouco trabalhado. Em razão disso, como justifica o professor Alfa, muitos conteúdos foram retirados do conteúdo programático da escola, tais como: o estudo dos gases, propriedades coligativas e radioatividade. Nesse sentido, no terceiro ano, de acordo com esse professor, são dadas “pinceladas” para que o estudante tenha uma noção superficial da Química Orgânica.

Em decorrência da exoneração de tais conteúdos, o professor Beta destaca que os estudantes chegam ao terceiro ano do Ensino Médio despreparados. Aqui convém um esclarecimento: o currículo do Ensino Médio, que define os conteúdos a serem tratados em cada ano desse ensino, obedece a uma ordem estipulada articuladamente pelos PCN, mas cada escola cria seu conteúdo programático.

Da mesma forma, os professores também foram questionados a respeito da inserção ou retirada de algum conteúdo, e se houve mudança de ênfase, do conteúdo programático de Química. Entretanto, apenas o professor Gama respondeu à questão, mencionando que o conteúdo de polímeros vem sendo abordado com maior ênfase nos últimos anos, sem justificar as razões para isso.

Com base nas narrativas dos professores Alfa, Beta e Gama, depreende-se que, em média, ou os currículos são reduzidos ou permanecem como eram há décadas. Não se percebe um movimento de renovação, pelo menos não é o que emerge dessas narrativas. Entretanto, o mundo muda, e se essas modificações ainda não se fizeram claras na escola, é porque deve haver um descompasso. Diversos autores dão conta de que tentativas de mudança institucionalmente estão sendo esboçadas. Schlemmer destaca os movimentos que as instituições vêm passando diante de um mundo que se transforma constantemente numa velocidade estonteante:

As instituições estão buscando modificar posições conservadoras, transformando-se para que a inovação possa emergir. Essa mudança pressupõe substituir um pensamento que separa, que trabalha linearmente e hierarquicamente, por um pensamento que liga, relaciona, que trabalha em rede, de forma hierárquica. É preciso trocar a rigidez da lógica clássica por uma dialógica na qual as noções complementares e antagônicas coexistam (2006, p. 39-40).

Talvez as configurações acima estejam ainda distantes da escola, considerando-se que, há três décadas, parece se perpetuar uma rígida sistematização de currículo e praticamente nenhuma emergência de propostas que visem às novas demandas da sociedade da informação.

Moraes também discorre sobre possíveis colapsos das instituições na tentativa de considerar o que ocorre no mundo moderno e as suas respectivas necessidades educacionais:

Temos falhado não apenas pela dificuldade que temos em encontrar ou propor soluções que permitam um maior acesso a esses novos recursos por parte da maioria da população economicamente desfavorecida e marginalizada, mas, sobretudo, pela ausência de um modelo adequado de formação do professor para o uso competente dessas novas tecnologias nos ambientes escolares. Estamos falhando por falta de metodologias mais adequadas e epistemologicamente mais atualizadas, inspiradas

em paradigmas que facilitem a operacionalização dos trabalhos na direção construtiva e criativa que almejamos. Estamos falhando porque não estamos formando, adequada e oportunamente, as novas gerações para enfrentarem os desafios atuais, já que estamos educando com metodologias cientificamente defasadas, usando tecnologias que camuflam velhas teorias a partir de propostas que continuam vendo o aluno como um mero espectador, um simples receptor de estímulos, um eterno copiador e reproduzidor de informações (2002, p. 3).

Em suma, mediante essa análise parcial das narrativas dos professores de Química da escola selecionada para este estudo, é notória a ausência quase que total de movimentos que afetam a escola e por extensão o ensino de Química na busca dos anseios da sociedade da informação. Portanto, concordamos com Gardner (2009) quando ele diz que as instituições de ensino mudam lentamente e parecem estar preparando os jovens para séculos passados. Mas seria igualmente falso adotar a direção oposta. Como há hoje uma disponibilidade ilimitada de informações, esse fato obriga a escola a “ensinar mais”. Ainda nas palavras do autor, “é um erro enorme acreditar que, por termos mais que aprender, necessitamos ensinar mais” (2009, p. 40); ao contrário, é benéfico sermos capazes de tirar proveito da possibilidade de armazenamento que as tecnologias nos possibilitam, pois antes era necessário memorizar, e atualmente as tecnologias digitais abrigam todo o conteúdo.

Assim, pensar a educação com o intuito de inserir uma quantidade cada vez maior de informações na cabeça dos estudantes é um desastre. Assegura o autor que essa prática é comum em diversos países, principalmente naqueles cujos ministros da Educação cultivam as melhores posições nos testes internacionais de avaliação. Gardner (2009, p. 40) repudia essa prática, e para ele, “isso é ridículo”.

A busca por informação, segundo Cury (2003), torna-se literalmente obsessiva:

Nossa geração produziu informações que nenhuma outra jamais produziu, mas não sabemos o que fazer com elas. Raramente usamos essas informações para expandir nossa qualidade de vida [...] *Nós nos tornamos máquinas de trabalhar e estamos transformando nossas crianças em máquinas de aprender* (2003, p. 13, grifo do autor).

Com base na indiscutível presença das TDs na sociedade da informação e amparados no linguajar incisivo empregado por Negroponte (1995), de que a “onipresença” da tecnologia não pode mais ser ignorada, entendemos que as tecnologias deveriam ser concebidas como ferramentas de trabalho na escola. Nesse sentido, recentemente destacamos alguns cuidados quando as tecnologias são vistas com essas lentes no contexto escolar. O primeiro se refere a uma espécie de crença difundida, a de que as tecnologias digitais podem assumir o papel do professor. Na verdade, o que se percebe é que as tecnologias podem, sim, assumir o papel de

transmissão do conhecimento, uma vez que o professor nunca foi idealizado como transmissor do conhecimento e sim como a força motriz para a construção do conhecimento, como propõem Pauletti e Catelli:

O advento dessas ferramentas talvez tenha o dom “quase mágico” de retirar do professor uma missão que nunca lhe coube, a de transmissor do conhecimento. Cabe-lhe, isto sim, a (muito mais nobre) tarefa de construção do conhecimento. Se na tarefa de transmissão o professor era substituível, nessa, a da construção, ele tem um papel muito mais relevante e vital (2011, p. 04, grifo dos autores).

O outro cuidado a tomar é relativo ao emprego da tecnologia como ferramenta de trabalho, ou seja, as TDs poderiam sim potencializar uma prática de ensino, mas nunca criá-la “a partir do zero”. Pensar dessa maneira implicaria refutar toda a historicidade de um processo social, seja ele qual for. Em outras palavras, as TDs são elementos culturalmente construídos, importantes e fundamentais no contexto escolar, mas elas não chegam para fazer terra arrasada e desconsiderar o processo de ensino que vem ocorrendo a fim de impor uma nova ordem. Ao contrário, as TDs se inserem num contexto que existia previamente para integrá-lo. E a partir da interação harmônica entre o “antigo e o novo”, é que surge gradualmente um novo cenário, cabendo-nos melhorá-lo, orientados sempre pelos anseios da sociedade, numa proposta fundamentada epistemologicamente (PAULETTI; CATELLI, 2011, grifo dos autores).

A fim de contemplar também o objetivo específico que visa analisar o projeto político-pedagógico da escola com o intuito de identificar informações que indiquem a eclosão das tecnologias digitais com contexto escolar, não encontramos elementos que polarizem o emprego da tecnologia no contexto escolar, ao contrário. Apenas para exemplificar: uma das metas da escola prevê a pura e simples “implantação do laboratório de informática”⁶². Nesse sentido, parece que, se há de fato algum movimento, ele apenas iniciou. Vale destacar que a proposta político-pedagógica da escola foi formulada no ano de 2010.

5.1.1 Laboratório de informática

Criamos essa subcategoria para dar ênfase à questão do uso de programas computacionais no ensino de Química, principalmente como uma ferramenta capaz de propiciar a representação das formas abstratas e a possível relação entre os níveis de representação. A exploração de tais programas, na maior parte dos casos relativos ao ambiente

⁶² Informação extraída do projeto político-pedagógico da escola.

escolar, efetivar-se-ia por meio do Laboratório de Informática (LI), exceto nos casos em que a escola dispõe de outra tecnologia digital, como a proposta do UCA (apresentada no item 2.2), que disponibiliza computadores personalizados, mas esses casos são ainda exceções. Através da análise das narrativas dos professores de Química, investigaremos a emergência de metodologias de ensino de Química a partir da inserção do LI na escola.

Os três professores de Química entrevistados concordam que a única inserção de tecnologia na escola deu-se por meio da implantação do LI. Mas todos destacam que o LI é um recurso (ambiente) que quase não se explora na escola. Em média, os professores levam os estudantes para o LI duas vezes ao ano com a finalidade de realizar pesquisas na internet.

Fagundes (2008) critica a prática daqueles professores que, mesmo levando semanalmente seus estudantes ao LI, fazem disso apenas mais uma oportunidade de perpetuar práticas obsoletas:

A desvantagem que identifico nesse momento é a farsa que representa o educador quando faz crer que está usando o laptop para inovar e, em verdade, não inova, transformando os métodos de ensino e orientando o uso livre da internet, usa o laptop para controlar, submeter o aluno, bloqueando seu desenvolvimento e desperdiçando um recurso valioso (2008, p. 14).

Ressalvamos que os professores entrevistados não pensam nem agem dessa forma. Notamos claramente que os professores empregam os computadores disponíveis no LI como suporte ao ensino de Química com a finalidade de realizar pesquisas na internet. E nenhum dos três professores entrevistados destacou que estaria inovando as práticas pedagógicas apenas por empregar computadores. Todos os professores argumentaram que utilizam muito pouco (duas vezes ao ano) os computadores porque a carga horária é muito restrita, e não permite o ensino de todos os conteúdos programáticos de Química. Então, não haveria aqui nenhuma farsa, mas sim uma opção, a de “passar por todos os conteúdos”, seja lá o que for que isso signifique.

Chartier (2007) assinala que é possível, através da pesquisa na internet, incentivar os estudantes para a leitura, porém há o risco latente de isso ocorrer de modo fragmentado. Já Moran (1997) assevera que utilizar a internet na educação apoia o ensino na medida em que dilui as barreiras de tempo e espaço, enriquece as possibilidades de emprego de imagens, textos, livros, revistas e programas. Também motiva os estudantes porque “eles gostam de navegar, de descobrir endereços novos, de divulgar suas descobertas, de comunicar-se com outros colegas” (MORAN, 1997, p. 146).

Com relação ao acima exposto, Cysneiros (1999) assinala que promover capacitações para os professores voltadas ao uso da tecnologia na escola não garante uma melhora no ensino; o que pode ocorrer, segundo ele, é a *inovação conservadora*. Essa denominação está estreitamente relacionada ao uso da tecnologia para realizar tarefas que poderiam ser feitas de modo satisfatório sem ela. Um exemplo é o de acreditar que uma aula com o uso de uma apresentação de powerpoint⁶³, ou no emprego de um retroprojeter⁶⁴ implica necessariamente em algum tipo de inovação. Em resumo, a inovação conservadora ocorre quando a ênfase não é no conteúdo e sim no meio.

Quando os professores foram questionados se já empregaram algum programa computacional para ensinar algum conteúdo programático de Química, a resposta foi unânime: nunca. Todavia, o professor Gama mencionou que já empregou o programa *Cmap Tools*⁶⁵ para construir mapas conceituais, relacionado ao ensino de Química. No entanto, diante da falta de interesse dos estudantes, acabou desistindo de usá-lo. De acordo com Gama, os estudantes tiveram duas aulas preparatórias para o uso dessa ferramenta, porém, mesmo assim, os estudantes não gostaram muito do programa porque – segundo eles – exige dedicação e dá trabalho. Na opinião dos estudantes, é preferível fazer a tarefa proposta pelo professor com caneta e papel. De fato, ao reagirem dessa maneira, os estudantes contrapõem-se a uma inovação conservadora, dando conta que se é o mapa conceitual que importa, então que seja feito da forma mais simples, isto é, com caneta e papel.

O discurso de Gama contesta posições de certo modo correntes na literatura que caracterizam os estudantes nativos digitais como indivíduos que preferem trabalhar ligados a redes de contatos (PRENSKY, 2001), imersos na tecnologia digital, e que possuem destreza no manuseio dos recursos que ela oferece. Gama destaca dois aspectos importantes: i) que os estudantes não gostaram de usar o referido programa (*Cmap Tools*); ii) e que os estudantes preferiram fazer a atividade usando caneta e papel. Ora se os estudantes são “digitais” - como já discutido até aqui, é difícil de entender essa divergência de comportamento no contexto escolar. Mas esse é um aspecto que abordaremos detalhadamente a seguir (item 5.4).

Outro aspecto discutido com os professores durante as entrevistas referiu-se às possibilidades de uso e exploração da TDs no contexto escolar. Questionamos os professores acerca de como essas ferramentas poderiam ser empregadas na escola, e se eles possuíam

⁶³ Powerpoint é um programa utilizado para a criação e exibição de apresentações gráficas, compostas por som, imagens, vídeos e textos.

⁶⁴ Retroprojeter é uma ferramenta que amplia uma imagem impressa em uma folha de transparência e a projeta em uma tela ou parede.

⁶⁵ Maiores informações a respeito desse programa podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 09 jan. 2013.

alguma ideia de como essas tecnologias digitais poderiam redirecionar o ensino de Química. O professor Alfa acredita que os recursos digitais poderiam redirecionar o ensino de Química, caso existissem programas que auxiliassem na rotação das moléculas. O posicionamento de Alfa revela que ele desconhece os programas computacionais que permitem esses movimentos, além da possibilidade empolgante de representar moléculas em 2D e 3D.

Já na opinião do professor Beta, existem inúmeras ferramentas que permitem visualizar as moléculas se formando, suas quebras, suas formas dimensionais e geométricas. Apesar de Beta não utilizar nenhum programa computacional para o ensino de Química, reconhece a variedade de aplicativos computacionais existentes na rede e destaca as diversas possibilidades que a internet oferece.

No entender do professor Gama, as tecnologias digitais poderiam redirecionar o ensino de Química a partir da possibilidade que os estudantes têm de interagir com esses recursos digitais. Gama tem um blog relacionado ao ensino de Química em geral, como recurso extrassala de aula. Nesse blog, complementa os conteúdos trabalhados em aula, com exercícios e textos, para que os estudantes se aprofundem mais nos conteúdos. O professor Gama ressalta ainda a importância de o ensino, não só de Química, mas de todas as áreas do conhecimento, se apropriar de todos os mecanismos disponíveis para o facilitar e melhorar, desde a tecnologia mais avançada até a aula dialogada. Na perspectiva desse professor, a comunhão entre essas duas possibilidades deve ser estabelecida.

Entretanto, na visão dos professores, é a falta de tempo que se constitui no principal empecilho ao uso do LI. O discurso do professor Beta retrata essa perspectiva: “[...] eu precisaria de mais tempo para fazer tudo o que eu planejo”. O professor Alfa também destaca que “[...] o principal agravante é a falta de tempo, que não permite a gente explorar essas ferramentas [...]”.

Em nenhum momento, no discurso dos professores, cogitou-se a possibilidade de substituir partes do ensino convencional (quadro e giz) por estratégias exploratórias, com o uso das TDs. Por exemplo, a construção de modelos moleculares bidimensionais e tridimensionais das moléculas, que inclui a modelização e representação da Química dita abstrata. Nesse sentido, os programas computacionais auxiliariam tanto o estudante quanto o professor na visualização e disposição espacial e geométrica de uma molécula, além do que as simulações computacionais possibilitam um ambiente interativo no qual é possível manipular modelos e obter resultados imediatos, em tempo real (EICHLER; DEL PINO, 2000).

Outra vantagem no uso de programas computacionais é levantada por Wu e Shah (2004): a variedade de representações visuais. Ela é indispensável para o ensino de Química,

pois ajuda o estudante a compreender e manipular mentalmente representações dos fenômenos químicos, favorecendo assim a aprendizagem. A ênfase que Giordan e Góis (2005) dão à exploração de programas computacionais tonifica o papel da visualização no ensino de Química. Para eles, a construção de conhecimentos químicos está estreitamente relacionada ao formato visual, com o qual os estudantes deveriam ter contato assíduo. Mas infelizmente a escola ainda está desconectada dessa realidade, não usufruindo as TDs como meio de agregar renovadas possibilidades de representação da Química abstrata e de multiplicar os cenários para a construção, seja coletiva ou individual, do conhecimento.

5.1.2 Laboratório de química

Essa subcategoria é de importância capital para o ensino da Química porque é também no Laboratório de Química (LQ) que é possível estabelecer a transição e a relação entre os três níveis de representação. Em especial, o nível macroscópico pode ser explorado facilmente, o que não ocorre numa sala de aula. A combustão, por exemplo, pode ser facilmente visualizada no LQ, considerando existir toda uma estrutura que permite a reconstrução de evidências com toda segurança para os professores e estudantes.

A estrutura física do LQ já foi descrita no item 4.4 e, na opinião dos professores participantes da pesquisa, o laboratório é grande e devidamente equipado com uma quantidade suficiente de reagentes. O professor Beta diz que é bom levar os estudantes para o LQ, porque lá eles conseguem visualizar os fenômenos químicos e ressalta que não é mais trabalhoso promover aulas práticas⁶⁶, é apenas necessário mais tempo para poder alinhar aulas teóricas e práticas.

Entretanto, para o professor Gama, não tem como interagir com 35 estudantes (as turmas têm em média essa quantidade de estudantes) no LQ, mas seria viável com a metade da turma, ou seja, com 17 estudantes. Contudo, como isso não é possível, quando leva os estudantes para o LQ, faz aulas demonstrativas. Gama menciona algumas deficiências relacionadas à falta de inspeção no LQ e aponta a necessidade de ter um auxiliar de laboratório para otimizar o tempo.

Já o professor Alfa relata que a estrutura física do LQ era excelente, mas, como a escola tem 45 anos de existência, e os encanamentos de água e gás nunca foram substituídos, há agora a necessidade de inspeção e manutenção. Além disso, ele afirma que, conforme a nova legislação, as escolas necessitam de uma autorização da Prefeitura Municipal para que o

⁶⁶ Para este trabalho consideramos aulas práticas e experimentais como sinônimas.

LQ esteja apto a ceder aulas práticas, isso devido à legislação ligada ao meio ambiente, mais especificamente para controlar o descarte de resíduos químicos. Cabe ressaltar que a escola ainda não tem essa autorização.

