

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MOISÉS DA SILVA LARA

ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS COM ANALOGIAS EM ATIVIDADES NA SALA
DE AULA DE QUÍMICA

CURITIBA

2014

MOISÉS DA SILVA LARA

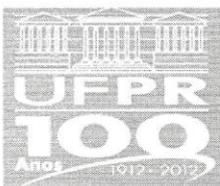
ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS COM ANALOGIAS EM ATIVIDADES NA SALA
DE AULA DE QUÍMICA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Linha de Ensino e Aprendizagem de Ciências, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Gois da Silva

CURITIBA

2014



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA

PARECER

Defesa de Dissertação de **MOISÉS DA SILVA LARA**, intitulada “**ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS COM ANALOGIAS EM ATIVIDADES NA SALA DE AULA DE QUÍMICA**”, para obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

De acordo com o Protocolo aprovado pelo Colegiado do Programa, a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados arguiu, nesta data, o candidato acima citado. Procedida à arguição, a Banca Examinadora é de Parecer que o candidato está **apto ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA**, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
Prof. Dr. Jackson Gois da Silva (orientador)		Aprovado
Prof ^a . Dr ^a . Camila Silveira da Silva		aprovado
Prof. Dr. Sérgio Camargo		Aprovado

Curitiba, 25 de Fevereiro de 2014.


Prof. Dr. Carlos Roberto Vianna
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Educação em Ciências e em Matemática.



Aos meus pais Ari e Izabel pelo amor, o carinho e a dedicação dispensada e, à Nicole, minha esposa e companheira que muito me incentivou e me apoiou em todos os momentos.

À professora Izaura Kuwabara (*in memoriam*), que disse que acreditava no meu potencial para o futuro mestrado em Educação em Ciências da UFPR, quando ele ainda era apenas um sonho e, que infelizmente não pode ver a sua concretização.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Jackson Gois, pela orientação, apoio, incentivo e pela amizade construída, à professora Joanez Aires pela confiança, apoio e acolhida no PPGECM. A André Pietsch, José Cifuentes, Kátia Kásper, Orliney Guimarães, Carlos Vianna e demais professores pelas contribuições durante as aulas, seminários e Workshops do PPGECM.

Aos professores Gérson Mól, Daniela Ferraz e Bárbara Tobaldini pela colaboração e envio de materiais bibliográficos e aos professores Marcelo Giordan e Sérgio Camargo pelas importantes contribuições durante a banca de qualificação.

À Anthonyella, secretária do PPGECM, pela atenção dispensada e a todos os colegas e amigos, mestres e mestrandos, no PPGECM, pela amizade e troca de experiências.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

RESUMO

Neste trabalho nós realizamos um estudo das analogias e metáforas utilizadas na disciplina de Química do Ensino Médio, iniciando pela abordagem do contexto em que têm se desenvolvido as pesquisas sobre o uso dessas relações analógicas, o qual apresenta diversas metodologias que buscam potencializar o seu uso como facilitadoras da aprendizagem. Dentre estas, nós destacamos a *Teaching With Analogies* (TWA), a Metodologia de Ensino Com Analogias (MECA) e o Modelo Didático Analógico (MDA), bem como as principais concepções de ensino e aprendizagem que influenciaram estas pesquisas, como o Modelo de Mudança Conceitual, a Teoria dos Modelos Mentais e a epistemologia bachelardiana. Constatamos que não há uma definição consensual para as relações analógicas tampouco, em relação aos objetivos, potencialidades ou problemas relativos ao seu uso no Ensino de Ciências. Assim, nós buscamos um novo direcionamento para compreendê-las a partir de uma concepção de aprendizagem sob uma perspectiva da linguagem fundamentada nas concepções bakhtinianas e wittgensteinianas. Dessa forma, nós elaboramos uma sequência didática para o estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas, a qual foi realizada a partir de fragmentos de textos literários, um artigo científico e livros didáticos de química que usam as relações analógicas como recurso didático. Essas atividades foram desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio, em um colégio pertencente a uma rede particular de ensino na cidade de Curitiba. A execução das atividades ocorreu ao longo de um bimestre durante o qual realizamos diversas gravações em áudio e vídeo, bem como, fotocopiamos as atividades escritas, as quais foram utilizadas na constituição dos dados desta pesquisa, cuja análise se deu em duas etapas, sendo que a primeira buscou identificar, como as relações analógicas são apresentadas aos estudantes e, se são tomados os devidos cuidados para facilitar o entendimento e evitar compreensões inadequadas. Na segunda etapa, nós desenvolvemos categorias de análise fundamentadas no estudo da linguagem, para investigar como os estudantes utilizam as relações analógicas e qual a importância destas para o seu aprendizado, confrontando esses resultados com os da primeira etapa. Assim, constatamos que quando se dá uma maior atenção à linguagem, permitindo que os estudantes interajam e se expressem mais sobre os conteúdos estudados, sobretudo oralmente, o temor bachelardiano de que as analogias e metáforas substituam o conhecimento não se concretiza, porque à medida que os estudantes compreendem melhor os significados daquilo que é estudado, eles abandonam gradativamente o uso das relações analógicas e passam a utilizar um discurso mais próximo da linguagem científica. Portanto, concluímos que o uso das relações analógicas nas condições aqui apresentadas favoreceu o aprendizado e, que os problemas apontados por diversas pesquisas da área se devem principalmente às características da linguagem que não sendo lógica nem objetiva, torna a elaboração de significados dependente do contexto no qual é utilizada. Tais constatações sugerem uma nova perspectiva para o estudo das relações analógicas com potencial para a produção de resultados práticos a serem aplicados no Ensino de Ciências.

Palavras-chave: Analogias. Metáforas. Ensino de Química. Livros didáticos. Linguagem. Jogos de linguagem.

ABSTRACT

In this work we perform a study of analogies and metaphors used in the discipline of chemistry in high school, starting in the point of the actual research context on the use of these analogical relations, which presents several methodologies that seek to strengthen their use as facilitators of learning. Among these, we highlight the Teaching With Analogies (TWA), Methodology of Teaching With Analogies (MECA) and Analogue Model Guided (MDA) as well as the main conceptions of teaching and learning that influenced these researches, such as the Model of Conceptual Change, Theory of Mental Models and Bachelard epistemology. We note that there is no agreed definition for analogical relations or in relation to the objectives, potential or problems regarding its use in the teaching of science. Thus, we seek a new direction to understand them from a conception of learning from a perspective grounded in the Bakhtinian conceptions and Wittgensteinian language. Thus, we elaborate a didactic sequence for the study of the Periodic Classification and Properties, which was made from fragments of literary texts, a scientific paper and chemistry textbooks that use the analog relationships as a teaching resource. These activities were conducted with high school students in a school belonging to a private school in the city of Curitiba. Execution of the activities occurred over a two month period during which we conducted several audio recordings and video, as well as we made photocopies of written activities, which were used to build up the research data, whose analysis was performed in two stages; the first aimed to identify, as the analogical relations are presented to students, and if proper care is taken to facilitate understanding and avoid inadequate understandings. In the second step, we developed categories of analysis based on the study of language, to investigate how students utilize the analog relationships and the importance of these to their learning, comparing the results with those of the first stage. Thus, we found out that when given greater attention to language, allowing students to interact and express themselves more about the contents studied, especially orally, the Bachelardian fear that analogies and metaphors would replace the knowledge does not happen, because as students better understand the meaning of what is studied, they gradually abandon the use of analogical relations and channel closer discourse of scientific language. Therefore, we conclude that the use of analogical relations on conditions presented here favored the learning and the problems pointed out by several research areas are mainly due to the characteristics of the language, which by not being logical or objective, makes the development of meanings dependent of the context in which it is used. These findings suggest a new perspective to the study of analogical relations with the potential to produce practical application in the teaching of science results.

Keywords: Analogies. Metaphors. Teaching of Chemistry. Textbooks. Language. Language games.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS POR ALVO	120
GRÁFICO 2 -	CITAÇÕES DE RELAÇÕES ANALÓGICAS POR ALVO	123
GRÁFICO 3 -	PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS POR ALVO COM OMISSÃO DE ANÁLOGOS CORRIQUEIROS	125
GRÁFICO 4 -	CITAÇÕES DE RELAÇÕES ANALÓGICAS POR ALVO COM OMISSÃO DOS ANÁLOGOS CORRIQUEIROS	126
GRÁFICO 5 -	TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA	133
GRÁFICO 6 -	NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS	139
GRÁFICO 7 -	ORIGEM DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS	143
GRÁFICO 8 -	DESCRIÇÃO DO ANÁLOGO E DISCUSSÃO DE SIMILARIDADES	147
GRÁFICO 9 -	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	150
GRÁFICO 10 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS ÀS QUESTÕES DA ATIVIDADE A1A	159
GRÁFICO 11 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS ÀS QUESTÕES DA ATIVIDADE A1B	167
GRÁFICO 12 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 1 (A2)	172
GRÁFICO 13 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 1 (A3)	180
GRÁFICO 14 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 2 (A3)	182
GRÁFICO 15 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 3 (A3)	184
GRÁFICO 16 -	ORIGEM DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS CITADAS NA ATIVIDADE A5	193

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - EXPRESSÕES UTILIZADAS POR PESQUISADORES NA DESCRIÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS.....	33
QUADRO 2 - LIVROS UTILIZADOS COM MAIOR FREQUÊNCIA DURANTE AS AULAS	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	ANÁLOGOS UTILIZADOS NO ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO E DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS	113
TABELA 2 -	QUANTIDADE DE ANÁLOGOS UTILIZADOS POR ASSUNTO ALVO	118
TABELA 3 -	QUANTIDADE DE CITAÇÕES DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS CLASSIFICADAS POR ANÁLOGO E POR ALVO	121
TABELA 4 -	PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS E DE CITAÇÕES PARA CADA ALVO PRIORITÁRIO	127
TABELA 5 -	ATRIBUTOS CORRESPONDENTES ENTRE ANÁLOGOS E ALVOS ESTUDADOS	128
TABELA 6 -	CLASSIFICAÇÃO DOS ANÁLOGOS DE ACORDO COM O TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA	132
TABELA 7 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO EXPLORADO PELOS LIVROS DIDÁTICOS	135
TABELA 8 -	QUANTIDADE DE RELAÇÕES ANALÓGICAS CLASSIFICADAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO	138
TABELA 9 -	CLASSIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS DE ACORDO COM A SUA ORIGEM	141
TABELA 10 -	NÍVEL DE MAPEAMENTO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS NOS LIVROS DIDÁTICOS	144
TABELA 11 -	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS	149
TABELA 12 -	RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A1A .	154
TABELA 13 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A1A	156
TABELA 14 -	RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A1B .	161
TABELA 15 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES	

	ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A1B	162
TABELA 16 -	RELAÇÃO ANALÓGICA UTILIZADA NA ATIVIDADE A2	169
TABELA 17 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DA RELAÇÃO ANALÓGICA EMPREGADA NA ATIVIDADE A2	170
TABELA 18 -	RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A3 ...	177
TABELA 19 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A3	178
TABELA 20 -	RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A4 ...	188
TABELA 21 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A4	189
TABELA 22 -	RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A5 ...	192
TABELA 23 -	O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A5	193
TABELA 24 -	QUANTIDADE DE RELAÇÕES ANALÓGICAS CITADAS PELOS ESTUDANTES EM CADA UMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS	207

LISTA DE SIGLAS

CEFET-MG	- Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
DD	- Discurso Direto
DIL	- Discurso Indireto Livre
DISSA	- Discurso Indireto Sem Sujeito Aparente
ECA	- Estratégia de Ensino Centrada no Aluno
ECP	- Estratégia de Ensino Centrada no Professor
ENEQ	- Encontro Nacional de Ensino de Química
GEMATEC	- Grupo de Estudos de Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência
IF	- Investigações Filosóficas
MDA	- Modelo Didático Analógico
MECA	- Metodologia de Ensino Com Analogias
MMC	- Modelo de Mudança Conceitual
RA	- Relação Analógica
TP	- Tabela Periódica
TCC	- Teoria do Conflito Cognitivo
TWA	- Teaching With Analogies
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UNICAMP	- Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE ABREVIATURAS

cit.	– citação (ões)
elem.	- elemento
enriq.	– enriquecimento
fís.	– físico (a)
op. cit.	– obra citada
org.	– organização
qtde	– quantidade
quím.	– químico(a)
transf.	– transformação