Nesse sentido, o professor Alfa diz que o LQ é usado esporadicamente para fazer o básico da Química, como reações químicas, preparo de soluções, titulações e determinação do pH⁶⁷. E o uso do LQ se resume a isso, em média os estudantes utilizam-no duas ou três vezes ao ano. Lamentavelmente, a baixa incidência de aulas práticas no ensino de Química não é novidade, Axt (1991) já alertara sobre a ausência de experimentação nas escolas da rede pública, mesmo sendo a Química uma ciência de natureza experimental.

Num estudo recente foi destacada a importância da correlação entre aulas teóricas e práticas como um meio de potencializar o ensino de Química. Pauletti frisa:

A aula prática consiste no manuseio e na transformação de substâncias no laboratório da escola, isso em nível macroscópico, isto é, visível. Já a teoria para o ensino da Química compõe-se de nível microscópico, ou seja, é o estudo da matéria e suas transformações em estado não observável. Fica evidente que a ciência é uma troca irreduzível entre a teoria e a prática, e com isso a separação de ambas não é possível nem desejável quando se deseja promover o ensino de Química (2012, p. 99).

A comunhão entre aulas teóricas e práticas poderia ser um meio de diluir uma dificuldade que Pozo e Crespo (2009, p. 144) consideram um sério impeditivo para a aprendizagem em Química, a saber, a natureza corpuscular da matéria e a conservação de suas propriedades: “[...] é necessário compreender a conservação de propriedades não observáveis da matéria e concebê-la como um complexo sistema em equilíbrio”. A realização de aulas práticas no LQ também vem sendo apontada como um meio de envolver os estudantes com suas aprendizagens e despertar maior interesse e motivação. Para Romanelli e Justi (1997), as aulas experimentais podem despertar o estudante para o descobrimento da Química por meio de atividades que mantenham uma relação constante com fenômenos corriqueiros. Oliveira, Filho e Andrade (2011), a partir da perspectiva de estudantes que haviam participado de uma aula experimental, constataram que as aulas práticas costumam ser mais atraentes e motivadoras (se comparadas a aulas teóricas) em função do experimento de laboratório ser um instrumento motivador.

Em um estudo recente, foi apontada (mais uma vez) a relevância da motivação para melhorar o processo de aprendizagem em Química. A motivação influencia diretamente o

⁶⁷ O pH é uma grandeza empregada na Química para indicar a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma amostra ou solução aquosa.

envolvimento do estudante nas atividades propostas pelo professor, ou seja, a motivação favorece determinadas escolhas e melhora o avanço do estudante nas atividades ou desafios que são propostos (SCHVANTES; PAULETTI, 2012). Com isso, o maior ganho de trabalhar no LQ é o caráter motivacional da experimentação (OLIVEIRA; FILHO; ANDRADE, 2011).

Dessa forma, duas variáveis se sobressaem na experimentação para o ensino de Química. Na primeira, a visualização de um fenômeno químico a olho nu pode facilitar a aprendizagem ou compreensão do fenômeno estudado de um ponto de vista macroscópico. Na segunda, de caráter mais subjetivo, a motivação derivada da visualização do experimento pode despertar o estudante, comprometendo-o ainda mais com sua aprendizagem. Um estudo realizado por Santos e Schnetzler (1996) com professores de Química obteve como principal resultado a importância da inclusão da experimentação, a fim de legitimar o caráter investigativo dessa ciência e a própria função pedagógica que desempenha no auxílio ao estudante na compreensão dos fenômenos químicos.

Em virtude dessas considerações, julgamos relevante uma abordagem em que coexistam aulas teóricas e práticas como meio de promover a compreensão dos conteúdos químicos, pois, como Giordan (1999) assinala, essa pode ser uma forma dinâmica para tornar o próprio ensino de Química mais atraente. Esse ensino deve despertar o interesse dos estudantes, deve ser motivador, lúdico e inicialmente ligado aos sentidos. Deveríamos nos tornar protagonistas de um ensino que privilegie a fusão de aulas teóricas e práticas para a potencialização do processo de ensino e de aprendizagem em Química, promovendo assim a transição entre os três níveis essenciais para a compreensão do conhecimento químico.

5.2 AS CONCEPÇÕES DOS PROFESSORES SOBRE OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DA QUÍMICA

A questão relativa às formas de representação do conhecimento químico não poderia ficar fora de nosso enfoque. Nesse sentido, as três formas de representação da Química: o nível macroscópico, microscópico e o simbólico, foram contextualizadas para os três professores. Após a contextualização sobre esses níveis, questionamos os professores acerca da relevância em fazer a distinção e relação entre os níveis de representação no ensino de Química. Também questionamos em qual dos níveis a Química era comumente ensinada ou se abrigava ambos os níveis de representação. E por fim, questionamos qual seria o nível mais difícil para ensinar e aprender Química no Ensino Médio. Essa categoria está diretamente relacionada ao objetivo específico, que visa identificar como os professores de Química

estabelecem relações entre os níveis de representação macroscópico, microscópico e simbólico nas aulas de Química.

Na opinião dos professores Alfa e Beta, é interessante fazer a relação e a distinção entre os três níveis de representação no ensino de Química. O professor Alfa diz que se trabalha na escola com os três níveis, admite, porém, que o nível microscópico e o simbólico são os níveis mais explorados no ensino de Química. A investigação realizada por Santos e Schnetzler (1996) agrupou também as principais considerações dos professores de Química em relação à importância de o ensino englobar aspectos do nível macroscópico e microscópico concomitantemente, a fim de facilitar a compreensão em relação entre estes níveis. Mas em relação ao nível simbólico nada foi apontado pelos professores, conforme os autores desse estudo. Já o professor Beta afirmou que costuma relacionar o nível macroscópico com o nível microscópico aplicando-os no cotidiano do estudante. Principalmente quando trabalha o conteúdo de estequiometria, faz o estudante pensar quanto é um mol⁶⁸ de banana ou um mol de arroz, pois os estudantes “[...] têm que entender que um mol é uma quantidade infinitamente grande, mas, em outras circunstâncias, pode ser muito pequena” (PROFESSOR BETA).

Em nosso entendimento, seria valioso os professores explorarem o ensino de Química nos três níveis de representação do conhecimento químico. Porém, conexões entre o nível macroscópico (como o professor Beta relatou), que é o nível em que o estudante possa identificar a Química no contexto em que está inserido, pode ser o primeiro movimento para construir um ensino de qualidade, isto é, que esteja conectado à realidade dos estudantes. Gabel (1993) destaca ser insuficiente fazer relação entre os níveis de representação no ensino de Química, se os fenômenos estudados não forem relacionados e aproximados à vida cotidiana dos estudantes. E nesse aspecto parece que o professor Beta atinge parcialmente os quesitos que são importantes para a formalização da aprendizagem em Química. A narrativa do professor Gama, contudo, apresentou divergências nessa questão. Inicialmente, mencionou que é possível estabelecer a relação entre os níveis de representação e que faz toda a diferença efetuar esta distinção:

[...] é possível estabelecer a relação entre estas três formas de representação. Quando o estudante aprende é porque ele fez uma interação entre o nível empírico (macroscópico), que ele traz de casa, com o nível microscópico e simbólico, quando essa associação for feita, com certeza o estudante está aprendendo (PROFESSOR GAMA).

⁶⁸ Para identificar o número de partículas em uma amostra, foi criada a grandeza denominada quantidade de matéria, e a unidade de medida é o mol.

Contudo, no transcorrer da narrativa, Gama se contradiz: “[...] talvez essa diferenciação não represente um ganho para os 35 estudantes de uma sala de aula, mas aquele estudante que assumir uma carreira dentro da área das Ciências Naturais vai precisar conhecer este mundo”, do contrário, esse estudante chegará defasado à Universidade.

Quando os professores foram questionados sobre qual dos três níveis seria o mais difícil para o ensino e para a aprendizagem, a resposta foi unânime: o nível microscópico. Na opinião do professor Alfa, o nível microscópico é a forma de representação mais difícil para o estudante aprender, porque “esse é o nível que eles têm que imaginar e interpretar”. Em continuidade, Alfa diz: “[...] a gente teria que ter alguma coisa que pudesse simular o ensino nos três níveis”. Essa narrativa apenas confirma nossa hipótese inicial, isto é, de que o professor Alfa não considera os recursos digitais, tais como programas computacionais, a internet, o YouTube⁶⁹, bem como de aulas experimentais; espaços ou oportunidades essas, que seria possível o ensino de Química transitar entre essas formas de representação.

Já o professor Gama, com o intuito de promover uma melhor compreensão do nível microscópico por meio de recursos concretos, emprega um material didático chamado “kit de construção de moléculas” (modelo varetas e bolinhas). Contudo, tem por hábito alertar seus estudantes para não saírem do Ensino Médio achando que o átomo “[...] é uma bolinha e que tem corpo”. Embora o alerta, ressalta que os estudantes saem da oitava série com essa concepção inadequada sobre o átomo.

As concepções dos professores a respeito das formas de representação do conhecimento químico parecem convergir com a literatura; o nível que concentra a maior dificuldade, tanto para o ensino quanto para a aprendizagem, é o nível microscópico, por essa representação ser invisível e abstrata (WU; SHAH, 2004; GIORDAN; GÓIS, 2005; POZO; CRESPO, 2009). Convergem também com a literatura quanto à relevância para o ensino valorizar a transição entre os três níveis de representação do conhecimento químico. Vale destacar apenas a divergência do professor Gama, que, no seu discurso, ora demonstra otimismo na relação e diferenciação dos níveis de representação, ora salienta que a distinção entre os três níveis talvez não implique um ganho para turmas com 35 estudantes.

Poderíamos ter aprofundado tal divergência para atenuar essa questão. No entanto, considerando a dificuldade em agendar novas entrevistas com os professores, a referida questão fica aberta. A origem dessa divergência pode ser a própria situação de exposição à qual o professor é submetido, pois talvez não seja uma prática comum os professores de

⁶⁹ O YouTube é uma plataforma que qualquer usuário do ciberespaço pode compartilhar vídeos em formato digital, que ficarão disponíveis para visualização.

Ensino Médio serem convidados a participar de entrevistas que resultarão em posteriores estudos. A respeito da exposição, importa destacar que os professores Beta e Gama inicialmente ficaram um tanto desconfortáveis com a entrevista, mas, logo em seguida, a partir de um maior entendimento dos objetivos da pesquisa, passaram a demonstrar bastante empenho em colaborar.

5.3 ENSINO DE ISOMERIA GEOMÉTRICA

Através da familiarização da pesquisadora com o ambiente de pesquisa e a partir dos primeiros contatos com os professores participantes da pesquisa, tornou-se visível o embotamento do ensino de isomeria geométrica na escola, principalmente em decorrência da redução da carga horária da Química nos últimos anos. Conforme já descrito no item 3.3, o currículo do Ensino Médio é forjado na ordem cronológica estipulada pelos PCN através de eixos temáticos.

Uma vez que o conteúdo de isomeria geométrica encontra-se no oitavo eixo temático, o penúltimo deles, justifica-se a alegação dos professores quanto à falta de tempo. Essa categoria está diretamente relacionada ao objetivo geral, que visa investigar as possibilidades de uso dos programas de simulação computacional no campo de isomeria geométrica na escola pública, bem como ao objetivo específico, cuja intenção é verificar se os professores de Química usam recursos tecnológicos digitais no ensino desse conteúdo.

Ao resgarmos a narrativa do professor Alfa sobre o efeito cumulativo que a redução da carga horária provocou, percebemos que o conteúdo programático do primeiro ano é finalizado na metade do segundo ano. Por consequência, o conteúdo do segundo ano é finalizado na metade do terceiro ano e, assim, o conteúdo programático do terceiro ano é pouco trabalhado. Em outras palavras, no conteúdo programático do terceiro ano, são dadas apenas “pinceladas”, o que fornece ao estudante apenas uma noção superficial da Química Orgânica. Mesmo diante dessa constatação, optamos por realizar nossa pesquisa direcionada ao ensino de isomeria geométrica, levando em conta que, em nosso estudo, estamos iluminando uma situação, um cenário, e não temos a pretensão de generalizar. Nesse sentido, sabemos que existem outras realidades e contextos bem diferenciados.

No ensino da rede particular⁷⁰, a carga horária semanal é via de regra superior à carga horária do ensino público, e o ensino de Química é contemplado numa amplitude temporal maior.

Cabe reiterar que selecionamos também o conteúdo de isomeria geométrica porque tanto o ensino quanto a aprendizagem desse conteúdo podem ser facilitados com o uso dos recursos tecnológicos digitais, principalmente em razão das peculiaridades já apontadas no item 3.3.1. Em resumo, a tecnologia digital no contexto de ensino e aprendizagem em Química é relevante porque auxilia na criação de modelos representacionais para os fenômenos estudados. Outro componente a destacar (novamente) é que o ensino de isomeria geométrica envolve basicamente o nível microscópico de representação da Química, o que, na opinião de Raupp (2010), pode explicar a dificuldade de compreensão desse conteúdo; e o uso da tecnologia digital para multiplicar as formas de representação ou de visualização desse conteúdo pode então ser decisivo.

Perguntamos aos professores de Química se nos últimos anos eles têm empregado alguma estratégia para ensinar isomeria geométrica ou percebido alguma reformulação no currículo, o professor Beta categoricamente afirmou não ter havido nenhuma mudança na reformulação do currículo e diz que “[...] quanto às estratégias, a gente utiliza todas as armas que dispõe”, mas não deixa claro quais seriam. Apenas deixa explícito que, no conteúdo de ligações químicas, trabalha com bolinhas de isopor e palitos para representar as ligações. Nesse sentido, o discurso do professor Beta praticamente não se relaciona ao ensino de isomeria geométrica.

O professor Gama relata que faz algum tempo (em torno de 5 anos) que não trabalha com o ensino de isomeria geométrica, mas, quando trabalhava, costumava utilizar um kit de construção de moléculas, já citado no item anterior, 5.2. Segundo o professor Gama, a finalidade do emprego desse material didático para o ensino de isomeria é a de que os estudantes conseguem entender com maior facilidade o conteúdo de isomeria geométrica. Vale destacar que a escola possui esse material didático (kit de construção de moléculas) há alguns anos. Gama ressalta que emprega esse material didático desde que se formou (há quase 30 anos) e que não se trata de nenhuma novidade ou nova estratégia. Na sua narrativa, Gama menciona que costumava relacionar o conteúdo de isomeria geométrica com o dia a dia dos

⁷⁰ Tivemos acesso ao projeto político-pedagógico de uma escola da rede privada, e constatamos que a carga horária para o ensino de Química é superior ao da rede pública. Maiores informações podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <http://www.ucs.br/site/midia/arquivos/Reuni%C3%A3o_de_Pais__3%C2%AA_s%C3%A9rie.pdf>. Acesso em: 09 maio. 2013.

estudantes, com os tipos de substâncias usadas no cotidiano. Ao final, Gama questiona a pesquisadora: “e agora eu te pergunto, tem algum programa para construir moléculas?”.

A partir do questionamento do professor Gama, a pesquisadora fez uma breve contextualização dos programas disponíveis que permitem a criação de moléculas com precisão de ângulo e com excelente dimensão espacial, informando-o de que estes se encontram gratuitamente na rede mundial de computadores. Também mencionou a existência de algumas barreiras para o uso desses programas, como, por exemplo: i) a maioria encontra-se no idioma inglês; ii) o sistema operacional deve ser Windows e não Linux⁷¹, sendo, que a maioria das escolas dispõem apenas do sistema operacional Linux. No entanto, na escola cujas entrevistas foram realizadas os dois sistemas operacionais (Windows e Linux) estão disponíveis.

Já para o professor Alfa o conteúdo de isomeria química está perdendo espaço, em face das diversas realidades visualizadas na escola. Um exemplo disso é que, devido à falta de tempo, tem turmas do terceiro ano do Ensino Médio que estão abordando o conteúdo de isomeria geométrica, porém, na escola, quando se chega a esse conteúdo, ele é trabalhado em nível de definição e identificação, mas existem turmas de terceiro ano que ainda nem iniciaram o conteúdo de Química Orgânica. Alfa discorre: “[...] veja bem, já estamos em novembro”. Para o ensino de isomeria geométrica, o professor Alfa também emprega o material didático (kit de construção de moléculas) e costuma explicar onde são usados os isômeros trabalhados. O professor Alfa explica que nunca empregou a tecnologia digital (nem mesmo pesquisa na internet) para o ensino desse conteúdo.

Questionamos os entrevistados a respeito de como os estudantes costumam se preparar para as provas e para os trabalhos relacionados à isomeria geométrica. Os professores Alfa e Beta relatam que os estudantes costumam se preparar para as provas estudando apenas pelo livro que possuem e pelo caderno. O professor Alfa diz que ainda incentiva os estudantes a pesquisarem na internet, no YouTube, mas confessa que são poucos os estudantes que buscam informações; a maioria se restringe ao uso do livro e do caderno que tem em casa. O professor Beta até destaca que existem alguns estudantes que usam a internet para se preparar para as provas. Acrescenta, porém, que são exceções.

As narrativas dos professores de Química indicam que os estudantes praticamente não usam a tecnologia digital, seja para se prepararem para as provas, seja para estudar

⁷¹ Conforme o professor Alfa é comum as escolas públicas possuírem o sistema operacional Linux por ser gratuito, enquanto que o sistema operacional Windows é pago. Santos, Wartha e Filho (2010) confirmam que a maioria das escolas públicas utiliza o sistema operacional de uso livre (Linux).

qualquer conteúdo programático do currículo de Química. Alfa reconhece que os estudantes praticamente não usam as TICs e admite não estar preparado para orientar os estudantes a respeito das melhores fontes nas quais procurar informações a respeito da isomeria geométrica. Já o professor Beta é enfático ao ressaltar que o emprego da tecnologia digital “[...] é praticamente nulo na isomeria”, e frisa que os estudantes empregam a tecnologia digital na isomeria geométrica apenas se os professores levarem os estudantes para o LI para realizar pesquisa na internet.