SUMÁRIO

PREÂMBULO	15
INTRODUÇÃO	19
1. O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	24
1.1. CONCEPÇÕES SOBRE AS RELAÇÕES ANALÓGICAS	28
1.2. OBJETIVOS, POTENCIALIDADES E DIFICULDADES NO USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS	33
1.3. METODOLOGIAS E MODELOS DE ENSINO COM ANALOGIAS	38
1.4. RELAÇÕES ANALÓGICAS E O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL	44
1.5. RELAÇÕES ANALÓGICAS E A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS	51
1.6. RELAÇÕES ANALÓGICAS E A EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA	53
2. AS CONTRIBUIÇÕES DA LINGUAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	63
2.1. VIGOTSKI	64
2.2. BAKHTIN	67
2.3. APROXIMAÇÃO ENTRE VIGOTSKI E BAKHTIN	74
2.4. WITTGENSTEIN	78
2.4.1. Crítica ao mentalismo e ao representacionismo	79
2.5. BAKHTIN E WITTGENSTEIN	84
3. METODOLOGIA DE PESQUISA E CONSTITUIÇÃO DE DADOS	87
3.1. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS	91
3.1.1. Atividade A1	91
3.1.2. Atividade A2	97
3.1.3. Atividade A3	98
3.1.4. Atividade A4	100
3.1.5. Atividade A5	101
3.1.6. Atividade A6	102
3.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE	106
3.2.1. Categorias de análise das relações analógicas	107
4. O USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS NA SALA DE AULA	112
4.1. ANÁLOGOS UTILIZADOS PELOS LIVROS DIDÁTICOS	113

4.1.1.	Alvos e análogos prioritários	118
4.1.2.	Atributos correspondentes entre alvos e análogos	128
4.1.3.	Tipo de relação analógica	131
4.1.4.	Nível de enriquecimento das relações analógicas	134
4.1.5.	Origem das relações analógicas	140
4.1.6.	Nível de mapeamento das relações analógicas	144
4.1.7.	Discussão de limitações das relações analógicas	151
4.2.	O USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS PELOS ESTUDANTES	153
4.2.1.	O uso das relações analógicas na atividade A1A	154
4.2.2.	O uso das relações analógicas na atividade A1B	160
4.2.3.	O uso das relações analógicas na atividade A2	168
4.2.4.	O uso das relações analógicas na atividade A3	174
4.2.5.	O uso das relações analógicas na atividade A4	188
4.2.6.	O uso das relações analógicas na atividade A5	191
4.2.7.	O uso das relações analógicas na atividade A6	198
4.3.	APROPRIAÇÃO DA LINGUAGEM E ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS	207
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	213
	REFERÊNCIAS	217
	APÊNDICE	226

PREÂMBULO

Quando iniciamos este trabalho ficamos tentados em pensar o que nos trouxe até aqui e, certamente, algumas lembranças de fatos da infância e da adolescência figuram como merecedores deste crédito. Entre eles, lembro-me principalmente de que era muito curioso. Sentia imensa curiosidade por tudo o que me cercava e o que estava distante se tornava um enigma a ser resolvido.

Não fui uma criança solitária porque cresci entre três irmãos, melhor dizendo, um irmão e duas irmãs, já que nessa época a caçula ainda não tinha nascido. Porém, eu não tinha distrações com televisão ou futebol, por exemplo, porque por motivos religiosos essas eram atividades proibidas em minha casa. Uma das minhas principais distrações era desmontar relógios e alguns brinquedos eletrônicos para observar o mecanismo e entender como funcionavam. Isso muito me instigava.

Com a ajuda de minha irmã mais velha, eu aprendi a ler e escrever as primeiras palavras ainda antes de entrar na pré-escola e, quando estava no primeiro ano, não conseguia entender porque muitos colegas ainda não sabiam. Para mim era algo muito simples. Eu lia tudo que estivesse ao meu alcance, desde o almanaque da farmácia até bulas de remédio, mesmo que não compreendesse o que significavam a maioria daquelas palavras, ainda assim eu lia. A sensação era de que havia outro mundo, ainda desconhecido e eu queria desvendá-lo.

Foi assim que, num certo dia, após eu ver alguns funcionários da companhia elétrica trabalhando num poste de luz em frente à minha casa, eu perguntei para minha mãe de onde vinha a eletricidade. Provavelmente, sem conhecer maiores detalhes, ela respondeu: “Ah! Vem do rio”. Então, pensei comigo, se a eletricidade viesse de um rio, a resposta estaria na água e, pensando nisso fui atrás de alguns pedaços de fio de cobre, semelhante àqueles usados nas instalações lá de casa, e também peguei uma lâmpada e uma bacia com água.

Ingenuamente, eu imaginava que colocar os fios na água bastaria para que a lâmpada acendesse, mas não tardou para que eu percebesse que não poderia ser tão simples assim. Se fosse, porque tanto trabalho com postes de luz e fios para todos os lados? Tinha algum segredo e eu queria descobrir!

Eu era insistente, ou teimoso mesmo. Primeiro pensei que meu insucesso fosse porque eu não tinha conectado a lâmpada corretamente e, por isso, tentei diversas formas de conexão, mas foram todas infrutíferas. A segunda alternativa foi tentar “molhar mais” o fio de cobre, desencapando uma parte maior para que ficasse imersa na água. Para minha decepção, também não funcionou!

A bacia era pequena e me parecia que o fio não mergulhava completamente na água, então, lembro-me de que o dobrei em várias partes para que um pedaço maior coubesse dentro da água. É claro que nada disso funcionou, mas eu passei uma tarde toda fazendo tentativas. A minha decepção era grande, mas eu não podia desistir. “Vem do rio”, era o que minha mãe tinha dito e, ela devia saber alguma coisa!

Alguns anos mais tarde, já na quarta série, eu fui para outro colégio e pela primeira vez tive uma biblioteca disponível para eu ler o que quisesse. No início meu interesse era apenas a Literatura Infantil, mas como a biblioteca não era muito grande, logo as minhas opções nessa área se esgotaram. Então, parti para novas descobertas e, dentre estas, cheguei a uma que certamente me conduziu até aqui: a Ciência.

Na biblioteca havia muitos livros didáticos de Ciências para o “1º grau”, que era como o Ensino Fundamental se chamava na época e, eu lia tantos quantos podia levar para casa. Depois, sentia muita satisfação em explicar para meus colegas minhas descobertas. Foi nessa época que eu formulei meu primeiro projeto para a vida adulta, decidindo que queria ser um cientista, mas só na oitava série que eu consegui distinguir entre Física, Química e Biologia percebendo então, que me identificava mais com a Química.

Apesar da minha decisão precoce, as línguas estrangeiras, principalmente o francês e o espanhol, também me apresentavam novos mundos apaixonantes, o que me levou a ficar indeciso na hora do vestibular. Eu tinha que escolher entre o curso de Letras e o de Química, no entanto, assim que comecei a ponderar sobre o mercado de trabalho, ironicamente, cheguei à conclusão de que deveria fazer Química porque se fizesse Letras provavelmente acabaria sendo professor, o que não era minha intenção.

Já na UFPR, o primeiro ano do curso de Química foi bastante frustrante, em parte porque o nível de exigência estava bem acima daquele para o qual eu tinha me preparado e, também porque a realidade era bem diferente daquela magia de

descobertas e invenções que eu lia nos livros de Ciências. No entanto, entre as dificuldades e as decepções com o curso, certo dia um professor relatou em sala de aula como foi o início de sua carreira no magistério e recomendou que nós experimentássemos lecionar, mesmo que fosse só por alguns tempos, porque certamente ganharíamos muita experiência de vida. Ouvindo esses conselhos, eu aceitei o desafio e na primeira oportunidade fui dar aula de Química num colégio do estado.

Os desafios foram inúmeros, mas de imediato eu encontrei a mesma satisfação que sentia no Ensino Fundamental quando contava para os meus colegas as descobertas que tinha feito. Então, a antiga questão, lá da primeira série, sobre os motivos pelos quais alguns estudantes não conseguem aprender, voltou com muita força e isso me motivou a participar do Prolicen, um projeto de licenciatura desenvolvido no curso de Química da UFPR. Neste projeto, participei da investigação sobre o Ensino da Química Atmosférica no Ensino Médio e pela primeira vez tive contato com a epistemologia bachelardiana.

A leitura de Bachelard me deslumbrou porque eu conseguia encontrar algumas respostas, para a dificuldade de compreensão de meus alunos, um assunto que muito me preocupava. A partir daí, percebi que expressões como “vem do rio” são apenas a ponta do *iceberg*. Assim, eu passei a dedicar um tempo maior para ouvir meus alunos e pensar em alternativas que pudessem ajudá-los na compreensão daqueles conteúdos mais difíceis.

No penúltimo ano da graduação, numa disciplina de Prática de Ensino, eu tive a oportunidade de desenvolver um trabalho sobre o risco de alguns obstáculos epistemológicos serem provocados por determinadas abordagens em livros didáticos. A partir desse trabalho eu percebi a dificuldade com que as analogias, modelos e metáforas são explorados pelos livros didáticos e me propus a compreender melhor como que se dá esse uso em sala de aula, de forma que quando ingressei no mestrado, o meu projeto era pesquisar o uso de analogias no Ensino de Química.

No primeiro ano do mestrado, através das disciplinas cursadas e, principalmente, pelas muitas conversas com o meu orientador, eu descobri novas possibilidades de exploração do tema a partir de referenciais da linguagem, entre eles Bakhtin, Vigotski e Wittgenstein, foi quando meu projeto de pesquisa tomou um novo rumo. Assim, nós redefinimos o problema de pesquisa que passou a focar no

processo pelo qual se dá a elaboração de significados em sala de aula com o uso de analogias e metáforas. Considerando que o estudo sob a perspectiva da linguagem tem grande potencial para ampliar as compreensões já existentes e pode apontar novos caminhos para o Ensino de Química.

INTRODUÇÃO

“Não sigo o caminho dos antigos: busco o que eles buscaram.”
(MATSUO BASHÔ).

O uso de relações analógicas acompanha diversas atividades humanas nas quais elas atuam como auxiliares na compreensão e explicação de fenômenos cotidianos, por isso, despertam também o interesse de pesquisadores da área da Educação e, em especial, do Ensino de Ciências, que as exploram como facilitadoras nos processos de aprendizagem. No entanto, o seu uso não se restringe a atividades cotidianas ou situações de ensino e, estende-se também às pesquisas científicas, nas quais elas exercem um importante papel na elaboração de leis e teorias ao permitirem a compreensão de novos fenômenos através da comparação destes com outros já conhecidos.

Porém, quando se trata da discussão sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências, os pesquisadores da área se dividem quanto aos riscos e potencialidades apresentados. Alguns afirmam que o seu uso desperta o interesse e auxilia no desenvolvimento da criatividade, ao mesmo tempo em que favorece a compreensão de conteúdos abstratos por aproximar-se da linguagem utilizada pelos estudantes. Enquanto isso, outros fazem diversas críticas, que são em grande parte influenciadas pelas pesquisas sobre concepções alternativas e obstáculos epistemológicos. Assim, apontam que em sala de aula muitas vezes ocorre o uso de analogias improvisadas e muito complexas, com pouco ou nenhum embasamento teórico, da mesma forma que criticam o excesso de analogias e metáforas nos livros didáticos com o argumento de que elas podem mascarar as diferenças entre ciência e senso comum.

Também constatamos que não há uma definição para analogia que seja consenso entre os pesquisadores da área e, que muitas vezes elas são consideradas sinônimas das demais relações analógicas, como os modelos e as metáforas, embora na maioria das vezes, elas sejam entendidas como comparações entre um objeto ou fenômeno conhecido com outro que se deseja conhecer. Diante de tais controvérsias, nós também buscamos contribuir com o debate estabelecendo

a seguinte questão como nosso problema de pesquisa: como se dá a elaboração de significados com analogias em atividades na sala de aula de Química? Sendo assim, nossos principais objetivos foram investigar como ocorre a elaboração de significados por meio de relações analógicas e qual a contribuição destas para o aprendizado.

Como, as metodologias ou modelos de ensino que orientam o uso de analogias em sala de aula são, em sua grande maioria, influenciados pelas mesmas concepções de ensino e aprendizagem que são o Modelo de Mudança Conceitual e a Teoria dos Modelos Mentais, nós optamos por outro direcionamento e passamos a estudá-las a partir de uma perspectiva da linguagem, fundamentada nas concepções de Vigotski (VYGOTSKY, 1998), Bakhtin (1997, 2006) e Wittgenstein (2008). Assim, adotamos uma concepção de significado que está baseada no uso da linguagem e, dessa forma, buscamos descrever como os estudantes utilizam as relações analógicas disponíveis em livros didáticos e que são empregadas em atividades de ensino.