Por esse ângulo, podemos concluir que o uso da tecnologia digital, mais precisamente de computadores no ensino de isomeria geométrica, é praticamente nulo. O professor Gama diz que a grande maioria dos estudantes estuda com o caderno e uma parte deles pesquisa na internet. Entretanto, destaca que existe uma parcela dos estudantes que simplesmente não estuda, seja por meios convencionais, seja na internet. Contudo, destaca que, a partir do incentivo do professor, os estudantes passam a realizar buscas, pesquisas na internet, em suas casas, pois a maioria dispõe desse recurso em domicílio. Assim sendo, a afirmação de Gama de que “os estudantes simplesmente não estudam” deve ser relativizada, pois ele próprio afirma que se o professor incentiva os estudantes a pesquisarem na internet, boa parte deles responde afirmativamente.

Ao questionarmos os professores de Química se a maior dificuldade em relação ao conteúdo de isomeria geométrica concentrava-se no ensino ou na aprendizagem, as respostas foram contraditórias. O professor Alfa afirmou que os estudantes não apresentam muitas dificuldades com relação ao conteúdo de isomeria geométrica; ao contrário, quando o professor consegue trabalhar os conteúdos de Química Orgânica, os estudantes os consideram fáceis e é onde conseguem melhorar suas notas. O grande “bicho-papão” dos estudantes na Química é o conteúdo de estequiometria, porque eles não conseguem fazer associações, complementa Alfa. Já na opinião dos professores Beta e Gama, os estudantes têm dificuldade de aprender e acham difícil o conteúdo de isomeria geométrica. O professor Beta argumenta que é difícil aprender isomeria geométrica “[...] porque, para eles, é a mesma molécula, mesma fórmula [...]”. De outro lado, o professor Gama acredita que o conteúdo de isomeria geométrica é difícil para ensinar e para aprender. A dificuldade em relação a esse conteúdo, para Gama, advém do fato de a isomeria geométrica ser “[...] subjetiva e microscópica e por estar dependente de muitos conteúdos e conceitos que já foram estudados”.

Em relação à divergência das narrativas dos professores de Química quanto à dificuldade de ensinar ou de aprender o conteúdo de isomeria geométrica, quando Alfa declara que os estudantes não apresentam dificuldade na aprendizagem desse conteúdo, talvez

se refira a alguns conteúdos pertencentes à Química Orgânica, e não exclusivamente à isomeria geométrica. Essa é mais uma questão que deixamos em aberto em nossa pesquisa pelos mesmos motivos apontados no item 5.2. Um estudo que se compõe de interlocutores (teóricos e) empíricos, nesse caso três professores de Química, sem dúvida, está sujeito à emergência de divergências. Porém, deixando isso de lado, pretendemos finalizar essa categoria ressaltando aspectos que, em nosso ver, são decisivos no emprego da tecnologia digital tanto no ensino quanto na aprendizagem de isomeria geométrica.

Se considerarmos o fato de que, para diferenciar os isômeros geométricos, é necessário transformar as fórmulas moleculares em estruturas tridimensionais e compará-las a duas ou mais estruturas isoméricas a fim de estabelecer as diferenças entre as estruturas *cis* e *trans*, os programas computacionais desempenham um papel substancial na diversidade de representações, bem como na representação em três dimensões. Um resultado expressivo, oriundo do emprego de ferramentas tecnológicas digitais no ensino de isomeria geométrica, foi apontado num estudo de Raupp, Serrano e Moreira (2009). O estudo objetivou investigar o impacto do uso de programas na compreensão dos níveis de representação da Química, bem como as representações bidimensionais e tridimensionais com estudantes de graduação em relação ao conteúdo de isomeria geométrica. Foram realizados pré e pós-testes, resultando em três etapas distintas. E segundo Raupp, Serrano e Moreira (2009, p. 74), “de forma geral, o resultado da aplicação em seis estudantes universitários voluntários foi extremamente satisfatório”.

Na primeira etapa, os estudantes foram convidados à resolução de problemas compostos por três questões sobre isomeria geométrica. Os materiais disponíveis para essa etapa eram: folhas de desenho, borrachas, um conjunto de lápis e canetas hidrográficas com 12 cores e régua para desenhar as estruturas isoméricas propostas. Na segunda etapa, os estudantes foram instruídos a respeito de como utilizar o programa computacional (ChemSketch). Os estudantes tomaram conhecimento de algumas possibilidades do referido programa, como a conversão de estruturas bidimensionais para a forma tridimensional, as opções de visualização das estruturas⁷² e a interface do programa, que permite a coexistência de duas janelas (na tela do computador) para a mesma molécula. Posteriormente à explanação do programa, os estudantes desenharam isômeros⁷³ que variavam em complexidade (de

⁷² As estruturas tridimensionais podem ser representações em diferentes esquemas. Esses esquemas já foram apresentados no item 3.3.1, em relação à Figura 9.

⁷³ O detalhamento da segunda etapa, bem como de todo o trabalho, pode ser conferido no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1_a2009.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2012.

formas mais simples até formas complexas). Por fim, na terceira etapa, sem o uso do programa e com o uso dos mesmos materiais da primeira etapa, os estudantes desenharam novas estruturas isoméricas.

É relevante mencionar o fato de que, para discussão do estudo, os autores avaliaram detalhadamente apenas o desempenho de um dos estudantes. Com isso, vamos tratar minuciosamente de cada aspecto da performance desse estudante. Na interpretação e análise dos resultados Raupp, Serrano e Moreira (2009)⁷⁴ avaliam que, na primeira etapa, o estudante representou os isômeros utilizando apenas a fórmula bidimensional e em nenhum momento o estudante tentou representar tridimensionalmente as estruturas. Entretanto, os autores destacam que, na terceira etapa, após o uso do programa computacional, o estudante foi capaz de desenhar estruturas em três dimensões com muita perfeição. Aliás, ressalta-se que, para chegar à estrutura final, o estudante fez uso de todas as possíveis representações em duas dimensões. Os autores explicam que o conceito de isomeria geométrica está fortemente vinculado à realidade, porque depende da capacidade do estudante em representar internamente⁷⁵ estruturas tridimensionais, fazendo assim a distinção entre estruturas *cis* e *trans*. A análise do resultado indica que, na primeira etapa, o estudante parece não apresentar esta capacidade de representação interna para desenhar estruturas tridimensionais, contudo, após o uso do programa computacional, o estudante é capaz de passar das formas bidimensionais para as tridimensionais e inversamente, e desenhar corretamente as estruturas moleculares propostas.

No entender de Raupp, Serrano e Moreira (2009, p. 76), foi justamente pelo uso do programa computacional que o estudante adquiriu “[...] a competência representacional necessária para que evoluísse naquele campo conceitual de forma plena [...]” atingindo altos níveis de representação em relação às formas de representar as moléculas em estudo. O estudante também consegue imaginar melhor as “nuvens eletrônicas”⁷⁶ (grifo dos autores), e

⁷⁴ Para avaliar a evolução nas representações dos estudantes, os autores se guiaram pela Teoria dos Campos Conceituais – proposta por Gerard Vergnaud. Essa teoria apresenta um vínculo explícito entre as representações e o conceito. As representações são tratadas como um conjunto de linguagens que possibilitam representar simbolicamente o conceito, bem como suas propriedades.

⁷⁵ Raupp, Serrano e Moreira (2009), à luz de seus referenciais teóricos, defendem que, através da visualização externa, que emprega o uso de modelos representados por percepção visual, é que somos capazes de internalizar essas visualizações e ulteriormente externá-las. Em outras palavras, a visualização na Química é fundamental, porque, a partir de uma representação visual (visualização externa), conseguimos internalizar essas representações visuais, representando-as mentalmente para, posteriormente, emitirmos uma nova representação externa.

⁷⁶ A área do espaço gerada pelo movimento dos elétrons ao redor do núcleo atômico é denominada de nuvens eletrônicas.

essa é uma peculiaridade que interfere diretamente na geometria da molécula, isto é, auxilia na visualização da molécula devido à distribuição eletrônica.

Diante disso, pode-se afirmar que o emprego de ferramentas computacionais no ensino de isomeria geométrica tem sim o potencial de elevar o nível nessa área, em razão da alta qualidade das representações tridimensionais que podem emanar da exploração dessa ferramenta computacional.

5.3.1 A (des)conexão do ensino de isomeria geométrica do cotidiano

Alguns pesquisadores da educação Química, como Santos e Schnetzler (1996) e Chassot (2004), alertam para as consequências de um ensino de Química desconectado da realidade. Segundo esses autores, as consequências levam a um ensino que “não serve para nada” (SANTOS; SCHNETZLER, 1996, p. 33), literalmente inútil (CHASSOT, 2004). Após uma breve contextualização das ideias dos autores antes referidos, é que questionamos os professores acerca das possibilidades de aproximar o ensino de isomeria geométrica do contexto dos estudantes.

Seguindo-se essas considerações, o professor Alfa argumentou que, como a maioria dos estudantes não tem noção do que desejam para o futuro, o ensino de isomeria só agregaria algo se o estudante fosse cursar uma área que requer esse conhecimento, caso contrário, ele iria achar o conteúdo de isomeria geométrica um conhecimento inútil. O professor Alfa sugere que o ensino deveria ter uma separação, um direcionamento para cada área de conhecimento. Por exemplo, se o estudante for cursar uma graduação que necessita de conhecimento químico, em especial de isomeria geométrica, como Engenharia Química, Química, Medicina, torna-se imprescindível aprender esse conteúdo, de outro modo, não é necessário o estudante ter esse conhecimento. A narrativa do professor Alfa captura um aspecto da proposta da Secretaria da Educação do Estado do Rio Grande do Sul (2011, p. 11) relativamente ao Ensino Politécnico, o qual visa “[...] construir um currículo que contemple ao mesmo tempo as dimensões relativas à formação humana e científico-tecnológica, de modo a romper com a histórica dualidade que separa a formação geral da preparação para o trabalho”. Em outras palavras, essa proposta de ensino prevê uma organização e integração das áreas de conhecimento a fim de proporcionar uma formação coetânea com a necessidade do mercado de trabalho. Isto é, o professor Alfa apresenta uma concepção convergente daquela expressa na proposta do Ensino Politécnico.

Já o professor Beta ressaltou que, no período (ano de 2012) em que foi realizada a entrevista, não estava trabalhando com o terceiro ano, conseqüentemente não trabalharia o conteúdo de isomeria geométrica. Porém, quando trabalha esse conteúdo, costuma direcioná-lo ao cotidiano do estudante, relacionando a isomeria geométrica, por exemplo, a alguns medicamentos genéricos. Beta afirma categoricamente a inviabilidade de separar a Química do dia a dia dos estudantes.

A narrativa do professor Gama nos fornece um panorama geral do ensino de Química. O professor competente consegue relacionar a Química com o dia a dia dos estudantes. Um exemplo disso foi uma aula que antecedeu nossa entrevista, em que esse professor abordou os hidrocarbonetos (um dos conteúdos da Química Orgânica), quando foram estabelecidas conexões com os principais combustíveis utilizados. Gama também empregou uma manchete do *Jornal Zero Hora*⁷⁷ e uma redação do Enem (Exame Nacional do Ensino Médio)⁷⁸ para aproximar assuntos corriqueiros com a Química. Gama segue argumentando que o professor é que tem que estar conectado e fazer com que os estudantes compreendam a Química nos acontecimentos do cotidiano. “Agora, se eu tiver que dar uma aula de isomeria e não fizer relação com o dia a dia dos estudantes, eles não vão entender nada. E isso acontece com uma grande quantidade de conteúdos que são estudados” (PROFESSOR GAMA). A mensagem que Gama nos deixa parece tão sensata quanto direta; o ensino, seja de isomeria geométrica ou outros conteúdos programáticos, deve ser abordado articuladamente com o contexto dos estudantes, para que eles compreendam as características do mundo que os rodeia. Pozo e Crespo (2009, p. 139) acrescentam que “[...] a Química é algo tão presente em nossa vida diária, muito mais familiar do que a maioria pensa”. Então, seria no mínimo temerário deixar de promover, permanentemente, a fusão do ensino de Química com o contexto dos estudantes.

Nesse sentido, o processo de ensino e aprendizagem de Química que considera essa condição fomenta um ensino que instiga o estudante a analisar e interpretar o mundo em que vive. Pozo e Crespo destacam ser imprescindível a compreensão de algumas características:

[...] as diferenças entre sólidos, líquidos e gases; por que um cubo de gelo derrete; como se propaga um cheiro por um quarto quando, por exemplo, um vidro de perfume quebra; por que o mercúrio do termômetro dilata quando a temperatura aumenta; como arde o gás butano contido no interior de um isqueiro; e por que o vidro de uma janela embaça quando se aproxima uma chama; além de muitas outras coisas que seria impossível enumerar” (2009, p. 139).

⁷⁷ Não questionamos o professor Gama sobre qual manchete tratou durante a aula.

⁷⁸ Não questionamos o professor Gama sobre qual temática do Enem que fez essas relações.

Finalizamos a presente discussão com uma expectativa otimista: que o ensino seja abordado por esse viés com o fim de promover a compreensão e entendimento do mundo material em consonância com a aprendizagem de Química deixando assim resultados duradouros. E como bem pontuam Cardoso e Colinvaux (2000), por mais que um alto índice de estudantes afirmem gostar de Química, os mesmos ainda não entendem ou simplesmente não construíram uma relação sólida da Química com seu cotidiano. Em resumo, a condição fundamental para que o conhecimento químico faça sentido para os estudantes é obtida da relação com o cotidiano. Isso, conforme as autoras, aproxima o conhecimento químico adquirido na escola com a vida social e profissional, diluindo assim a barreira existente entre o conhecimento escolar e o contexto social.

5.4 “ISSO QUE ELES SÃO DIGITAIS”

De agora em diante, passamos a abordar as categorias que emergiram das entrevistas com os professores de Química. A primeira categoria emergente, que trata dos estudantes do Ensino Médio, os nativos digitais e suas características, foi um dos alicerces de nossa entrevista. Entretanto, julgamos pertinente classificá-la como emergente, porque apresenta um antagonismo entre as narrativas dos professores e a literatura que caracteriza esse nativo digital. Isto é, os interlocutores teóricos e empíricos divergem.

Retomemos as características básicas dos estudantes que, conforme Prensky (2001), são nativos digitais: trabalham melhor ligados à rede de contatos, sentem-se à vontade em realizar múltiplas tarefas, preferem aprender fazendo, descobrindo, possuem vocação para a exploração. Entretanto, quando questionamos os professores sobre as características dos estudantes de hoje, apoiados no referencial citado e em Moraes (2002), que acrescenta ser o grande desafio da sociedade atual a formação de indivíduos críticos, criativos e autônomos, os professores Alfa e Gama são enfáticos ao afirmar que os estudantes de hoje não são mais críticos se comparados com os estudantes de alguns anos atrás, que seriam até mais questionadores e críticos.

O professor Alfa exemplifica dizendo que a escola está passando pela implantação do Ensino Politécnico, e “[...] mesmo esses estudantes sendo ‘cobaias’, eles não estão preocupados e não questionam nada”. Relata ainda que o estudante não tem noção do porquê está na escola, não questiona nada; sabe apenas que está na escola porque tem que passar por essa etapa, e que é obrigado. Já o professor Gama nos esclarece que os estudantes questionam apenas se for algo relacionando ao interesse deles, como, por exemplo, como será realizada a

avaliação do trimestre. Destaca que os estudantes não fazem muitas críticas e quanto menos tempo gasto, melhor “[...] hoje em dia é tudo muito superficial”.

No discurso inicial, o professor Beta afirma categoricamente que os estudantes de hoje são mais críticos, porém, no transcorrer da entrevista acrescenta:

Eles são muito críticos, a geração de hoje em dia está mais crítica, os estudantes não querem perder, mas não aprenderam a ganhar, eles estão muito críticos, só querem, querem e não dão nada em troca. Um exemplo disso é um trabalho recente que eu fiz sobre o lixo relacionado à Química e alguns estudantes não se empenham, não se envolvem, mas eles são críticos, eles sabem criticar a nota, sabem criticar isso ou aquilo (PROFESSOR BETA).

Aqui podemos explorar duas acepções de “crítica”. Na primeira, a acepção trivial, na qual “criticar” significa desqualificar algo, apontar defeitos, falhas. Encontramos em Houaiss, Villar e Franco (2001) que esta conotação de crítica, implica em depreciar, censurar e até ridicularizar algo ou alguém. Já na segunda acepção, na qual “criticar” significa apropriar-se dos argumentos do interlocutor, ampliá-los, completá-los (em parte, ou no todo) fazendo uma análise crítica de algo. Houaiss, Villar e Franco (2001, p. 875) nos ensinam que criticar é uma “atividade de examinar e avaliar minuciosamente tanto uma produção artística ou científica quanto um costume, um comportamento; análise, apreciação, exame, julgamento, juízo [...]”. Nesse sentido, o segundo tipo de crítica está diretamente relacionada a uma qualidade que emerge da apropriação de algo oriundo do convívio social, seguida da devolução do que foi apropriado, mas num estado superior de elaboração. Então, segundo o professor Beta, falta aos estudantes, exatamente o exercício dessa crítica.

Ainda segundo o professor Beta, essa criticidade (tomada no último sentido explicitado acima) pode ser explicada pela evolução da internet, pois existe uma vasta possibilidade de interação. Os estudantes têm bastante liberdade para falar e essa oportunidade é recente; então, Beta acredita “[...] que a internet veio para deslanchar o conhecimento”. A criticidade dos estudantes, assinalada por Beta, não está ainda voltada à sua aprendizagem. Talvez seja necessário eles (os estudantes) aprenderem pelas mãos do professor e da escola a serem mais críticos, tanto em relação ao processo de ensino e aprendizagem (no seu processo de formação) quanto nos assuntos referentes à sociedade em geral. Um meio de chegar a isso seria passar a aceitar o fato de o professor ensinar e aprender junto com seu estudante, ajudando-o a pensar ao mesmo tempo em que ele mesmo pensa e elabora suas ideias. Mas esse duplo processo tem que ser percebido pelos estudantes. Além disso, na sociedade da informação, é gerado um dilúvio de informações e, como bem aponta

Schlemmer (2006, p. 37), “a informação está na internet, em grande quantidade, mas o conhecimento não; ele depende do sujeito, a partir das relações que estabelece entre o que conhece, a nova informação e a problemática que precisa ser solucionada”. É incontestável o fato de que atualmente tanto os estudantes como nós (os professores) sejamos bombardeados por inúmeras informações e, como Pozo e Crespo (2009) alertam, as informações chegam a produzir uma *saturação informativa*, pois nem é necessário procurar pela informação; é a informação que nos encontra.