Consideramos que essa investigação pode trazer elementos para uma discussão das potencialidades e riscos da adoção de uma metodologia que leva em consideração as características da linguagem no planejamento e na execução das atividades didáticas no Ensino de Química. Com esse intuito, desenvolvemos uma sequência didática envolvendo o uso de diversas analogias e metáforas a qual foi aplicada a um grupo de estudantes tendo-se o cuidado de proporcionar um espaço que permitisse aos mesmos interagirem e se expressarem intensamente sobre os conteúdos estudados, possibilitando que observássemos como que eles utilizam as relações analógicas e qual o papel destas na elaboração de significados, sobretudo, quando se dá uma atenção maior à linguagem.

Portanto, neste trabalho nós buscamos situar o uso das relações analógicas no Ensino de Ciências, frente às principais linhas metodológicas adotadas nas últimas décadas, destacando suas semelhanças e a aparente conformação com os resultados obtidos. Assim, no capítulo I nós apresentamos as bases teóricas que deram origem às pesquisas em Ensino de Química, abordando as ideias construtivistas, as estratégias de ensino por analogias e as suas dificuldades e potencialidades, bem como as suas principais concepções, como o Modelo de Mudança Conceitual, a Teoria dos Modelos Mentais, o Modelo de Perfis Conceituais

e a epistemologia bachelardiana, nas quais se fundamentam a maioria das pesquisas da área.

O capítulo II nós dedicamos à apresentação das ideias de Bakhtin, Vigotski e Wittgenstein que são os referenciais, a partir dos quais fizemos este estudo em busca de novas compreensões das relações analógicas, fundamentadas inteiramente na linguagem. Para esses autores, o sentido é produzido pela linguagem, pelo diálogo e pela interação entre um sujeito e o outro. Assim, Bakhtin (2006, p. 114) define a enunciação como “o produto da interação de dois indivíduos socialmente organizados”, o que corrobora com a afirmação de Vigotski de que é na interação social pela linguagem é que se dá a constituição e o desenvolvimento do homem enquanto sujeito.

Para Vigotski (VYGOTSKY, 1998) tanto a origem das funções mentais quanto a sua mediação se dão através da internalização, que é entendida como um mecanismo pelo qual uma atividade externa torna-se uma atividade interna. Assim, linguagem e consciência deixam de ser vistas como “faculdades naturais humanas”, para serem compreendidas como resultado de uma interação social historicamente constituída. A importância dessa compreensão para a Educação é que o estudante passa a ser visto como sujeito de interação, não só com o objeto do conhecimento, mas também com os colegas e com o professor, possibilitando uma percepção maior das suas dificuldades com o uso da linguagem.

Sobre a significação, Bakhtin (2006), em *O Marxismo e a Filosofia da Linguagem*, ressalta que ela não é exclusiva de uma palavra em especial, mas o resultado da interação entre locutor e receptor e, pode variar de acordo com o contexto ou pelo modo como foi expressa. Segundo esse autor, é pelo processo de apreensão dos discursos dos outros que cada indivíduo adquire o seu repertório de palavras interiores, os quais são apreendidos e absorvidos pela consciência através da atividade mental exteriorizada, denominada discurso interior e, é nele que se expressa tudo o que possa ser ideologicamente significativo, embora os mecanismos de apreensão sejam sociais. Sendo assim, o discurso citado é indissociável do seu contexto narrativo, havendo entre ambos uma relação dinâmica que se desenvolve em duas direções principais, uma definida como discurso direto e outra como discurso indireto.

No discurso direto há uma tendência maior em se conservar a sua integridade e autenticidade, enquanto que no discurso indireto há predomínio da

análise, exigindo maior compreensão e envolvimento do narrador. Bakhtin (2006) alerta para a necessidade de se discernir na apreensão do discurso, até que ponto as suas expressões e particularidades são distintamente percebidas e possuem significação social, pois se o discurso for percebido como impenetrável pelo narrador, este escolherá o caminho mais seguro que é o discurso direto. Consideramos que essa discussão pode contribuir para nossa análise, na medida em que provoca uma mudança de postura na avaliação do discurso dos estudantes, possibilitando perceber as dificuldades enfrentadas na compreensão dos enunciados pelo modo como eles se expressam e citam os diferentes discursos, em especial, aqueles utilizados pelos livros didáticos e aqueles proferidos pelo professor.

Quanto a Wittgenstein, nós nos baseamos em sua obra *Investigações Filosóficas*, (WITTGENSTEIN, 2008), na qual ele discute a natureza da linguagem e a sua relação com o pensamento e os estados mentais, chegando à conclusão de que esta só pode ser compreendida dentro do contexto das atividades humanas. Assim, afirma que o significado está integralmente nas formas de uso da linguagem e não depende de entidades externas. Para esse autor, a linguagem não possui uma lógica matemática única, mas equipara-se à lógica dos jogos, cujas regras são válidas apenas em determinados contextos. Sendo assim, Wittgenstein apresenta a ilustração dos *jogos de linguagem* e corrobora com a concepção bakhtiniana que entende a linguagem como o resultado da interação entre os sujeitos, contribuindo para a compreensão da elaboração de significados no Ensino de Ciências, como uma inserção do estudante em diferentes práticas de jogos de linguagem. Assim, consideramos que, em conjunto, essas discussões têm grande potencial para melhorar a nossa compreensão sobre como os estudantes usam as relações analógicas e como que estas podem auxiliar na elaboração de significados.

No capítulo III nós abordamos a constituição dos dados que se deu a partir de uma sequência didática, elaborada para o estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas dos Elementos, cujas atividades envolveram a leitura e a discussão de textos de livros didáticos, literários e artigos científicos, seguidas de atividades escritas e de apresentações orais na forma de minisseminários. Também discutimos algumas particularidades dessas atividades que ocorrem devido à metodologia de *Oficinas de Aprendizagem* que é adotada pelo colégio onde a pesquisa foi desenvolvida, a qual preconiza que os estudantes das três séries do Ensino Médio trabalhem juntos, sempre em equipes de cinco componentes cada.

Ainda neste capítulo, nós também discutimos a metodologia de pesquisa e a análise dos dados produzidos, que foi realizada em duas etapas distintas. A primeira ocorreu a partir de oito categorias de análise utilizadas para a apreciação das relações analógicas apresentadas pelos livros didáticos e a segunda, a partir de duas categorias desenvolvidas para a discussão do modo como elas foram utilizadas pelos estudantes.

No capítulo IV, primeiramente nós fazemos a apresentação e a discussão das relações analógicas utilizadas pelos livros didáticos de acordo com cada uma das oito categorias de análise adotadas. Na sequência, apresentamos os dados produzidos em cada uma das atividades e, fazemos uma discussão das mesmas de acordo com as duas categorias de análise desenvolvidas, dando atenção especial ao modo como os estudantes se utilizam da linguagem e ao modo como as relações analógicas são empregadas em seus discursos.

No quinto e último capítulo desta dissertação nós fazemos algumas considerações sobre os receios de que o uso de relações analógicas no Ensino de Química leve a obstáculos epistemológicos e das potencialidades de uma metodologia fundamentada na linguagem para uma melhor compreensão do processo de elaboração de significados em sala de aula.

1 O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A utilização de metáforas e analogias na comunicação humana atesta a sua importância como auxiliar na compreensão ou na explicação de fenômenos cotidianos, despertando a atenção de pesquisadores interessados em explorar a sua função nos processos de aprendizagem. Segundo Nagem *et al.* (2003), devido à sua grande importância para o pensamento humano, as analogias e metáforas estão presentes em quase todas as atividades humanas que vão desde as pesquisas científicas até a sua divulgação, seja de forma oral ou escrita.

Certamente, não é possível determinar quando que as analogias se tornaram importantes no desenvolvimento do conhecimento humano, mas podemos inferir que sua origem está intimamente ligada ao surgimento do homem enquanto ser racional dotado de um intelecto. Nesse sentido, diversos pesquisadores (CURTIS; REIGELUTH, 1984; CACHAPUZ, 1989; OLIVA *et al.*, 2001; NAGEM *et al.*, 2003; FRANCISCO JÚNIOR, 2009) são unânimes em afirmar que a linguagem ligada à história das descobertas científicas está repleta de analogias utilizadas tanto na divulgação do conhecimento quanto na própria elaboração de leis e teorias científicas.

Curtis e Reigeluth (1984) argumentam que a linguagem e o pensamento analógico, têm uma origem em comum na história da humanidade de modo que, “torna-se quase impossível dissociar o pensamento humano do uso de raciocínios analógicos para a compreensão de algo” (FRANCISCO JÚNIOR, 2009, p. 122). Da mesma forma, Francisco Júnior (2009), afirma que a importância do raciocínio analógico não se limita às atividades de ensino, mas está na raiz de diversas teorias científicas, tais como aquelas desenvolvidas por Maxwell, Rutherford, Einstein entre outros cientistas.

Glynn e Takahashi (1998) corroboram com essa compreensão afirmando que em 1665, quando Robert Hooke examinou lâminas de cortiça ao microscópio óptico ele teria observado pequenas cavidades rodeadas por paredes finas às quais ele denominou “células” porque se pareciam com os pequenos quartos em que os monges viviam.

Nagem *et al.* (2003) também citam diversas analogias e metáforas utilizadas em diferentes áreas da Ciência, como por exemplo: a analogia de um *elevador em queda livre* que Einstein teria usado para formular o Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia; a metáfora da *árvore da vida*, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas; a analogia dos elementos químicos com *cartas de baralho*, feita por Mendeleev, na elaboração da Lei Periódica e desenvolvimento da Tabela Periódica e; as *Oitavas de Newlands*, também no estudo das propriedades periódicas dos elementos.

Segundo Nagem *et al.* (2003), Mendeleev fez uma analogia com *cartas de baralho* quando chegou à Lei Periódica e propôs a sua tabela de elementos químicos, em 1869. De acordo com os pesquisadores, Mendeleev escreveu os nomes e as propriedades dos elementos conhecidos em diferentes cartões que foram afixados nas paredes de seu laboratório. Após um exame minucioso dos dados ele encontrou similaridades que serviram para agrupar os cartões, tornando possível perceber a relação existente entre os elementos, cujas propriedades se repetiam como funções periódicas de seus “pesos atômicos”. Com esse raciocínio Mendeleev teria corrigido a massa de alguns elementos e previsto três novos elementos a partir da observação de espaços vazios em sua tabela.

Com uma analogia entre os elementos químicos e o teclado de um piano, John Newlands já tinha percebido a Lei Periódica, três anos antes de Mendeleev. Nessa analogia, o químico inglês teria arranjado os elementos em grupos de oito, de modo semelhante às notas musicais que são divididas em oitavas. Newlands observou que as propriedades se repetiam a cada oito elementos, assim como nas notas musicais, cuja sensação auditiva da oitava nota é equivalente à da primeira. No entanto, o seu trabalho não teria sido bem recebido pelos seus pares da Sociedade de Química inglesa, chegando mesmo a ser ridicularizado.

Apesar do reconhecimento da importância das analogias e metáforas para o desenvolvimento científico, no Ensino de Ciências os pesquisadores se dividem quanto às potencialidades e aos riscos de seu uso como ferramenta de aprendizagem. Em relação às potencialidades, os pesquisadores citados acima, entre outros, afirmam que o seu uso favorece a compreensão de conteúdos abstratos ao aproximar-se da linguagem dos estudantes. Por outro lado, as críticas quanto ao uso de analogias são em grande parte influenciadas pelas pesquisas

sobre concepções alternativas (DUIT, 1991; THIELE; TREAGUST, 1994) e obstáculos epistemológicos (OLIVEIRA, R. J., 1992; LOPES, 1997; GOMES; OLIVEIRA, 2007) os quais, de acordo com a epistemologia bachelardiana, agiriam bloqueando a aprendizagem dos estudantes.

Contudo, diversos pesquisadores, mesmo que reconheçam algumas limitações das analogias, reafirmam a importância destas para o Ensino de Ciências, conforme esclarecem Nagem *et al.* (2003):

O uso de analogias e de metáforas, como mediadores no processo de ensino e de aprendizagem, foi muito criticado nas últimas décadas. Alguns educadores as consideram frívolas, desnecessárias e apenas servem como muletas para mentes preguiçosas. Entretanto, essa visão radical está sendo revista e considerada equivocada por pesquisas e teorizações realizadas nos últimos 20 anos. (NAGEM *et al.*, 2003, p.2).

De acordo com Duarte (2005), mudanças ocorridas na Filosofia da Ciência puseram em xeque muitos dos antigos pressupostos positivistas e neopositivistas, “mostrando que no que se denomina de racionalidade científica entram também elementos psicológicos e sociológicos” (DUARTE, 2005, p.11). Assim, após um período em que “só a linguagem literal foi considerada adequada e empiricamente respeitável para a caracterização objectiva dessa realidade” (DUARTE, 2005, p.11), está ocorrendo um processo de revalorização do uso de analogias.