O acesso ao dilúvio de informações que o ciberespaço abriga pode provocar a ascensão da desordem. Logo, é nesse momento que os professores têm a oportunidade de orientar os estudantes a navegarem conscientemente pelo ciberespaço e não se “afogar” no excesso de informações, boa parte das vezes desnecessárias. Cabe ao professor alertar o estudante de que, se por um lado a aprendizagem está vinculada à capacidade de buscar informações em decorrência da rapidez que os conhecimentos são produzidos e disponibilizados, por outro lado, é necessário ter coerência na seleção de informações pertinentes. Kastrup (2000) entende que isso faz parte da formação e da sensibilidade que tanto o professor quanto os estudantes deveriam desenvolver. Poderíamos dizer, em consonância com Pozo e Crespo (2009, p. 24), que os estudantes “[...] precisam não tanto de mais informação (embora possam precisar também disso), mas, sobretudo, de capacidade para organizá-la e interpretá-la para lhe dar sentido”.

Segundo os professores de Química, a cooperatividade é outra característica não cultivada no contexto escolar (em que a pesquisa foi desenvolvida). Dois professores⁷⁹ de Química relataram que os estudantes não têm facilidade para trabalhar em grupo. O professor Beta mencionou que os estudantes não estão habilitados para trabalhar em grupo e destaca: “[...] sempre dá racha, dá briga, eles não conseguem trabalhar em equipe, em grupo”. Na mesma direção dos apontamentos do professor Beta, Gama relatou que os estudantes têm dificuldade de trabalhar em grupo (para se reunir) e que eles não são nada cooperativos. Não gostam de fazer trabalho em grupo por vários motivos⁸⁰; preferem fazer os trabalhos de forma individual. No entanto, Gama não sabe se o desempenho dos estudantes seria melhor se realizassem os trabalhos individualmente.

Outro aspecto que emergiu diz respeito à capacidade de os estudantes produzirem trabalhos propostos pelos professores. O depoimento de Gama traduz coletivamente a opinião dos três professores de Química: “não conseguimos fazer o estudante produzir, é muito bonito

⁷⁹ O professor Alfa não comentou essa questão.

⁸⁰ O professor Gama não relatou exatamente quais seriam os motivos.

dizer que o estudante tem que saber fazer um trabalho, que o estudante tem que ser autor de sua pesquisa, que ele tem que produzir o seu material”. No entanto, conforme Gama, a escola tem que aprender a ser mais crítica e exigir mais dos estudantes, fazer com que eles estudem, e conclui dizendo que “[...] a escola não conseguiu ser crítica nesse aspecto”. O que se evidencia é que os estudantes fazem os trabalhos propostos pelos professores empregando de forma substancial a busca na internet, contudo, segundo eles relatam, o problema é que o procedimento não passa do “ctrl c” e “ctrl v”, ou seja, os estudantes produzem seus trabalhos só copiando e colando suas pesquisas da internet.

Os professores de Química demonstraram preocupação com a falta de empenho dos estudantes para fazer os trabalhos propostos. Tal preocupação está implícita na fala do professor Gama: “[...] às vezes notamos que eles copiam e colam, é tal e qual o que está na internet, eles não sabem qual o significado de uma pesquisa, a gente fala que isso é plágio, que não pode”. Há poucos anos, já fora mencionado pelos autores Pozo e Crespo (2009) que os estudantes têm cada vez menos interesse, conseqüentemente, aprendem menos, o que promove uma sensação de desassossego entre professores de Química frente aos limitados resultados provenientes de sua atuação docente.

A narrativa do professor Gama retrata exatamente o que os autores acima apontaram. Gama sublinha o descaso dos estudantes, a falta de empenho deles com o processo de ensino e aprendizagem. O professor Gama toma como exemplo uma situação em que foi solicitado aos estudantes um trabalho sobre polímeros, cuja orientação era de que poderiam usar qualquer recurso disponível (computador, retroprojeter) para apresentá-lo diante da turma. Poucos grupos se mobilizaram e aqueles que fizeram o trabalho empregaram o powerpoint, que nada agregou de novo. Os demais grupos não empregaram nenhum material alternativo e não produziram sequer uma apresentação. Os estudantes não questionaram a finalidade de nenhum plástico e, nas palavras de Gama, “[...] foi tudo muito arcaico, tudo no papel e na leitura e não fazendo muitas críticas, do tipo: para que serve determinado plástico, nada”. A questão levantada pelo professor Gama parece indicar a concepção de inovação conservadora, referenciada anteriormente (CYSNEIROS, 1999), afinal não é o uso dos recursos citados que irá melhorar o desempenho do grupo sobre o trabalho de polímeros, nem mesmo uma simples apresentação em powerpoint. Por esse motivo, devemos ficar atentos para não cair na “farsa” da inovação (conservadora, bem entendido). A inovação conservadora, lembrando, se refere a uma aula ou atividade que é realizada da mesma forma com ou sem o uso de recursos digitais. O que se pretende serem “mudanças significativas” são verdadeiramente apenas mudanças de aparências.

O professor Alfa relata que, quando os estudantes têm que fazer algum trabalho, “eles vão direto para internet e fazem ‘ctrl c’ e ‘ctrl v’”. A maioria dos estudantes só copia e cola e às vezes a gente pede alguma coisa e eles não têm nada para nos dar” (PROFESSOR ALFA). Já o professor Beta disse que cada professor tem seu método; ele costuma propor pesquisas direcionadas e acredita que isso não deixa margem para os estudantes copiarem e colarem. Diz que, quando recebe os trabalhos impressos, pesquisa no Google⁸¹, digita palavras-chave e já verifica se o estudante copiou ou se ele fez o trabalho. Com esse controle, caso o estudante tenha copiado da internet, recebe zero.

Schlemmer nos convida a pensar os motivos que levam os estudantes a copiarem e colar da internet os trabalhos propostos e nos faz refletir:

Será que um trabalho cujo conteúdo possa ser literalmente copiado da internet pode ser considerado um trabalho que mobiliza o sujeito a pensar, a refletir sobre a informação, a articular diferentes áreas do saber, a estabelecer relações para poder desenvolvê-lo? Ou será que é um trabalho que prioriza somente a informação? [...] será que não seria o momento de olharmos para a nossa prática, sobre o que solicitamos aos alunos, para então podermos entender as respostas que eles nos dão (2006, p. 37).

Os questionamentos de Schlemmer (2006) chamam a atenção para a espinha dorsal das propostas pedagógicas, seja na construção de um trabalho ou de apenas uma pesquisa na internet. Será que as propostas pedagógicas trazem latente em seu bojo um desafio; uma menção que remeta o estudante a produzir seu próprio material? Ou apenas induza-os ao “ctrl c” e “ctrl v”? Esses são alguns questionamentos que emergiram diante do contexto da pesquisa, mas não pretendemos aprofundar a discussão. Ela foi trazida aqui como modo de situar o leitor no contexto que emerge dos discursos dos professores entrevistados. Vale ressaltar que não temos a pretensão de discutir detalhadamente as metodologias empregadas pelos professores de Química, porque elas direcionariam para a atuação docente e esse não é foco de nosso estudo. O objetivo é, enfaticamente, investigar o uso de recursos tecnológicos digitais numa área específica do ensino de Química: a isomeria geométrica. E, por extensão, investigar um pouco do efeito desses recursos na transição entre os níveis de representação da Química.

⁸¹ O Google é um serviço on-line gratuito de busca instantânea na internet.

5.5 O TEMPO É A PRINCIPAL VARIÁVEL PARA O ENSINO DE ISOMERIA GEOMÉTRICA E PARA O USO DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Após todos os elementos postos em debate nas categorias precedentes, uma das citações mais expressivas nas narrativas dos professores se relaciona à limitação do tempo no ensino de Química. Desse modo, realizamos buscas nas narrativas dos três professores de Química na intenção de localizar as referências ao tempo como limitante para atividades como o uso do LI e do LQ, e a própria contemplação do conteúdo programático. O argumento “falta de tempo” apareceu reiteradamente nas narrativas dos três professores entrevistados:

“A falta de tempo é o principal agravante e nem permite a gente explorar essas ferramentas e chegar até o ensino de isomeria [...] nós temos toda uma estrutura de conteúdo que não dá tempo para realizar estas atividades” (PROFESSOR ALFA).

[...] mas o que falta é tempo, porque, para trabalhar no laboratório de química é necessário mais tempo, não é mais trabalhoso, apenas é necessário mais tempo. Tem práticas que eu aplico sobre diluição e, devido à falta de tempo, eu não consegui levar eles para o laboratório. Só a questão do tempo, eu precisaria de mais tempo para fazer tudo o que eu planejo. Eu gostaria que fossem três ou quatro períodos por semana. [...] agora vamos ver com este novo projeto político-pedagógico do Ensino Politécnico se vai sobrar ou faltar tempo (PROFESSOR BETA).

[...] neste ano, eu não vou trabalhar porque não tenho tempo [...] eles estão no conteúdo programático, apenas falta tempo para trabalharmos com esses conteúdos [...] tiramos porque não existe tempo hábil para trabalhar, não que não sejam importantes, [...] mas realmente não tem tempo. É, você já viu que o limitante é o tempo [...] (PROFESSOR GAMA).

O discurso dos professores em relação à falta de tempo é hegemônico, assim como as consequências que isso implica no contexto escolar, seja para conduzir os estudantes ao LI ou ao LQ, seja para chegar até o conteúdo de isomeria geométrica, mesmo “atropelando” alguns conteúdos previstos nos PCN. Portanto, é de fato uma questão que requer cuidado. Devemos, entretanto, prestar atenção para não deixar que o teor do discurso dos professores oculte toda uma gama de falhas e deficiências que ocorrem no processo de ensino e aprendizagem em Química. Por mais evidente que seja o estreitamento da carga horária para a Química no ensino da rede pública, é condição central para qualificação do processo de ensino e aprendizagem que o professor analise diariamente seu papel na sala de aula, como educador, e busque revigorar sua prática de modo a tornar-se o protagonista dessa realidade; esse protagonismo pode ocorrer (em diferentes níveis de intensidade) dentro do tempo disponível, seja ele qual for.

Ao final da entrevista com cada professor de Química, deixamos um espaço para que cada um acrescentasse (caso quisesse) algo que não foi abordado no decorrer da entrevista. Dessa forma, o professor Beta referiu-se à necessidade de o ensino de Química ter maior carga horária, assunto abordado nos parágrafos acima. O professor Gama acrescentou que a escola tem muitas respostas para dar, mas que ainda não temos essas respostas. Gama aponta serem muitos os fatores que devem ser melhorados; a questão do salário do professor, por exemplo, pois há professores que trabalham 60 horas semanais para se sustentarem dignamente e, trabalhando nos três turnos, não há condições nem de chegar em casa e cuidar de si (mesmo) e da família, quanto mais de preparar aulas com tranquilidade.

Cysneiros aponta alguns problemas que ocorrem frequentemente com o professor e que vão ao encontro do relato acima:

O professor encontra-se sobrecarregado com aulas em mais de um estabelecimento, falta-lhe tempo para estudar e experimentar coisas novas, recebe baixos salários. Em tais escolas, tenho encontrado pessoas ensinando matérias que não dominam, como também casos incipientes de alcoolismo e um semiabsenteísmo camuflado, com o professor evitando sempre que pode a sala de aula ou fazendo de conta que ensina, em parte resultado de um esgotamento profissional prematuro (1999, p. 12).

Gama recorda que já teve jornadas de 60 horas semanais de labuta, quando trabalhava no ensino da rede pública e da rede particular, e levanta particularidades de cada sistema de ensino. Na rede de escolas públicas, teve a oportunidade de testar muitas coisas que a rede particular não permite; o professor tem mais autonomia em relação a diferentes metodologias de ensino, o que não é facultado na rede particular. Contudo, aponta alguns erros da rede pública: “agora, com o Ensino Politécnico, é tudo de cima para baixo, e ninguém perguntou nada a nenhum professor da escola”. Em seguida, o professor Gama faz uma descrição emocionante que espelha bem o contexto escolar: confessa que, em 30 anos trabalhando com o ensino público, nunca foi convidado a pensar num projeto para a escola, para o ensino. Chega ao ponto de dizer que “o professor de escola pública parece que não existe [...]”, destacando que existem dois mundos, isto é, o da universidade, que está no topo; e o da escola pública, que está bem abaixo. Alerta também para a distância entre esses mundos, que está aumentando, criando um abismo entre eles. Completa seu depoimento dizendo que tem a impressão de que não há interlocução entre esses dois mundos, pois existem universidades que realizam seus vestibulares antes mesmo de o ano letivo acabar nas escolas da rede pública, e faz uma crítica: essa sistemática não permite que os estudantes respirem entre uma etapa e outra.

Por fim, o professor Alfa sugere que a instituição de ensino (em que esta pesquisa se originou) poderia ministrar ou propor minicursos a respeito do que é emergente da educação, como a questão da comunhão da tecnologia com o ensino básico, principalmente para os professores de sua geração, tendo em vista que Alfa considera-os mais veteranos (experientes). Demonstrou interesse em conhecer os resultados da atual pesquisa, pois, segundo ele, é comum a escola e os professores serem sujeitos de pesquisas, mas não conhecerem os resultados dos estudos.

Foi exatamente por perceber essa distância abissal entre o ensino superior e o ensino básico que selecionamos uma instituição da rede pública. Foi possível identificar as performances dessa escola; do ensino de Química (e de isomeria geométrica) e dos professores (entrevistados) o que nos permite confirmar a existência de um dualismo que afasta o ensino superior do ensino básico. A promoção dessa interlocução é, sem dúvida, a ambição de ambas as partes, escola pública e universidade. Nesse sentido, na conclusão, apontaremos meios para estreitar a distância e promover a aproximação entre esses mundos tão distintos e separados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada teve caráter exploratório e por isso não pode reivindicar nenhum tipo de generalização. As conclusões expostas nesta dissertação foram construídas a partir de uma abordagem qualitativa, oriunda da interpretação dos pesquisadores sobre o objeto de estudo. Os conhecimentos obtidos confirmaram algumas expectativas prévias, tais como a desconexão da escola pública com o avanço gradual da sociedade atual, no que diz respeito à evolução da tecnologia digital. Outra expectativa confirmada foi a que diz respeito ao escasso diálogo entre o ensino público e o universitário.

A problematização que originou a presente dissertação é a que segue: Como os recursos tecnológicos digitais (programas computacionais) podem ser usados na escola pública, no ensino de isomeria geométrica? Para elaborar uma resposta plausível a esse problema, iniciamos olhando para a sociedade atual e seus indivíduos com o fim de identificar suas características e necessidades no que se refere às tecnologias digitais. Esse olhar foi conduzido por consultas à bibliografia da área e também pelas falas de três professores entrevistados. Então, visto que a sociedade atual encontra-se mergulhada nas tecnologias digitais, seguramente corresponsáveis pela rapidez com que a sociedade evoluiu, dirigimos nosso olhar à escola pública com a finalidade de identificar como ela se adapta para atender às demandas desta sociedade. No transcorrer do trabalho, explicitamos também nossa concepção de ensino, identificando, a partir dela, as dimensões do conhecimento químico, as quais ajudam a compreender por que é tão difícil aprender Química. E, na tentativa de fazer um balanço sobre como a tecnologia digital pode ajudar o ensino de Química, selecionamos alguns estudos que empregaram aplicativos computacionais em apoio ao ensino de determinados conteúdos programáticos. Após, direcionamos nossa pesquisa ao ensino de isomeria geométrica, ressaltando algumas peculiaridades imprescindíveis na compreensão desse conteúdo. Destacamos também como os programas computacionais podem ser decisivos para o ensino do conteúdo em questão. Por fim, realizamos um estudo de caso em uma escola da rede pública de ensino com o objetivo de trazer à tona o contexto escolar e contrastar esse cenário com aquele apresentado pelos interlocutores teóricos convocados para este estudo.

Percorremos essa rota com o intuito de legitimar nossa pesquisa, destacando a onipresença da tecnologia na sociedade da informação para explorá-la no contexto escolar, subsidiados por duas premissas. A primeira: se as tecnologias digitais oferecem possibilidade de trabalhar em rede, de realizar múltiplas tarefas e os nativos digitais aceitam bem essa

possibilidade (PRENSKY, 2001), por que não tirar proveito disso no ensino – no caso deste estudo - de isomeria geométrica? A segunda premissa indica o potencial didático-pedagógico que pode derivar do emprego de ferramentas tecnológicas digitais para representação da Química abstrata (PAULETTI; CATELLI; 2012a) e da exploração dessas ferramentas na conexão entre os níveis de representação do conhecimento químico (nível macroscópico, simbólico e microscópico). A representação das formas abstratas da Química nos fornece uma variedade de representações que implicam um meio valioso de potencializar o ensino de Química e por extensão a aprendizagem (GABEL, 1993; WU; SHAH, 2004; FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011). Giordan e Góis (2005) já mencionaram que a construção de conceitos químicos encontra-se ligada aos modelos visuais que os estudantes têm contato durante o ensino de determinado conteúdo, assim a pertinência da exploração dessas ferramentas se acentua no ensino de Química e em especial de isomeria geométrica.

À luz desse cenário, através dos estudos examinados, percebemos a facilidade de transição entre os níveis de representação da Química quando essa exploração é mediada pelas TDs. O ensino de isomeria geométrica e outros conteúdos programáticos podem proporcionar ocasiões de participação ativa e resultar em atitudes positivas dos estudantes quando a tecnologia digital se faz presente (GIORDAN; GÓIS, 2005). Os recursos tecnológicos digitais, mais especificamente os programas computacionais, podem ser ferramentas decisivas no ensino de isomeria geométrica, como já demonstrado em pesquisas anteriores (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009; RAUPP, 2010), pois permitem a construção e visualização de representações de fenômenos químicos que são inacessíveis à percepção humana. A compreensão da isomeria geométrica é requisito essencial para a manipulação mental das representações espaciais. O estudo realizado por Raupp, Serrano e Moreira (2009) mostra que os estudantes possuem dificuldades em transitar entre os níveis de representação macroscópico, microscópico e simbólico, e esses mesmos autores sublinham a relevância da habilidade visuoespacial para transitar entre esses níveis. Essa habilidade também é responsável por promover transformações entre as formas de representação bidimensionais e tridimensionais e são peculiaridades fundamentais para a compreensão da isomeria geométrica. Os estudantes, conforme destacado nos estudos realizados, têm dificuldades para navegar entre as formas de representação do conhecimento químico, e isso é compreensível, dada a natureza inerentemente abstrata da Química. Diante disso, uma das conclusões de nosso estudo é que o ensino de isomeria geométrica requer fundamentalmente o uso de recursos modernos, tais como os programas computacionais. Justificando a expressão “fundamentalmente”, queremos dizer que é na possibilidade de representação das formas

abstratas da Química que o uso da tecnologia é decisivo no ensino de isomeria geométrica. A acessibilidade às ferramentas tecnológicas está praticamente garantida, pelo menos no contexto da escola em que realizamos nosso estudo. Naturalmente reconhecemos que as tecnologias não são o único caminho didaticamente válido para atingir uma compreensão química compatível com o que é sugerido pelos documentos oficiais, os PCN, por exemplo. Se fosse assim, não teria sido possível aprender isomeria antes do advento das tecnologias digitais, o que é notoriamente falso. O que defendemos aqui, respaldados pela voz dos autores consultados, é a efetividade no ensino de Química proporcionada pelas ferramentas digitais, aliada à acessibilidade e modernidade do recurso.

Na escola visitada há recursos mínimos que permite o estudo da isomeria geométrica efetivar-se pela via das TDs. Mas o ensino desse conteúdo não se concretiza, pelo menos não nessa escola em que realizamos o estudo de caso. Constatamos ainda que, nessa escola, o ensino de isomeria geométrica não se dá com a tecnologia digital e nem sem ela. Os professores apontam como razão principal a falta de tempo. O emprego da tecnologia digital é praticamente nulo em todos os sentidos, visto que o uso da tecnologia restringe-se praticamente à esporádicas buscas na internet. Além disso, o que se evidencia é que os professores desconhecem os programas computacionais que possibilitam a representação da Química abstrata e a transição entre os níveis de representação do conhecimento químico. O uso extremamente reduzido do laboratório de informática e do laboratório de química, espaços em que o ensino da Química poderia ser explorado em sua plenitude, colabora para impedir que os três níveis de representação sejam alcançados pelos estudantes. Com base na literatura consultada, relativamente ao ensino de isomeria geométrica, verificamos que ele se reduz basicamente à exploração dos níveis microscópico e simbólico (e isso é verdadeiro também para outros conteúdos programáticos da Química). Essa perspectiva não é novidade, ao contrário, a maioria dos trabalhos especializados na área indica que o ensino de Química nas escolas concentra-se na exploração apenas desses dois níveis, relegando a níveis muito baixos (e mesmo nulos) a exploração do nível macroscópico. E justamente uma maneira de também envolver o nível macroscópico consistiria na exploração do LI e do LQ, através de duas estratégias de ensino, que são; i) uso de programas computacionais; ii) aulas experimentais (PAULETTI, 2012). Porém, na contracorrente do que os estudos consultados demonstram, ambas as estratégias quase não são exploradas pelos professores de Química onde esta pesquisa foi realizada. Essa situação aponta para perdas significativas na qualidade do ensino de Química oferecido: o conteúdo de isomeria geométrica – por exemplo – poderia

estabelecer mais uma conexão com o real, abrindo-se assim o caminho para posturas mais críticas.

Neste momento, faz-se necessária uma parada para reflexão acerca do que essas posturas mais críticas por parte dos estudantes poderiam representar. Na perspectiva dos professores, os estudantes não apresentam características de nativos digitais, não no que concerne à escola, indicando um descompasso entre o perfil dos estudantes e as necessidades da sociedade da informação. Bianchetti (2001), com base em dados empíricos oriundos de uma empresa do setor de telecomunicações, elencou as crenças, angústias, necessidades e demandas para o mercado de trabalho que estão presentes na fala dos jovens em idade escolar. De acordo com os empregadores, uma demanda em especial não é atendida, ou seja, encontrar indivíduos com facilidade e capacidade de trabalhar em equipe. E um dos ambientes mais propícios à construção de uma postura crítica por parte dos estudantes é, sem dúvida, a escola. Esse é um papel predominante dessa escola que se caracteriza por ser uma entidade voltada à educação de jovens; e as tecnologias digitais podem – por que não? – serem vistas como mais uma oportunidade de concretização desse objetivo. Entretanto, por ora, essa parece ser apenas uma perspectiva otimista.

A autora, à luz da teorização elaborada, conclui que as condições para a exploração do conteúdo programático de isomeria geométrica, respeitadas as idealizações descritas na escola, estão dadas. Um grande número de investigações, diversas delas citadas nesta dissertação, atestam a validade do uso de programas computacionais para o ensino de isomeria geométrica. No entanto, as sucessivas reestruturações propostas vêm falhando sistematicamente. E qual é a avaliação dos professores consultados? O processo não é democrático. Pertinentemente, os professores entrevistados argumentam que, a cada governo que muda, mudam radicalmente as orientações. Configuram-se aqui políticas de governo em detrimento de políticas de estado, estas últimas de grande amplitude temporal. E no interior desses espaços de tempo mais generosos, perguntamos: haveria espaço para a elaboração de críticas fundamentadas? Haveria espaço para modificações e adaptações? Haveria, enfim, espaço para que um autêntico processo histórico de melhoria de ensino se instalasse? Um processo seguramente está em curso, mas em que medida ele é legítimo no que se refere à participação de todos os atores envolvidos?

No interior desse cenário, entreaberto pelas considerações dos professores entrevistados, há pelo menos um elemento adicional que valeria a pena mencionar. Apesar de a disponibilidade de recursos modernos no âmbito escolar ser condição essencial, não é condição suficiente. Não basta providenciar computadores com acesso à internet. E por que

não? Ocorre que, com excessiva frequência, fica caracterizada a chamada inovação conservadora. As práticas de sempre, bastante anteriores ao advento de tecnologias mais potentes de comunicação e informação, são cuidadosamente preservadas. Não há uma avaliação crítica do fazer pedagógico à luz desses novos recursos. Eles são integrados sim, mas dentro de um contexto já previamente estabelecido. Para exemplificar, o exercício da Química move-se (num movimento que se repete já há muitas décadas) no caminho da sequência ordenada dos conteúdos, e não na perspectiva de estruturação dos tópicos importantes, isto é, o compromisso que prevalece é o de “vencer o conteúdo”. Se considerarmos a quantidade crescente de informações (e boa parte dela é informação relevante) que está cada vez mais disponível, essa “vitória” não virá. Não há outra possibilidade (talvez ela nunca existiu): do ponto de vista estrito do conteúdo químico, só é possível e viável uma estruturação dos tópicos a ensinar partindo-se de uma perspectiva estruturadora e não enciclopédica.

Há uma lição, derivada da argumentação acima, que a reflexão sobre as TDs e o ensino de isomeria geométrica carrega: já vem de longa data a contestação à prática da pura e simples “transmissão de conteúdos”. Mas a prática vem sobrevivendo, de fato há muito longo tempo, por conta da “disponibilidade imediata” de conhecimentos “necessários” do professor-transmissor. Essa prática promoveu uma estanqueidade, uma disciplinarização excessiva do conhecimento. Hoje, com o acesso quase universal à informação, algumas coisas estão mudando. O estudante tende cada vez mais a escolher por ele mesmo o que lhe interessa “saber”, e a escola está à parte nesse processo; o estudante, cada vez mais, raramente busca no professor a satisfação de suas dúvidas. Mais conhecimento disponível implica ensinar mais? Não, talvez até pelo contrário. Uma maior abundância de informações exige proporcionalmente um pensamento crítico mais efetivo, um refinamento das capacidades de discernimento, uma propensão à avaliação crítica, uma predisposição ao diálogo. O professor-transmissor se vê assim; colocado à parte, nem por uma elaboração técnica que o exclua e menos ainda por um movimento social que aponte em outras direções. Então, pouco importando o “motor” que produz esse movimento, cabe resgatar urgentemente o ideal – a escola ideal, o professor ideal. E as TDs podem fornecer a “energia de ativação” necessária a esse movimento.

Nesse sentido, diante das narrativas dos professores, percebe-se que os movimentos da escola pública para atender às demandas da sociedade da informação são incipientes e desdobram-se de forma muito lenta. A proposta do professor Gama (blog de apoio ao ensino de Química), com certeza, é uma tentativa de sofisticação nas práticas pedagógicas,

entretanto, como relatado por ele mesmo, o acesso por parte dos estudantes é praticamente nulo.

Frente a um ideal de ensino oriundo das ideias de Vygotsky, concepção de ensino que adotamos para olhar o contexto escolar, o cenário hodierno nos fornece evidências desfavoráveis para o exercício dessa concepção, haja vista que, “por enquanto, a aula continua sendo mais tradicional (é o professor quem mais fala)” (PROFESSOR GAMA). Desse modo, a troca mútua entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem fica mais restrita, porque o professor é ainda o elemento central nesse processo. A interação, sem dúvida, é forjada nesse cenário, mas não na amplitude possível e desejável, caso o processo de ensino e aprendizagem não se concentre apenas no discurso do professor. As ferramentas empregadas nesse processo restringem-se às mesmas de décadas atrás: lápis, caneta, cadernos e livros (meios convencionais). Não há nada de errado com essas ferramentas, mas parece que a escola não evoluiu na medida em que não explora as potencialidades adicionais disponíveis no ciberespaço. Os aplicativos computacionais, que oferecem grande margem de interação e apresentam aderência frente aos nativos digitais, ainda são ferramentas praticamente inexploradas na escola.

Talvez uma falha ou desatenção coletiva esteja ocorrendo. A escola deve ser uma instituição sintonizada com os anseios da sociedade e formadora de estudantes protagonistas de suas aprendizagens, sendo responsabilidade dos professores coordenarem o processo de ensino e aprendizagem que conduza a essa sintonia. Uma das tarefas que a eles compete é sensibilizar e motivar⁸² os estudantes para a construção de seu conhecimento, seja ele oriundo de uma aula teórica, ou de uma aula experimental, ou seja qual for a forma, com ou sem o emprego das TDs. O que conta é (e sempre foi, supomos) construir conhecimento. Idealizemos que, em cada novo episódio (aula), os estudantes sintam-se engajados com suas aprendizagens, situando a Química envolvida tanto no contexto escolar quanto nos fenômenos cotidianos, em alguns deles, pelo menos. A necessidade imposta pela sociedade da informação, tal como referem Pozo e Crespo (2009, p. 24), é a de que os estudantes devam “[...] aprender a conviver com a diversidade de perspectivas, com a relatividade das teorias, com a existência de interpretações múltiplas de toda informação. E devem aprender a construir seu próprio julgamento ou ponto de vista a partir de tudo isso”. É relevante entender que a ciência do século 21 dilacerou qualquer certeza. Em outras palavras, vivemos num período em que a incerteza predomina, e mais, ela exige que a assumamos definitivamente

⁸² Analisando o projeto político-pedagógico da escola, uma das metas que se estipula é a de despertar o interesse e a motivação dos estudantes pelos estudos. Mas não fica explícito de que maneira fazer isso.

com todo seu potencial criador. Cabe à escola e aos professores ensinar essa ciência, assim mesmo, cada vez mais exposta à diversidade de perspectivas e cada vez menos depositária de certezas absolutas.

Por fim, queremos destacar algumas observações diretas da pesquisa aqui apresentada. A primeira se refere à exploração de alguns programas computacionais para construção de moléculas, pela autora desta dissertação, voltados ao ensino de Química. Num primeiro momento, foram feitos alguns *downloads*⁸³ de programas computacionais, optando-se pelos programas mais citados na literatura da área. Em seguida, iniciamos um trabalho de exploração e manuseio de cada programa computacional. Não podemos deixar de dizer que, dentre alguns programas examinados, que são classificados no *Journal of Chemical Education*⁸⁴ na categoria de construção de moléculas⁸⁵, a pesquisadora conseguiu domínio parcial apenas de um deles, e domínio completo somente de um aplicativo computacional. Apesar de existirem diversas opções de ferramentas para auxiliar no estudo de variados conteúdos de Química, nos detivemos apenas nos programas de construção de moléculas. A justificativa é singela: a categoria de construção de moléculas oferece maior respaldo ao nosso foco de estudo, o ensino de isomeria geométrica. Como já argumentado ao longo da dissertação, o campo da isomeria geométrica, para ser entendido em sua plenitude, requer a construção de moléculas na qual a disposição espacial seja o mais fiel possível e, para esse trabalho árduo de conquista de fidelidade, exige-se entre outras coisas a transposição de representações bidimensionais para tridimensionais. É talvez redundante insistir, mas tomamos a liberdade de fazê-lo: os programas computacionais são ferramentas extremamente potentes para a concretização dessa transposição. Com isso, a partir dos programas apresentados por Santos, Wartha e Filho (2010), selecionamos o programa ArgusLab⁸⁶, e devemos confessar o fracasso da pesquisadora no manuseio de tal recurso. Além de ser disponibilizado apenas no idioma inglês, é um programa com uma plataforma confusa e de difícil acesso, em resumo, o êxito em relação ao referido programa foi mínimo. O segundo programa escolhido foi o ChemSketch, justificando-se a escolha por ser um dos programas mais citados em trabalhos direcionados ao ensino de Química, especificamente de isomeria

⁸³ Optamos por empregar a palavra em itálico, por ser uma palavra estrangeira, ou seja, não é nativa de nossa língua. O sinônimo para essa palavra na língua portuguesa é baixar. Nesse sentido, fazer *download* é transferir um arquivo para um computador.

⁸⁴ *Journal of Chemical Education* é uma referência internacional que trata de assuntos relacionados à educação em Química. Maiores informações a respeito desse jornal podem ser encontradas no endereço eletrônico a seguir. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/journal/jceda8>>. Acesso em: 09 abr. 2013.

⁸⁵ Num trabalho de Santos, Wartha e Filho (2010) é possível encontrar as categorias que foram apresentadas no *Journal of Chemical Education* em 1997.

⁸⁶ Disponível em: <<http://www.baixaki.com.br/download/arguslab.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

geométrica. Depois de muitas tentativas é que a pesquisadora dominou, em certa escala, o uso dessa ferramenta. Esse programa também se apresenta no idioma inglês, mas com maior coerência na plataforma. O uso dessa ferramenta de maneira satisfatória só aconteceu depois de muita insistência e persistência da pesquisadora.

Esse breve relato tem o intuito de alertar para o fato de que o uso de aplicativos computacionais requer, entre outras competências, certo domínio da língua inglesa, além de uma boa dose de persistência. Depois do fracasso na primeira tentativa, a pesquisadora sentiu-se bastante desmotivada para o uso dessas ferramentas, embora sabendo previamente das “maravilhas” que o uso desses recursos tecnológicos digitais poderia propiciar. Nesse sentido, pensamos que existe grande distância entre tomar conhecimento dessas ferramentas (visto que nenhum dos professores tinha conhecimento de programas com essas particularidades) e concretizar seu emprego no ensino de Química. Outro elemento que ilustra bem a dificuldade que um professor interessado enfrentaria para utilizar esse tipo de recurso é o de que teria que providenciar (ou solicitar a alguém) o *download* desse programa nos computadores da escola, o que demanda um certo tempo. E por fim teria que investir grande parte de seu tempo para conhecer⁸⁷ essa ferramenta (como a própria pesquisadora investiu) uma vez que, posteriormente, terá que instruir os estudantes no seu uso. Para concluir essa argumentação, é necessário destacar um aspecto: o tempo que o professor em geral dispõe é seu (em geral escasso) tempo privado. O ideal seria que as escolas propiciassem formalmente esse tempo, entretanto, seguramente há ainda muito caminho a percorrer nessa direção.

Em resumo, há muito que melhorar para termos uma escola que reúna as condições mínimas para formar indivíduos autônomos, críticos, criativos, inovadores e eternos aprendentes (MORAES, 2002). É necessário, no mínimo, começar a investir em infraestrutura. Para ilustrar a questão, nunca houve manutenção no LQ da escola visitada nesta pesquisa. Dentre as condições mínimas, urge diluir os obstáculos de acesso ao LI. Segundo depoimentos dos professores, a presença de um coordenador ou supervisor seria um ponto a se pensar. É necessário também um auxiliar de LQ para a realização de aulas experimentais ou, alternativamente, o aumento da carga horária do professor de modo que ele possa ter períodos para organizar sua aula prática. É necessário ainda realizar programas de capacitação ou formação continuada para os professores, conforme sugerido pelo professor Alfa. No entanto, como bem pontuado pelo professor Gama, são muitos fatores a considerar,

⁸⁷ Schlemmer (2006) destaca que, quanto mais profundamente o professor conhecer algo, maior será a rede de significações e relações, isto é, maior será a possibilidade de integração e aplicação deste algo novo que foi alvo de estudo.

encontrando-se a questão do salário do professor na ponta do iceberg. Afinal professores que trabalham os três turnos não terão disponibilidade para pensar novas metodologias de ensino e muito menos para fazer uma capacitação. Com isso, reiteramos o pensamento de Cysneiros (1999): é necessário diminuir a sobrecarga dos professores para que possam se preparar, estudar e experimentar novas metodologias. Precisamos começar a olhar a educação dentro de nossos lares, não deixando essa tarefa apenas para a escola. Precisamos de políticas públicas que se sustentem e sejam de fato implantadas, que não sejam precocemente sepultadas e sofram menos com as mudanças de governo, porque as políticas costumam mudar junto; as propostas pedagógicas são efêmeras apesar de sua indiscutível erudição, como foi o caso mencionado pelo professor Gama em relação às Lições do Rio Grande. Precisamos melhorar a formação dos professores, aproximando o ensino universitário da realidade escolar. Precisamos estar atentos para não cair no modismo das “novas” tecnologias, e também o inverso, ou seja, não podemos simplesmente ignorá-las. Um antídoto para esse duplo engano (o deslumbramento a seu contrário, a ignorância explícita) poderia ser o direcionamento do nosso olhar ao cerne das propostas mediadas pela tecnologia, diagnosticar a abordagem que sustenta epistemologicamente metodologias que fazem uso da tecnologia. O intuito é claro e direto: integrar as tecnologias digitais no contexto escolar como ferramentas de mediação que propiciem a interação do estudante com o objeto de estudo a fim de desenvolver sua autonomia.