Nesse processo de reumanização da Ciência, o papel das analogias, volta a ser reconhecido:

[...] para além da sua capacidade heurística, a analogia confere poder discursivo ao conhecimento científico, dando uma nova visão do não observável, providenciando formas de argumentação, tornando possível quer a comunicação científica quer o desenvolvimento da ciência; ela é, por tudo isto, culturalmente intencional e socialmente significativa na ciência. (DUARTE, 2005, p.11).

Segundo essa mesma pesquisadora, diferentes áreas do conhecimento como a Psicologia, a Neurociência, a Filosofia da Ciência, a Linguística e a Inteligência Artificial, por exemplo, têm procurado contribuir para a compreensão da natureza dos processos que envolvem o uso de analogias.

Na área de Didática das Ciências, segundo Oliva e colaboradores (2001), algumas citações bibliográficas da década de 1960 já apontavam o interesse pelo uso das analogias, no entanto, as publicações eram bastante esparsas e, só duas décadas depois foi que as pesquisas tornaram-se mais expressivas, com um crescente interesse pelo estudo das analogias como estratégia de aprendizagem.

Mesmo assim, não há uma definição consensual de analogia, tampouco há consenso sobre os objetivos com que são empregadas no Ensino de Ciências ou em relação ao uso de alguma metodologia. De modo geral, as analogias são compreendidas em conjunto ou como sinônimo de outras concepções, como metáforas, modelos e alegorias.

Portanto, na próxima seção, nós procuramos descrever as várias concepções de analogia presentes na área de Ensino de Ciências, bem como a sua origem em comum, dando especial enfoque à recepção dessas concepções entre os pesquisadores brasileiros.

1.1 CONCEPÇÕES SOBRE AS RELAÇÕES ANALÓGICAS

Embora a maioria dos pesquisadores da área de Ensino de Ciências compartilhe de algumas ideias acerca dos modelos, metáforas e analogias, não há uma definição clara e única, sobre cada um desses conceitos. Numa revisão do “estado da arte” das pesquisas sobre analogias, Duarte (2005) constatou que esses conceitos são muitas vezes usados indistintamente como se fossem sinônimos ou, quando se faz alguma distinção esta difere de um pesquisador para outro.

Entre a diversidade de concepções para analogia, o entendimento mais frequente é que elas podem ser compreendidas como uma comparação de similaridades existentes entre as estruturas de dois domínios diferentes (DUIT, 1991; HARRISON; TREAGUST, 1993), entendendo-se por domínio os fenômenos, objetos ou conceitos que estão sendo comparados. Em concordância com essas ideias, Francisco Júnior (2009) afirma que a analogia é uma “comparação entre dois eventos” com o intuito de explicar aquele ainda desconhecido, por meio de outro já familiar que será adotado como referência. As compreensões apresentadas por Curtis e Reigeluth (1984) são bastante semelhantes a essas e, nesse sentido os pesquisadores denominam o conteúdo familiar ao estudante por “domínio da analogia” e o conteúdo ainda desconhecido por “domínio do alvo”.

Para Francisco Júnior (2009, p.124) as analogias podem ser entendidas “como um processo psicológico ou um ato de cognição humana no entendimento de um conceito por meio de outro”. Segundo o pesquisador, essa concepção de analogia como uma “forma de raciocínio” aproxima-se daquela chamada de “modelização analógica”, adotada por Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) e Adúriz-Bravo *et al.* (2005). Dessa forma, as analogias e os modelos, são considerados como “dispositivos da linguagem” que podem ser empregados tanto como facilitadores na comunicação, quanto no entendimento de algo, conforme esclarece a seguir:

Essa distinção de analogia entre ato cognitivo e comunicativo raramente é feita. Porém, parece fundamental distinguir a analogia enquanto construção cognitiva pessoal e enquanto forma de comunicação, embora, na sala de aula, isso esteja altamente imbricado (FRANCISCO JÚNIOR, 2009, p. 124).

Francisco Júnior (2009) também concorda com Duit (1991) e Mól (1999), os quais consideram que as analogias se diferenciam das metáforas porque nelas, as

relações entre os domínios são explícitas, enquanto que nas metáforas elas são realizadas implicitamente. No entanto, essa concepção não é compartilhada por outros pesquisadores. Vosniadou e Ortony (1989), por exemplo, consideram as metáforas apenas como uma variante da analogia, afirmando que no primeiro caso há uma relação entre dois domínios diferentes, enquanto que no segundo as relações ocorrem dentro de um mesmo domínio. Perelman (1993) compreende metáfora como uma “analogia condensada”, resultante da fusão do *tema* com o *foro*, tal como são chamados os domínios conhecido e desconhecido, respectivamente.

Para compreender a relação entre metáfora, modelo, alegoria e analogia, Mól (1999, p.58) propõe um sistema conceitual onde todos esses conceitos são definidos como “comparações”, entendendo a comparação como “o ato de confrontar dois conceitos, com o objetivo de elucidar um conceito em estudo (alvo), através de características semelhantes a outro conceito (domínio)”. Sendo assim, o uso de analogias no Ensino de Ciências, seria de fato, a comparação de atributos e propriedades entre um conceito em estudo e um conceito já conhecido.

Na proposta de Mól (1999), os quatro conceitos acima são considerados num mesmo nível hierárquico, mas subordinados a outro mais abrangente que seria a *comparação*. Além desses conceitos, ainda há o *exemplo* que se relaciona com os primeiros, porém foi excluído desse sistema de classificação porque foi considerado com um caso específico dos demais:

[...] exemplo não é uma comparação entre dois conceitos ou fenômenos e sim um caso específico de um conceito ou fenômeno mais abrangente. Portanto, o exemplo estará sempre subordinado ao conceito a que se refere. (MÓL, 1999, p.58).

Para Mól (1999) todas essas comparações, mesmo que pertençam a uma mesma hierarquia, diferem entre si quanto ao tipo de relação entre os domínios comparados, que pode ser “implícita” ou “explícita”. Assim, as metáforas e as alegorias se enquadrariam na categoria de “comparações implícitas” porque, não há uma clareza na relação existente entre os conceitos comparados. Por outro lado, os modelos e as analogias são classificados como “comparações explícitas” porque as relações entre os conceitos são bem nítidas já que elas são enunciadas. Assim, corroborando com sua proposta, o pesquisador cita o trabalho realizado por Venville e Treagust (1997) no qual as analogias também são consideradas como

comparações explícitas utilizadas para mapear as semelhanças entre dois domínios diferentes.