Uma palavra sobre a possibilidade de pesquisas futuras: a apreciação de como os programas computacionais podem favorecer o ensino de isomeria geométrica já foi parcialmente explorada pelos estudos de Raupp, Serrano e Moreira (2009), Raupp (2010), Raupp et al. (2010), e um resultado consolidado já pode ser deles extraído: o ensino de isomeria geométrica pode sim ser favorecido com o uso de aplicativos computacionais. Uma tarefa imediata, consequência de diversos aspectos apontados anteriormente é a de promover cursos de capacitação para os professores da rede estadual. Talvez um curso específico que propicie aos professores indícios de como a tecnologia digital pode ser uma aliada preciosa no ensino de determinados conteúdos de Química. Paralelamente, tais cursos, se bem planejados e executados, podem auxiliar no rompimento da visão tradicional segundo a qual bastaria empregar a tecnologia (mais precisamente computadores) para mudar as práticas pedagógicas; e na verdade não é assim. É necessário transgredir esse modelo e pensar em metodologias que se voltem aos fundamentos das disciplinas, que propiciem a reflexão sobre como ocorre o processo de construção do conhecimento, propiciando assim a ascensão de um ensino de Química genuíno. Uma segunda sugestão de pesquisa consiste em verificar se a estrutura dos

cursos de formação de professores, os cursos de licenciatura em Química, está de fato direcionada à realidade escolar, verificar se não existe nenhum descompasso desses cursos com o “chão” da escola, como diz Fagundes (2008). Uma terceira sugestão de pesquisa é decorrência natural da implantação do Ensino Politécnico: avaliar os pressupostos epistemológicos dessa proposta, bem como sua viabilidade, coerência e aplicabilidade, carga horária, distribuição de tarefas aos professores, necessidade emergentes da sociedade, entre outros parâmetros importantes. Pesquisas com esse espírito diminuiriam a probabilidade de cometermos novamente velhos enganos.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. Tradução Alfredo Bossi e Ivone Castilho Benedetti. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de; VALENTE, José Armando. **Tecnologias e currículo: trajetórias convergentes ou divergentes?** São Paulo: Paulus, 2011.

ARROIO, Agnaldo; HONÓRIO, Káthia M; WEBER, Karen C.; HOMEM-DE-MELO, Paula; SILVA, Albérico B. F. da. O ensino de química quântica e o computador na perspectiva de projetos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 360-3, mar./abr., 2005. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n2/31-ED04025.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

AXT, Rolando. O papel da experimentação no ensino de ciências. In: MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Ronaldo (organizadores). **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

BENITE, Anna M. Canavarro; BENITE, Claudio R. Machado; FILHO, Supercil Mendes da Silva. Cibercultura em ensino de química: elaboração de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino de modelos atômicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 71-6, maio., 2011. Disponível em: <http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2012.

BIANCHETTI, Lucídio. **Da chave de fenda ao laptop: tecnologia digital e novas qualificações: desafios à educação**. Florianópolis: Editora Vozes, 2001.

BONDÍA, Jorge Larrosa. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, Campinas, n. 19, p. 20-8, jan./fev./mar./abr., 2002. Disponível em: <http://www.anped.org.br/rbe/rbedigital/RBDE19/RBDE19_04_JORGE_LARROSA_BONDIA.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2011.

BRASIL, Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Lex: coletânea de legislação**: Brasília, dez. 1996.

BRASIL. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2012.

BUOGO, Ana Lúcia; CHIAPINOTTO, Diego; CARBONARA, Vanderlei. **O desafio de aprender: ultrapassando horizontes**. 2. ed. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2011.

CARDOSO, Sheila Pressentin; COLINVAUX, Dominique. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 401-4, maio/jun., 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n3/2827.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2012.

CARVALHO, Cláudio Ricardo da Silva. **Software educativo**: um instrumento para explorar conceitos nas representações simbólicas no ensino da geometria molecular. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, 2009.

CASTELLS, Manuel. **A era da informação**: economia, sociedade e cultura. Tradução Roneide Venancio Majer. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CHARTIER, Roger. Os livros resistirão às tecnologias digitais. **Revista Nova Escola**. São Paulo, v. 22, n. 201, p. 22-6, ago., 2007. Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/lingua-portuguesa/fundamentos/roger-chartier-livros-resistirao-tecnologias-digitais-610077.shtml>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

CHASSOT, Attico Inácio. **Para que(m) é útil o ensino?** 2. ed. Canoas: Ulbra, 2004.

CURY, Augusto Jorge. **Pais brilhantes, professores fascinantes**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

_____. **O futuro da humanidade**: a saga de um pensador. Rio de Janeiro: Sextante, 2005.

CYSNEIROS, Paulo Gileno. Novas tecnologias na sala de aula: melhoria do ensino ou inovação conservadora? **Informática Educativa**, v. 12, n. 1, p. 11-24, 1999. Disponível em: <http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-106213_archivo.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita Maria da Rocha; BASTOS, Rogério Cid. Desenvolvimento de um software educacional para o ensino de química relativo à tabela periódica. In: **IV Congresso da Rede Iberoamericana de Informática – RIBIE**. Brasília, out., 1998. Disponível em: <<http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt200342412827160.PDF>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 6. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

EICHLER, Marcelo; DEL PINO, José Claudio. Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 835-840, nov./dez., 2000. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2000/vol23n6/18.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

FAGUNDES, Léa da Cruz. Tecnologia e educação: a diferença entre inovar e sofisticar as práticas tradicionais. **Revista Fonte**, Belo Horizonte, ano 5, n. 8, p. 6-14, dez., 2008. Disponível em: <http://www.prodemge.gov.br/images/revistafonte/revista_8.pdf>. Acesso em: 24 set. 2010.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova fronteira, 1975.

FERREIRA, Vítor F. As tecnologias interativas no ensino. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 6, p.780-6, nov./dez., 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2913.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

FERREIRA, Celeste; ARROIO, Agnaldo; REZENDE, Daisy de Brito. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 9, p. 1661-5, set., 2011. Disponível em: <<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/29-ED10993.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente química**: química orgânica. São Paulo: FTD, 2001.

FRANCO, Marcelo Araujo. **Ensaio sobre as tecnologias digitais da inteligência**. Campinas, SP: Papyrus, 1997.

GABEL, Dorothy L. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 3, p. 193-4, mar., 1993. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed070p193>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

GARDNER, Howard. É difícil fazer o certo se isso contraria nossos interesses. **Revista Nova Escola**. São Paulo, v. 24, n. 226, p. 38-42, out., 2009. Disponível em: <<http://revistaescola.abril.com.br/formacao/formacao-continuada/dificil-fazer-certo-se-isso-contraria-nossos-interesses-502609.shtml>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

GIORDAN, Marcelo; GÓIS, Jackson. Telemática educacional e ensino de química: considerações sobre um construtor de objetos moleculares. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 11, n. 21, p. 285-301, jul./dez., 2005. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/linhascriticas/article/viewArticle/5380>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-9, nov., 1999. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2012.

GOERGEN, Pedro. Ciência, sociedade e universidade. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 19, n. 63, p. 1-11, ago., 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-73301998000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 out. 2011.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar**: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências sociais. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 1999.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

JOHNSTONE, Alex H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

KASTRUP, Virgínia. Novas tecnologias cognitivas: o obstáculo e a invenção. In: PELLANDA, Nize Maria Campos; PELLANDA, Eduardo Campos. **Ciberespaço: um hipertexto com Pierre Lévy**. Porto Alegre: Artes e Ofícios, 2000.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOUREIRO, Carine Bueira; LOPES, Maura Corcini. Tecnologias da informação e comunicação na educação: outras formas de condução das condutas. In: **35 Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – ANPED**, Porto de Galinhas. v. 1. p. 1-16, out., 2012. Disponível em: <http://35reuniao.anped.org.br/images/stories/trabalhos/GT16%20Trabalhos/GT16-2284_int.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2013.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Elisa D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MELO, Elda Silva do Nascimento; MELO, João Ricardo Freire de. Softwares de simulação no ensino de química: uma representação social na prática docente. **Educação Temática Digital**. Campinas, v. 6, n.2, p. 51-63, jun., 2005. Disponível em: <<http://www.fae.unicamp.br/revista/index.php/etd/article/view/1656/1502>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

MORAES, Maria Candida. Tecendo a rede, mas com que paradigma? In: MORAES, Maria Candida (org.). **Educação a distância: fundamentos e práticas**. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 2002, p. 1-12. Disponível em: <<http://www.nied.unicamp.br/oea/pub/livro3/index.html>>. Acesso em: 15 ago. 2010.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

MORAES, Roque. O significado do aprender: linguagem e pesquisa na reconstrução de conhecimentos. **Revista Conjectura**, Caxias do Sul, v. 15, n. 1, p. 135-150, jan./abr., 2010. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/188/179>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

MORAN, José Manuel. Como utilizar a internet na educação. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 146-153, maio./ago., 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v26n2/v26n2-5.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Editora Moraes, 1985.

_____. **Terias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

NEGROPONTE, Nicholas. **A vida digital**. Tradução Sérgio Tellaroli. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de. **Química**. São Paulo: Atual, 1993.

OLIVEIRA, Carlos Alberto Fernandes de; FILHO, João Batista Moura de Resende; ANDRADE, Liliane Rodrigues de. Identificação de ácido salicílico em produtos dermatológicos utilizando-se materiais convencionais. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 125-8, maio., 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/08-EEQ2310.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012.

OLIVEIRA, Sheila Rodrigues; GOUVEIA, Viviane de Paula; QUADROS, Ana Luiza de. Uma reflexão sobre aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31 n. 1, p. 23-30, fev., 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/05-CCD-0508.pdf>. Acesso em: 24 set. 2010.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Born digital**: understanding the first generation of digital natives. New York (USA): Perseus Books, 2008.

PARRAT-DAYAN, Silvia. **Como enfrentar a indisciplina na escola**. Tradução Silvia Beatriz Adoue e Augusto Juncal. São Paulo: Contexto, 2008.

PAULETTI, Fabiana; CATELLI, Francisco. O ensino da química absorveu os reflexos da era digital? In: **Seminário Estadual de Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática**. Canoas, RS, out., 2011. Disponível em: <<http://www.matematica.ulbra.br/ocs/index.php/ppgecim/sep2011/paper/view/40>>. Acesso em: 12 jul., 2012.

_____; _____. Possibilidades de representação da química mediante as tecnologias. In: **Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul – IX ANPED SUL**. Caxias do Sul, RS, ago., 2012a. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/344/881>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

_____; _____. Um estudo dos principais obstáculos no ensino da química: a partir de uma perspectiva interacionista. In: **Encontro de Debates sobre ensino de Química – 32º EDEQ**. Porto Alegre, RS, out., 2012b. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/edeq2012/Anais-Versao-Final.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

PAULETTI, Fabiana. Entraves ao ensino de química: apontando meios para potencializar este ensino. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus, v. 5, n. 8, p.98-107, jan./jul., 2012. Disponível em: <http://www.revistas.uea.edu.br/download/revistas/arete/vol.5/arete_v5_n08-2012-p.98-107.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2012.

PERUZZO, Tito Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química**: na abordagem do cotidiano. 1. ed. São Paulo: Moderna, 1996.

_____; _____. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006.

PESCADOR, Cristina Maria. **Ações de aprendizagens empregadas pelo nativo-digital para interagir em redes hipermediáticas tendo o inglês como língua franca**. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, 2010.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e mestres**: a nova cultura da aprendizagem. Tradução Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

_____. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. Tradução Juan Acuña Llorens. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PRENSKY, Marc. **Digital natives, digital immigrants**. MCB University Press, Horizon, v. 9, n. 5, out., 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/prensky%20-%20digital%20natives,%20digital%20immigrants%20-%20part1.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

RAUPP, Daniele Trajano; SERRANO, Agostinho; MARTINS, Tales Leandro Costa; SOUZA, Bruno Campello de. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 9, n. 1, p. 18-34, 2010. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2_VOL9_N1.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

RAUPP, Daniele Trajano; SERRANO, Agostinho; MOREIRA, Marco Antonio. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 4, n. 1, p. 65-78, mar., 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1_a2009.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2013.

RAUPP, Daniele Trajano. Um estudo de caso sobre a compreensão de conceitos químicos mediante visualização de representações computacionais 3D utilizando o referencial de campos conceituais. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, 2010.

RIBEIRO, Angela A., GRECA, Ileana M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 542-9, jul./ago., 2003. Disponível em: <<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2003/vol26n4/16.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

ROMANELLI, Lilavate Izapovitz; JUSTI, Rosária da Silva. **Aprendendo química**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza (coord.). **Química e sociedade**: volume único, ensino médio. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em química**: compromisso com a cidadania. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2000.

_____; _____. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 28-34, nov., 1996. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/pesquisa.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

SANTOS, Danilo Oliveira; WARTHA, Edson José; FILHO, Juvenal Carolino da Silva. Softwares educativos livres para o ensino de química: análise e categorização. In: **XV Encontro Nacional de Ensino de Química – XV ENEQ**. Brasília, jul., 2010. Disponível em: <<http://www.xvneq2010.unb.br/resumos/R0981-1.pdf>>. Acesso em: 01 maio. 2012.

SCHLEMMER, Eliane. O trabalho do professor e as novas tecnologias. **Revista Textual**. Porto Alegre, v. 1, n. 8, p. 33-42, set., 2006. Disponível em: <http://www.sinpro-rs.org.br/textual/set06/textual_8_miolo.pdf>. Acesso em: 10 set. 2010.

SCHVANTES, Nádia Roberta; PAULETTI, Fabiana. Neurociências: contribuições para potencializar o ensino de química. In: **Seminário Internacional de Educação em Ciências – SINTEC**. Rio Grande, RS, out., 2012. Disponível em: <<http://joapiaget.files.wordpress.com/2012/10/trabalhos-completos-volume-2-parte-2.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2013.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Proposta pedagógica para o ensino médio politécnico e educação profissional integrada ao ensino médio**: 2011 a 2014. Rio Grande do Sul, out./nov., 2011. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2013.

SIRHAN, Ghassan. Learning difficulties in chemistry: an overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, p. 2-20, set., 2007. Disponível em: <<http://crins08lerberg.wmwikis.net/file/view/Sirhan.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

SOLOMONS, Thomas William Graham; FRYHLE, Craig Barton. **Química orgânica**. Tradução Maria Lúcia Godinho de Oliveira. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

SOUZA, Karina Aparecida de Freitas Dias de; CARDOSO, Arnaldo Alves. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico e de sua abordagem em sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 27, p. 51-6, fev., 2008. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc27/08-peq-3106.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2012.

STAMBERG, Cristiane da Silva. **Interdisciplinaridade na prática pedagógica**: ensino e aprendizagem em ciências. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pro grama de Pós-Graduação em Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC), Porto Alegre, 2009.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VALENTINI, Carla Beatris; SOARES, Eliana Maria do Sacramento. Docência na cultura digital: reflexões à luz da biologia do conhecer. **Revista Signo**. Santa Cruz do Sul, v. 36, n. 61, p. 326-338, jul./dez., 2011. Disponível em: <<http://online.unisc.br/seer/index.php/signo/article/viewFile/2129/1785>>. Acesso em: 27 mar. 2012.

VALENTINI, Carla Beatris; SOARES, Eliana Maria do Sacramento; RELA, Eliane. Formação de professores do ensino superior: o desafio de repensar o fazer pedagógico no contexto das tecnologias e da modalidade semipresencial. **Educação Unisinos**, São Leopoldo, v. 12, n. 3, p.196-204, set./dez., 2008. Disponível em: <http://www.unisinos.br/publicacoes_cientificas/images/stories/pdfs_educacao/vol12n3/196a204_art05_valentini%20et%20al.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2012.

VEIGA-NETO, Alfredo; NOGUERA, Carlos E. Conhecimento e saber: apontamentos para os Estudos de Currículo. In: SANTOS, Lucíola Licínio de Castro Paixão et al. **Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente**. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 67-87. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/endipe/livros/Livro_6.PDF>. Acesso em: 11 jan. 2013.

VYGOTSKI, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Tradução Maria da Penha Villalobos. São Paulo: Ícone, 2001.

VYGOTSKI, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem**. Tradução Jefferson Luiz Camargo; revisão técnica José Cipolla Neto. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WARTHA, Edson José; REZENDE, Daisy de Brito. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Pierce. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 275-290, ago., 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID264/v16_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

WERTHEIN, Jorge. A sociedade da informação e seus desafios. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 71-7, maio./ago., 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v29n2/a09v29n2.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

WU, Hsin-Kai; KRAJCIK, Joseph S; SOLOWAY, Elliot. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, abr., 2001. Disponível em: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/34515/1033_ftp.pdf;jsessionid=2234035492A92778CCB50DCF5D67C91F?sequence=1>. Acesso em: 07 maio. 2012.

WU, Hsin-Kai; SHAH, Priti . Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 465-492, abr., 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10126/pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM OS PROFESSORES DE QUÍMICA

ROTEIRO DE ENTREVISTA COM OS PROFESSORES DE QUÍMICA

Pesquisadora: Fabiana Pauletti

Orientador: Prof. Dr. Francisco Catelli

1) Dados de identificação

1.1) Nome:

1.2) Faixa etária

() 20 – 30 anos () 31 – 40 anos () mais de 41 anos

1.3) Sexo

() Feminino () Masculino

2) Dados da formação acadêmica e atuação profissional

2.1) Graduação/curso:

2.2) Pós-Graduação: () Sim () Não

Mestrado: _____

Doutorado: _____

2.3) Você participou de mais algum curso de formação continuada? Tem conhecimento de alguma capacitação para professores da rede pública de ensino?

2.4) Há quanto tempo você é professor de química no Ensino Médio?

2.5) Existe outra atividade ligada à Química que você desempenha?

3) Ensino de Química frente à sociedade da informação

3.1) Em relação à época em que você iniciou seu trabalho docente, ocorreu alguma mudança que você entenda ser radical na Química, do ponto de vista de como ela é ensinada na escola? Qual (quais)? Você pode apontá-las?

3.1.1) E nas práticas pedagógicas você percebe alguma mudança?

3.2) A sociedade, hoje, propicia entre outras coisas, uma enorme possibilidade comunicação e interação entre os indivíduos, mediante as tecnologias de digitais (Celulares, Computadores, Smartphones, Tablet, dentre outros). A seu ver, essas ferramentas de comunicação e interação poderiam redirecionar o ensino de Química, em especial da isomeria geométrica?

3.3) Os estudantes utilizam, eventualmente ou com frequência, os ambientes informatizados da escola para realizar as atividades relacionadas ao ensino de

Química?

3.4) Comparando os estudantes de hoje aos de alguns anos atrás você notou mudanças neles?

3.5) Maria Cândido Moraes (2002) diz que o grande desafio da escola é o de formar indivíduos autônomos, críticos, criativos, inovadores e eternamente aprendentes, pois estas são algumas das características que a sociedade demanda. Você acha que estamos formando estudantes assim?

3.6) Com base no mundo e na sociedade tais como você os percebe hoje, algum conteúdo de Química tornou-se inútil, poderia ser dispensado? Inversamente, há conteúdo que deveria ser tratado com mais ênfase, que não era tratado antes?

4) Os níveis de representação da Química

4.1) Existe um consenso entre diversos autores referente às formas de representação do conhecimento químico: o nível macroscópico, microscópico e simbólico. O nível macroscópico refere-se aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. O nível simbólico envolve as fórmulas, equações químicas e estruturas e o nível microscópico envolve os movimentos e arranjo de moléculas, átomos ou partículas. Para ilustrar a diferença entre esses três níveis de representação da Química, vamos observar a representação de um fenômeno químico: a combustão do gás propano.

- a) a combustão do gás propano em nível macroscópico é a própria visualização do fogo, ou seja, é um fenômeno visível e observável a olho nu;
- b) a combustão completa do gás propano em nível simbólico pode ser representada pela equação de combustão abaixo;

$$- \text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{calor}$$
- c) a combustão do gás propano em nível microscópico pode ser representada, como: uma molécula de gás propano reagiu com cinco moléculas de oxigênio gasoso formando três moléculas de dióxido de carbono gasoso e quatro moléculas de água liberado calor/energia.

Diante desse exemplo, você poderia comentar a divisão de níveis? Ela poderia ser útil no dia a dia de um professor de química? Tens exemplos breves e simples a favor ou contra?

4.1.1) Você acha que no ensino de Química faz a diferença ensinar valorizando ou diferenciando esses três níveis de representação?

4.2) Diversos autores da área, acreditam que para ocorrer a aprendizagem em Química

é necessário que os estudantes compreendam os fenômenos químicos nesses três níveis de representação e ainda consigam transitar entre os três, ou seja, os estudantes deveriam conseguir interpretar um mesmo fenômeno nos três níveis. Você acha que no dia a dia, estes níveis são importantes e determinam a aprendizagem? Qual sua opinião a respeito disso?

4.2.1) Mas, empregar ou valorizar a relação entre as três formas de representação (macroscópico, microscópico e simbólico) na sala de aula me parece ser difícil, por exemplo, como que o estudante vai visualizar o fogo, numa sala de aula?

4.3) Na opinião de diversos autores, o nível microscópico que envolve os movimentos e arranjo de moléculas, átomos e partículas é o nível de representação da Química mais difícil de aprender. Você concorda ou discorda?

4.4) Você já levou os estudantes no laboratório de química este ano? E no ano quantas vezes em média?

4.4.1) O laboratório de química é equipado? Têm reagentes?

5) Ensino de isomeria geométrica

5.1) Nas atividades relacionadas ao ensino de Química (mais precisamente ao ensino de isomeria geométrica), os estudantes usam as aulas como referência para realizar trabalhos e (ou) se preparar para as provas? Pesquisam nos livros didáticos? Em livros na biblioteca? Manipulam algum tipo de equipamento? Computadores? Smartphones? Fazem busca na internet?

5.2) Você acha que os estudantes hoje em dia tem facilidade de trabalhar em grupo? E quando você propõe um trabalho em grupo eles têm facilidade? São cooperativos?

5.3) Nos últimos (10 anos) anos você tem percebido alguma reformulação do ensino da Química, em especial da isomeria geométrica por parte dos professores e da escola?

5.3.1) Esclarecendo mais: alguma reformulação no currículo? Em atividades de envio/entrega de trabalhos, por exemplo? Os estudantes usam que meios ou materiais de estudo? Ou ainda em atividades alternativas, tais como projetos, feiras de ciências, e outras?

5.4) Alguns pesquisadores da área, dizem que o ensino atual de Química, em geral, está desconectado da realidade dos estudantes, e por isso é ineficaz. Por exemplo, Chassot escreveu um livro em 2004, intitulado “Para que(m) é útil o ensino” abordando essa questão. Você acha que o ensino de Química hoje está desconexo da realidade dos estudantes, ele é eficaz? Qual é sua opinião?

5.5) Você acha que os estudantes gostam de Química?

5.6) Quais as estratégias que você emprega, ou considera importantes como forma de potencializar o ensino de isomeria geométrica? Você tem percebido ou empregado alguma nova estratégia para ensinar isomeria geométrica?

5.7) Em sua opinião, existe dificuldade para ensinar ou aprender o conteúdo de isomeria geométrica?

6) Você quer falar mais alguma coisa que não foi questionado, sobre os estudantes, o ensino ou a escola?

Professor participante de acordo com a entrevista concedida

Assinatura do professor participante

Fabiana Pauletti – Pesquisadora responsável

APÊNDICE B – MODELO DE ENTREVISTA COM AS RESPOSTAS DO PROFESSOR GAMA

Pesquisadora: Fabiana Pauletti

Orientador: Prof. Dr. Francisco Catelli

1) Dados de identificação

1.1) Nome: XXXXX

1.2) Faixa etária

() 20 – 30 anos () 31 – 40 anos () mais de 41 anos

1.3) Sexo

() Feminino () Masculino

2) Dados da formação acadêmica e atuação profissional

2.1) Graduação/curso: *Licenciatura Curta em Ciências (PUC-RS), Licenciatura Plena em Química (PUC-RS), Bacharelado em Química (PUC-RS).*

2.2) Pós-Graduação: (x) Sim () Não

(x) Mestrado: *Mestrado em Ciências e Matemática (PUC-RS).*

2.2) Há quanto tempo você é professor de química no Ensino Médio? *30 anos.*

2.4) Existe outra atividade ligada à química que você desempenha? *Não.*

3) Ensino da química frente à sociedade da informação

3.1) Em relação à época em que você iniciou seu trabalho de professor, ocorreu alguma mudança que você entenda ser radical na química, do ponto de vista de como ela é ensinada na escola? Qual (quais)? Você pode apontá-las?

Sim ocorreram. Essas mudanças não são relacionadas a mudanças na escola, esta mudança aconteceu comigo depois que fiz outros estudos (Pós-Graduação: Mestrado), depois da graduação, porque eu considero o que vem antes, o que eu fiz para mudar e o que vem depois. Acho que sai muita dura e pouco sensível da graduação. Após o Mestrado compreendi que para ser um bom professor é necessário saber conteúdos, mas também é importante compreender o estudante, suas dificuldades, sua realidade.

3.1.1) Então esta mudança seria na química ensinada? Na sua própria formação?

A minha própria formação que fez com que eu mudasse a maneira como se ensina química. Na verdade eu entendo que não é só a questão de eu ensinar, eu também aprendo, quando a gente ensina também está aprendendo; o tempo todo. Então, a mudança não foi muito na escola, talvez vá se mudar agora com a inserção do Ensino Politécnico, mas não tenho muita certeza.

3.1.2) Essa mudança seria mais relacionada ao que você entende por ensinar e aprender. Mas nas práticas pedagógicas você percebe alguma mudança?

Sim aconteceram algumas práticas, por exemplo, as Lições do Rio Grande (do ano passado), mas eu não vi nada que pudesse interferir que fosse um marco. Parece-me que esse projeto foi sepultado e não ficaram ideias. Tem outra mudança esperada, bem melhor, para o ano que vem. Por enquanto a aula continua sendo mais tradicional (que o professor mais fala). Houveram tentativas de mudanças na Escola, mas nada que resultasse em algo concreto, não mudou as coisas continuam iguais.

O Ensino Politécnico é uma outra tentativa, já começou mal em 2012. Nós, os professores, não sabíamos o que fazer com a disciplina de Seminários. Tivemos muitas, muitas, dificuldades em iniciar as atividades na disciplina. Apenas alguns professores fizeram um curso preparatório, que iniciou bem depois do início das aulas.

3.1.2.1) Você pode me falar mais a respeito das Lições do Rio Grande?

Foi um projeto do governo Ieda. As escolas receberam milhares de livros que deveriam ser usados pelos estudantes e professores. Alguns professores fizeram treinamento na UCS. Tínhamos que fazer os projetos contidos nos livros e enviá-los para coordenadoria. Não tive resposta de nada que foi feito na escola.

3.1.2.2) Quanto a coordenadoria, seria a estadual ou municipal?

A coordenadoria regional de educação, sede em Caxias, responsável pelas deliberações em termos educacionais da região, por exemplo, Caxias, Flores, Farroupilha. Não recebi feedback do projeto que foi enviado a coordenadoria quando do curso preparatório das Lições do Rio Grande. E na escola tive de preparar algumas aulas específicas com temas contidos nas Lições, digo, eu e todos os outros professores das outras áreas. O plano dessas aulas, também foi enviado à coordenadoria.

3.2) A sociedade, hoje, propicia aos cidadãos, entre outras coisas, uma enorme possibilidade comunicação e interação entre os sujeitos, mediante as tecnologias de digitais (Celulares, Computadores, Smartphones, Tablet, dentre outros). A seu ver, como essas ferramentas de comunicação e interação poderiam redirecionar o ensino de química, em especial da isomeria química?

Essas tecnologias poderiam redirecionar o ensino, porque o estudante consegue, tem outra perspectiva, consegue interagir com o que a nova tecnologia fornece para ele. Mas também acho que podemos utilizar a mídia, essas novas tecnologias, com atividades que não são tão modernas assim, podemos fazer uma relação, socializar. Por exemplo, eu tenho um blog onde eu passo texto, exercícios para os estudantes, mas também utilizo uma caixinha com bolinhas para explicar as cadeias carbônicas para os estudantes.

3.2.1) Acredito que não podemos pôr tudo na mão da tecnologia, a solução dos problemas, se for assim, talvez o ensino esteja fadado ao fracasso.

É eu não enxergo assim, eu não enxergo dessa maneira. A escola como um todo deve utilizar todos os mecanismos disponíveis para facilitar o ensino. Deve utilizar desde a tecnologia mais avançada, até a aula dialogada.

3.3) Os estudantes utilizam, eventualmente ou com frequência, os ambientes informatizados da escola para realizar as atividades relacionadas ao ensino de química? Em caso afirmativo, quais atividades?

Sim utilizam, mas fico na dependência de ter uma pessoa no setor, pois o professor não pode chegar na sala de informática sem um supervisor, precisamos que tenha um supervisor lá. Então eu dependo de horário, porque eu não tenho todos os dias da semana para trabalhar com uma turma, eu tenho que ir no dia que eu tenho horário com aquela turma; eu tenho que ver se não tem gente lá na sala de informática; eu tenho que ver se a sala de informática está funcionando, dependo de tudo isso, de

vários fatores.

3.3.1) Que tipo de atividades você procura fazer com o computador, tem alguma específica: pesquisa?

É pesquisa, eu gosto muito de trabalhar com jogos educativos. Por exemplo, trabalhar com alguns autores específicos. Os estudantes fazem uma pesquisa relacionada a determinado autor, como: Lavoisier, por exemplo.

3.3.2) Existe algum software educativo que você tenha baixado que seja relacionado a construção de moléculas que você utiliza no ensino de isomeria química?

Não trabalhei com um software relacionado à construção de moléculas, mas no ano passado trabalhei com mapas conceituais com um software chamado “Cmap Tools”, mas os estudantes não gostaram muito, porque exige dedicação, dá trabalho, eles disseram que é mais fácil fazer com a caneta, no papel.

3.3.2.1) Isso que eles são digitais.

É, isso que eles são digitais. E que tiveram duas aulas preparatórias para o contato como o software “Cmap Tools”.

3.4) Comparando os estudantes de hoje aos de alguns anos atrás você notou mudanças neles?

Eu posso dizer que algum tempo atrás a maior parte dos estudantes era mais interessada, em todos os aspectos de uma aula. Agora existem estudantes interessados que perguntam, mas em menor quantidade, é a minoria.

3.4.1) Você acha que os estudantes de hoje são mais críticos?

Não, eles não são mais críticos, a não ser que seja algo que interesse deles, por exemplo, como vou fazer a avaliação do trimestre, isso é ser crítico, tem que perguntar, tem que questionar, mas é uma coisa muito específica deles. Eles tiveram que apresentar um trabalho sobre polímeros e eles podiam usar qualquer coisa, eu deixei reservada a aula de teatro, onde tem um retroprojeto de slides, tem o computador, para eles disponível e poucos grupos se deram o trabalho de fazer uma apresentação, foi tudo muito arcaico, tudo no papel e na leitura e não fazendo muitas críticas, do tipo, para que serve determinado plástico; nada.

3.4.1.1) Ou seja eles recebem informações, mas eles não se preocupam em tirar o máximo proveito daquilo?

Não, é tudo muito superficial. Quanto menor o tempo gasto melhor.

3.4.2) E você acha que os estudantes de anteriormente, mais antigos, eram mais críticos?

Eram mais críticos, mas é que eu também mudei de escola. Eu trabalhei 23 anos numa outra escola, e o tipo de estudante lá era muito diferente, deste estudante desta escola.

3.4.2.1) Você acha que os estudantes podem se diferenciar de uma escola para outra?

Sim, muito. Não só de escola, mas da região, a condição econômica, os objetivos de cada tipo de estudante, tudo isso interfere.

3.5) Maria Cândido Moraes (2002) diz que o grande desafio da escola é o de formar

sujeitos autônomos, críticos, criativos, inovadores e eternamente aprendentes, pois estas são algumas das características que a sociedade demanda. Você acha que estamos formando estudantes assim?

Não estamos formando um estudante assim. Acho que a escola tem que aprender a ser mais crítica, não ter pena do estudante. O estudante tem que estudar, tem que ir para casa e têm que estudar. Mas esse não é apenas uma função da escola, mas principalmente dos pais, da família.

3.6) Me parece que o grande problema são as políticas educacionais, que vem de cima?

Sim, eu nunca fui convidada a pensar num projeto num âmbito maior, eu trabalho em escola pública há 30 anos, isso em geral, não falo da escola. O professor de escola pública parece que não existe, pois quando fazem entrevistas na rádio ou na televisão, dificilmente se consulta um professor do Ensino Médio, mas é o professor do Ensino Médio que trabalha na sala de aula, eles vão pegar um pesquisador. O pesquisador tem informações, sem dúvida, mas a maioria não tem contato com sala de aula, os pesquisadores não sabem o que se passa na sala de aula: são 35 estudantes numa mesma sala, nós professores do Ensino Médio temos que dar conta dá; postura do estudante na sala de aula; ver se o estudante está de uniforme; se eles têm o caderno; se eles têm o livro; se o estudante fez o tema; ainda tenho que preencher folha durante a aula, eu tenho que explicar matéria, tenho que fazer a chamada e tenho que dar aula, num curto período de tempo, que são 50 minutos, em dois períodos por semana.

3.7) Com base no mundo e na sociedade tais como você os percebe hoje, algum conteúdo de química tornou-se inútil, poderia ser dispensado? Inversamente, há conteúdos que deveriam ser tratados com mais profundidade, que não eram tratados antes? Você poderia dar exemplos?

Muitos foram extintos, por exemplo, o conteúdo de isomeria química. No terceiro ano, neste ano, eu não vou trabalhar porque não tenho tempo, e inclusive aqui na escola este conteúdo foi tirado do conteúdo programático. E no ano que vem a situação vai ficar ainda mais crítica, porque vamos ter apenas um período por semana no terceiro ano e vai afunilar ainda mais.

Outro conteúdo que foi tirado do conteúdo programático foi à hibridização e bioquímica.

3.7.1) Estes conteúdos foram extintos dos PCN, ou do conteúdo programático da Escola?

Eles estão no conteúdo programático, apenas falta tempo para trabalharmos com esse conteúdo.

3.7.1) Mas por que vocês tiraram esses conteúdos do currículo?

Tiramos porque não existe tempo hábil para trabalhar, não que não sejam importantes. Eu fico sempre ligada no conteúdo dos vestibulares da UCS, PUC, UFRGS, UFSM, FURG, mas realmente não tem tempo.

3.7.2) E teve algum conteúdo que foi inserido, ou tratado com maior ênfase?

Eu trabalho com os estudantes o conteúdo de polímeros que considero muito importante e este conteúdo aparece bem no fim do currículo, porque acho importantíssimo.

4) Os níveis de representação da química: macro, micro e simbólico

4.1) Existe um consenso entre diversos autores referente às formas de representação do conhecimento químico: o nível macroscópico, microscópico e simbólico. O nível macroscópico refere-se aos fenômenos e processos químicos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível. O nível simbólico envolve as fórmulas, equações químicas e estruturas e por fim o nível microscópico envolve os movimentos e arranjo de moléculas, átomos ou partículas. Para ilustrar a diferença entre estes três níveis de representação da química, vamos observar um fenômeno químico: a combustão do gás propano.

- a) a combustão do gás propano em nível macroscópico é a própria visualização do fogo, ou seja, é um fenômeno visível e observável a olho nu;
- b) a combustão do gás propano em nível simbólico pode ser representada pela equação de combustão abaixo:



- c) a combustão do gás propano em nível microscópico pode ser representada da seguinte forma:

Um mol de gás propano reagiu com cinco mols de oxigênio gasoso formando três mols de dióxido de carbono gasoso e quatro mols de água e foi liberado calor/energia.

Diante deste exemplo, você poderia comentar esta divisão de níveis? Ela poderia ser útil no dia a dia de um professor de química? Tens exemplos breves e simples a favor ou contra?

É possível estabelecer a relação entre estas três formas de representação, quando o estudante aprende é porque ele fez uma interação entre o nível empírico (macroscópico) que ele traz de casa com o nível microscópico e simbólico, quando essa associação for feita, com certeza que o estudante está aprendendo.

Neste exemplo existem várias relações, o estudante tem que ter visto o que é molécula, o que é mol, o que significa liberar ou absorver calor, o que significa a seta no meio da equação (no exemplo b) e o que representa cada mol desta equação química. Este âmbito é bem complexo, talvez esta relação pode ser alcançada no terceiro ano, que fogo é uma queima, uma combustão.

4.1.1) Você acha que no ensino de química faz a diferença ensinar valorizando esses três níveis de representação?

Para o Ensino Médio eu acho que faz a diferença sim. Pois se eu disser para você que não faz diferença eu vou ter que mudar todo o conteúdo programático do Ensino Médio, vou ter que pensar todo o conteúdo de outra forma, pois o ensino está estruturado desta forma, a partir deste modelo.

4.2) Mas, empregar ou valorizar a relação entre as três formas de representação (macroscópico, microscópico e simbólico) na sala de aula me parece ser difícil, por exemplo, como que o estudante vai visualizar o fogo, numa sala de aula?

É difícil, só que no nosso trabalho de química nós não trabalhamos com fogo, no máximo eu consigo trabalhar com uma lamparina ou uma vela, pois não temos bico de gás no laboratório e também tenho 35 estudantes.

O laboratório é grande, mas não tenho condições de interagir com 35 estudantes, a minha aula será demonstrativa, depende do teu ponto de vista: tu quer que os estudantes trabalhem ou tu quer que eu faça a experiência? Se os estudantes trabalharem, fazendo aula prática com 35 estudantes: nunca. Mas, com 17 estudantes é possível, ou seja, metade da turma.

4.2.1) Você já levou os estudantes no laboratório de química este ano? E num ano quantas vezes em média?

Para uma turma eu levei uma vez, para outra eu levei duas vezes. De duas a três vezes.

4.2.1.1) E o laboratório é equipado? Têm reagentes?

Tem muito reagente que a gente tem recebido gratuitamente, através de convênio com o Governo Federal. Mas tem algumas falhas, por exemplo, não tem bico de gás, mas não tem bico de gás porque o laboratório tem que passar por uma avaliação, por um projeto. Teria que vir um engenheiro aqui na escola analisar e ver como fazer se colocamos um gás central ou se colocamos um gás central e quantos bicos de Bunsen. Também teria que ter uma auxiliar de laboratório, porque eu tenho que sair de lá de cima (sala de aula) com tudo arrumado, com tudo limpo, pois depois eu já tenho outra aula me esperando.

4.3) Na verdade, o que eu percebo é que um dos principais limitantes é o próprio tempo?

É você já viu que o limitante é o tempo, e depois tem as adversidades também, como por exemplo, às vezes não encontramos a chave para entrar no laboratório.

Mas apenas retornando a questão dois três níveis de representação eu acho que é possível fazer a relação entre os três níveis, mas agora o professor vai ter que ter mais energia e conhecimento para fazer esta relação.

4.4) Na opinião de diversos autores, o nível microscópico que envolve os movimentos e arranjo de moléculas, átomos e partículas é o nível de representação da química mais difícil de aprender. Você concorda ou discorda?

Sim, muito mais. Eu digo para os estudantes não saírem por aí achando que o átomo é uma bolinha e que ele tem corpinho, que é magro ou gordo. Só que acho que o estudante sai de uma oitava série achando que o átomo é uma bolinha, tem corpo.

4.4.1) O problema dos estudantes acharem que o átomo tem corpo ou é uma bolinha, me parece ser pelo motivo que os átomos são entes imperceptíveis e utiliza-se estratégias com bolinhas, isopor e palitos para moldar um átomo e os estudantes associam esse modelo concreto como sendo o átomo, mas na verdade esse modelo é apenas uma forma de representar.

Mas esta é a melhor maneira de fazer a relação entre o mundo macroscópico e o microscópico, pois o nosso mundo é o macroscópico.

4.5) Esses mesmos autores acreditam que para ocorrer a aprendizagem em química é necessário que os estudantes compreendam os fenômenos químicos nesses três níveis de representação e ainda consigam transitar entre os três, ou seja, os estudantes deveriam conseguir interpretar um mesmo fenômeno nos três níveis. Você acha que no dia a dia de professora, estes níveis são importantes e determinem a aprendizagem? Qual sua opinião a respeito disso? Você pode dar exemplos?

Talvez essa diferenciação não represente um grande ganho para os 35 estudantes de uma sala de aula, mas aquele estudante que assumir uma carreira científica dentro da área das ciências naturais ele vai precisar conhecer este mundo, se ele não conhecer este mundo no Ensino Médio ele vai chegar lá no terceiro grau (na Universidade)

defasado. Só para complementar minha resposta, existem dois mundo o da Universidade que está no topo e o da Escola que está abaixo e mais abaixo ainda os pequenos (os estudantes do Ensino Fundamental) que estão abaixo, e estamos cada vez deixando que a distância entre esses mundos se afastem, criando um abismo, é abissal.

4.5.1) É justamente por este motivo que optei por fazer algumas entrevistas com os professores de química para verificar como é a realidade do Ensino Médio, para ver como é o ensino básico público, pois até então meus estudos são teóricos e a literatura aceita tudo, é poética, mas eu realmente queria saber e aproximar o Ensino Superior com o Ensino Básico, talvez promover uma interlocução.

É abissal, pois veja o seguinte: nós terminamos as aulas aqui na Escola no dia 07 de dezembro e, por exemplo, o vestibular da UCS é logo em seguida, não dá nem tempo dos estudantes respirarem. Num outro momento (anteriormente) a Escola fez uma programação para o ano letivo acabar antes, mas deu problema, pois a Coordenadoria (CRE 04 - Caxias do Sul) recebeu queixas que a Escola não estava completando a carga horária, então neste ano estamos acabando no período certo, na primeira semana de dezembro.

5) Ensino de isomeria geométrica

5.1) Nas atividades relacionadas ao ensino de química (mais precisamente ao ensino de isomeria geométrica), os estudantes usam as aulas como referência para realizar trabalhos e (ou) se preparar para as provas? Pesquisam no livro texto? Em livros na biblioteca? Manipulam algum tipo de equipamento? Computadores? Smartphones? Fazem busca na internet?

Uma grande maioria estuda com o caderno, uma parte vai pesquisar na internet se não entendeu algum assunto, pois isso eles me dizem. E uma parte não se enquadra em nenhuma, não estuda, deixa tudo para a última hora. Na biblioteca eles não pesquisam.

Então, ou eles estudam com o caderno ou com pesquisa na internet, e às vezes eles pesquisam no livro que tem em casa, mas agora vir aqui na Escola e pesquisar na biblioteca isso eles nunca fazem. O livro adotado é do Tito e Canto, volume I, II e III, mas, lembrando que eu trabalho apenas com os primeiros e terceiros anos.

5.1.1) Essa pesquisa na internet que eles fazem na internet é recente?

Desde que a tecnologia chegou à Escola e os eles têm disponibilidade em casa e o professor incentivou na sala de aula, os estudantes têm pesquisado.

5.2) Você acha que os estudantes hoje em dia tem desenvolvido a habilidade ou tem facilidade de trabalhar em grupo? Quando você propõe um trabalho eles têm facilidade em trabalhar em grupo? São cooperativos?

Não, não tem. A gente tem recebido informações do tipo, eu não fiz, porque pelos seguintes motivos: não se reunirão num determinado dia; ou porque moram longe, eles têm dificuldade de se reunir para realizar trabalho em grupo. Muitas vezes os estudantes preferem fazer os trabalhos individuais.

5.2.1) Você acredita que eles preferem fazer os trabalhos de forma individual?

Preferem, mas não sei se a apresentação deles seria melhor do que a apresentação em grupo. Porque às vezes notamos que eles copiam e colam, é tal e qual o que está na internet, eles não sabem qual o significado de uma pesquisa, a gente fala que isso é

plágio, que não pode.

5.2.1.1) Você acha que os estudantes são “CTRL C” e “CTRL V”?

Todo tempo, a escola não conseguiu ser crítica neste aspecto. Não conseguimos fazer o estudante produzir, é muito bonito dizer que o estudante tem que saber fazer um trabalho, que o estudante tem que ser autor de sua pesquisa, que ele tem que produzir o seu material.

5.3) Nos últimos (10 anos) anos você tem percebido alguma reformulação do ensino/aprendizagem da química, em especial da isomeria química por parte dos professores e da escola?

Não.

5.3.1) Esclarecendo mais: alguma reformulação no currículo? Em atividades extraclasse (envio/entrega de trabalhos, por exemplo)? Os estudantes usam que meios ou materiais de estudo? Ou na avaliação? Ou ainda em atividades alternativas, tais como projetos, feiras de ciências, e outras?

Eu recebo os trabalhos impressos por dois motivos: i) muitos vírus, eu tinha que dar conta disso depois na minha máquina e por eles dizerem que postaram em tal data e não terem postado; ii) e no papel eu tenho como escrever em cima e mandar a resposta para eles.

5.4) Você me disse a pouco que tem um blog? Como é este blog? Você alimenta diariamente? Como você avisa os estudantes de um novo material? Eles acessam?

Sim eu tenho um blog relacionado ao ensino de química em geral que trabalho com os primeiros e terceiros anos e posto exercícios, textos. Eu não alimento diariamente o blog e costumo avisar os estudantes durante a aula. Mas os estudantes utilizam pouquíssimo esta ferramenta, pois eu tenho 6 turmas do terceiro ano com 35 estudantes e em média é um acesso por turma.

5.5) Pesquisadores da Educação dizem que o ensino de química hoje, em geral, está desconectado da realidade dos estudantes, e por isso é ineficaz. Por exemplo, Chassot escreveu um livro em 2004, intitulado o “Para que(m) é útil o ensino”, você acha que o ensino de química hoje está desconexo da realidade dos estudantes, ele é eficaz? Qual é sua opinião?

Eu não vou contrariar o professor Chassot, quem sou eu. Mas, se o professor for competente na sala de aula ele vai conseguir relacionar a química com o dia a dia do estudante. Por exemplo, hoje eu dei uma aula de química orgânica sobre hidrocarbonetos e relatei com os combustíveis utilizados; com a manchete que saiu ontem no Jornal Zero Hora; a redação do Enem que não teve nenhuma relação com sustentabilidade. É o professor que tem que estar conectado com essas coisas e fazer com que o estudante entenda os acontecimentos do cotidiano.

5.5.1) Esse ensino que você me descreveu está totalmente relacionado ao cotidiano do estudante.

Eu acho que sim. Esse livro que Chassot escreveu foi em 2004?

5.5.1.1) Sim, mas ele faz algumas críticas, que se o ensino for desconectado da realidade dos estudantes é que o ensino torna-se inútil.

Neste aspecto eu concordo com Chassot, porque se eu tiver que dar uma aula de

isomeria e não fizer relação com o dia a dia do estudante, eles não vão entender nada. E isso acontece com uma grande quantidade de conteúdos que são estudados.

5.6) Você acha que os estudante gostam de química?

Eles acham muito difícil, eu não sei se eles gostam.

5.7) Quais as estratégias a ser ver, ou que você emprega na sua prática que você considera importante como forma de potencializar o ensino de isomeria geométrica?

Faz algum tempo que eu não trabalho com isomeria geométrica, mas quando eu trabalhava eu costumava a relacionar com o dia a dia do estudante, por exemplo, o tipo de substância química que é usado no nosso dia a dia.

5.7.1) No ensino de isomeria geométrica existem algumas peculiaridades que o estudante tem que perceber para de fato aprender química, como, por exemplo, a geometria da molécula e a dimensão espacial da molécula no espaço. Mas você me disse que utiliza a estratégia de uso dos “modelitos”?

Isso, eu utilizo os modelos de construção de moléculas, porque os estudantes me perguntam, como escrever a molécula da água e eu digo para eles olha tem um conteúdo chamado geometria molecular, então eu preciso fazer estas relações e depois a isomeria geometria é tem ainda mais peculiaridades a considerar.

5.8) Em sua opinião existe maior ou menor dificuldade para o ensino ou para a aprendizagem de isomeria?

Eu acho que existe dificuldade nos dois, o ensinar e o aprender são difíceis. Pelo simples fato de ser uma coisa muito subjetiva e microscópica e por estar dependente de muitos conteúdos e conceitos que já foram estudados.

5.9) Nos últimos 5 ou 10 anos você tem percebido ou empregado alguma nova estratégia para ensinar isomeria geométrica?

Não.

5.9.1) Mas você me disse a pouco que emprega os “modelitos” para criar as moléculas, este a meu ver é uma estratégia de ensino de geometria geométrica.

É um kit que tem os pinos para fazer as ligações e as bolinhas para representar os átomos. Então é possível construir e desconstruir moléculas por meio deste kit.

5.9.1.1) E a quanto tempo você emprega esta estratégia? É recente?

Não, é desde que eu me formei. E agora eu te pergunto tem algum programa para construir moléculas?

5.9.2) Sim existem muitos softwares livres, que permitem a criação de moléculas com precisão de ângulo e com excelente dimensão espacial, eu te passo por email os que eu conheço. Mas pelos meus estudos, verifiquei que existem algumas barreiras para o uso desses softwares, como por exemplo: i) a maioria é inglês; ii) o provedor deve ser Windows e não Linux, e a maioria das escolas possuem provedor Linux.

Os softwares são classificados em diversas categorias, como, por exemplo: i) Tabela Periódica; ii) Jogos Educacionais; iii) Construção de moléculas.

6) Você quer falar mais alguma coisa que eu não questionei, sobre os estudantes, o ensino ou a escola? Pois minha visão às vezes pode ficar mais restrita a academia e não perceber as

nuance da Escola Pública.

Eu acho que a Escola tem muitas respostas para dar a educação, mas essas respostas à gente ainda não tem. E são muitos fatores, não é só o fator salário do professor: o professor que precisa trabalhar 60 horas na semana para ter um sustento digno, não tem condições de chegar em casa, cuidar de si e de sua família, preparar suas aulas com tranquilidade.

6.1) Existem professores que trabalham 60 horas por semana? Você trabalha quantas horas por semana?

Sim, tem professores que trabalham os três turnos, eu agora só trabalho 40 horas por semana, porque já sou aposentada, mas eu já trabalhei 60 horas por semana quando trabalhava em escola particular e pública.

6.2) Você acha que é melhor trabalhar em escola particular ou escola pública?

Eu não quero ficar na coluna do meio, mas vou te dizer nas duas, pois eu aprendi tanto na escola particular, ser o que eu sou e na escola pública tive a oportunidade de testar muitas coisas, que na escola particular não te dá chances porque não pode, não deve o estudante é visto como cliente. O professore tem mais autonomia na escola pública.

6.2.1) Eu acredito que tanto a escola quanto o professor deveriam ter autonomia, porque me parece que tudo gira em torno das política governamental.

Sim, mas uma autonomia que eu digo, é não de escolher, mas de pensar e fazer alguma coisa. Por exemplo, agora com o Ensino Politécnico é tudo de cima para baixo e ninguém perguntou nada a nenhum professor da escola. Por isso eu tenho autonomia para fazer o mínimo do mínimo, mas na escola particular não tem esse mínimo eu tenho que fazer exatamente o que está estipulado no conteúdo programático da escola.

6.3) Você acha que a escola forma os estudantes para o vestibular?

Pois é, esta foi, e é uma grande dúvida até agora, será que a escola forma para que? Eu acho que a Escola Pública forma para tudo e para nada ao mesmo tempo, não tem um vínculo especial com o vestibular. Já a escola particular faz uma projeção para o vestibular, mas nem todos os estudantes vão fazer vestibular.

ANEXO A – TERMO DE COMPROMISSO

Eu, XXXXX, diretora da Escola XXXXX, declaro estar ciente e autorizar a pesquisadora Fabiana Pauletti a realizar a investigação *O ensino de química e a escola pública: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais*, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Catelli, da Universidade de Caxias do Sul, esta localizada na Rua Francisco Getúlio Vargas, nº1130, bairro Petrópolis, Caxias do Sul - RS, telefone (54) 3218-2100.

Estou ciente também de que:

- a) os objetivos da pesquisa têm fins educacionais e visam verificar se o acesso aos recursos tecnológicos digitais têm favorecido o ensino de química (isomeria) a fim de estabelecer relações que possam potencializar o ensino e aprendizagem em química no Ensino Médio;
- b) a realização da pesquisa não é remunerada, não tem patrocinadores externos e nem envolve fins lucrativos;
- c) os professores participantes da pesquisa não sofrerão nenhum tipo de constrangimento e nenhuma espécie de dano;
- d) os participantes da pesquisa serão professores de química do Ensino Médio;
- e) a participação dos professores consiste em responder as entrevistas;
- f) os resultados da pesquisa farão parte de uma dissertação de mestrado e podem vir a ser divulgados, mas não envolverão a identificação de seus participantes, a fim de manter sua privacidade.

Caxias do Sul, 04 de outubro de 2012.

XXXXX
Diretora da Escola XXXXX

Nome legível da Diretora da Escola

Assinatura da Diretora da Escola

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisadora: Fabiana Pauletti

Orientador: Prof. Dr. Francisco Catelli

A pesquisa *O ensino de química e a escola pública: a isomeria geométrica mediada pelo uso de programas computacionais*, que se desenvolve nos anos de 2011 e 2013, pretende, a partir da análise textual discursiva, verificar como os recursos tecnológicos digitais têm favorecido o ensino de isomeria geométrica, mediante o olhar de professores do Ensino Médio. Para realizar este estudo, a pesquisadora trabalhará com professores de química do Ensino Médio da Escola XXXXX. Os professores serão convidados a participar de algumas entrevistas semiestruturadas com o intuito de fornecer evidências que corroborem com a pesquisa.

Após a realização das entrevistas, estas serão transcritas na íntegra, e serão submetidas à avaliação dos entrevistados, para que os professores tenham plena concordância e estejam de acordo com o conteúdo dessas entrevistas, para posteriormente serem empregadas na pesquisa supracitada. A participação neste estudo é voluntária e os participantes têm total liberdade em recusar-se a participar da pesquisa, bem como abandoná-la a qualquer momento.

Quando da divulgação dos resultados e na redação da dissertação final e/ou publicações em revistas científicas, a identidade dos participantes será mantida em sigilo assegurando-lhes a privacidade. Ressalta-se que os participantes não sofrerão nenhum tipo de constrangimento ou dano. Além disso, enfatiza-se que a participação não é remunerada e que também não há custo pela participação.

Toda e qualquer dúvida que os participantes possam ter sobre o processo de investigação será esclarecida.

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que entendi os objetivos e procedimentos desta pesquisa e que, portanto, estou de acordo em participar e autorizo que os resultados desta pesquisa componham este estudo. O presente documento foi assinado em duas vias de igual teor, ficando uma com o voluntário da pesquisa e outra com a pesquisadora responsável.

Nome legível do professor participante

Assinatura do professor participante

Fabiana Pauletti – Pesquisadora responsável