As metáforas são classificadas como comparações implícitas porque elas empregam palavras ou frases num sentido figurado, fazendo “descrições que realçam qualidades que não coincidem” (MÓL, 1999, p. 59). Segundo o autor, esse entendimento é semelhante às definições adotadas pelos dicionaristas Bueno (1974), Cunha (1982) e Arruda (1993). No entanto, ele também destaca a existência de outras compreensões sobre as metáforas que se confundem com as analogias, como por exemplo, a compreensão de Ritchie (1994), segundo o qual, metáfora “sugere uma analogia ou semelhança” entre os conceitos.

Segundo Ferraz e Terrazzan (2002, p.2), tanto as metáforas quanto as analogias são “ferramentas de uso frequente no processo de construção das noções científicas, estabelecendo relações entre sistemas distintos”. Assim, ambas são vistas como “formas de linguagem metafórica” difíceis de serem diferenciadas uma da outra.

Mól (1999, p.60) também considera que os conceitos de analogia e metáfora não são excludentes, mas complementares, “tendo toda analogia um caráter metafórico e toda metáfora um caráter analógico”. Porém, afirma que apesar dessa complementaridade entre os conceitos, eles não podem ser entendidos simplesmente como sinônimos ou como se a metáfora fosse um tipo específico de analogia, tal como é considerado no dicionário Michaelis (1996) e nos trabalhos de Dagher (1995) e Mastrilli (1997). Portanto, mesmo estando numa mesma hierarquia conceitual, a analogia e a metáfora devem ser consideradas como conceitos distintos, porque enquanto nas analogias as relações entre os dois domínios comparados são suficientemente claras, nas metáforas elas estão apenas implícitas.

Quanto aos modelos, o dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986), os define como representações de uma ideia, um objeto ou de um processo numa escala diferente da real. No entanto, alguns pesquisadores (DUIT, 1991; BORGES, 1997) não fazem distinção deste conceito com o de analogia, considerando ambos como se fossem sinônimos.

Mól (1999) classifica os modelos como comparações explícitas, tal como as analogias, no entanto, ele os distingue pelo modo como são apresentados. Enquanto que nas analogias as similaridades entre os dois domínios comparados são apresentadas verbalmente, nos modelos as representações são pictóricas,

comparando o domínio alvo com imagens ou objetos físicos. Assim, o pesquisador concorda com a definição do dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986) ao afirmar que os modelos têm o mesmo formato do conceito alvo, embora estejam numa escala diferente da real. Como exemplos de modelo, são mencionadas as figuras utilizadas para representar o átomo de acordo com a concepção de Rutherford:

Nessa representação, o átomo é formado por um núcleo que contém os prótons e nêutrons e uma eletrosfera onde os elétrons (considerados como partículas) estão em constante movimento ao redor do núcleo. Aqui não se considera o caráter ondulatório da matéria nem a proporção real entre as partículas que constituem os átomos. (MÓL, 1999, p.65).

Nessa concepção, todas as representações físicas de um conceito ou de um objeto que não possa ser manipulado com facilidade, em consequência de alguma dificuldade prática, são consideradas como modelos. Enquadrando-se nessa categoria, as representações dos órgãos humanos, do sistema solar e das moléculas, por exemplo, que se tornam acessíveis e manipuláveis pelos estudantes, graças aos modelos físicos.

As alegorias também são discutidas por Mól (1999), mas apenas com o intuito de diferenciação dos conceitos, já que, segundo o pesquisador, elas não são exploradas nos estudos sobre raciocínio analógico e Ensino de Ciências. Ele define as alegorias como comparações implícitas, tal como as metáforas, porém, as diferencia quanto à sua forma de apresentação, afirmando que enquanto as metáforas são representadas por palavras, frases ou descrições verbais, as alegorias são representadas por gravuras ou objetos, como por exemplo, as gravuras de Escher que representam formas geométricas impossíveis:

[...] alegorias são comparações implícitas entre dois conceitos ou fenômenos que não coincidem como o 'Triângulo de Escher' que, mesmo lembrando um triângulo, é geometricamente impossível. Mais absurda ainda é a cascata em que a água 'sobe' pela canaleta e cai sobre a roda d'água. Denominaríamos também por alegoria a representação gráfica (desenho) de um alfinete, trajando um uniforme de capitão, sobre um navio. (MÓL, 1999, p.63).

De acordo com esse sistema conceitual as alegorias se assemelham aos modelos por serem representadas através de imagens ou objetos, no entanto, há uma diferença fundamental entre ambas, que é o caráter implícito presente nas comparações feitas por alegorias, diferente dos modelos cujas comparações são explícitas.

Entretanto, mesmo que haja pesquisadores que diferenciem as metáforas das analogias (DUIT, 1991; VENVILLE; TREAGUST, 1993; MÓL, 1999; FRANCISCO JÚNIOR, 2009), não há consenso sobre essas classificações e, muitos outros (RITCHIE, 1994; DAGHER, 1995; MASTRILLI, 1997; FERRAZ; TERRAZZAN, 2002) continuam utilizando esses conceitos como sinônimos. Assim, em meio a essa multiplicidade de concepções, parece que **o único consenso é que a analogia estabelece comparações entre algo conhecido e aquilo que é desconhecido**, conforme afirma grande parte dos pesquisadores (DUIT, 1991; GLYNN, 1991; TREAGUST *et al.*, 1992; MÓL, 1999; NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001; FERRAZ; TERRAZZAN, 2002; FRANCISCO JÚNIOR, 2009).

Sendo assim, reconhecemos as importantes diferenças entre os conceitos de modelo, analogia e metáfora, mas consideramos que para nossos propósitos podemos nos referir a todas essas concepções de um modo mais genérico, apenas como *relações analógicas* (RAs), por isso, faremos distinção apenas nos casos em que seja necessário discutir a diferença entre comparações implícitas e explícitas.

1.2 OBJETIVOS, POTENCIALIDADES E DIFICULDADES NO USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

Assim como não há uma definição consensual para os diferentes tipos de relações analógicas, os pesquisadores da área de Ensino de Ciências também se dividem quando se trata de discutir os seus objetivos, potencialidades ou dificuldades enfrentadas. Segundo Duarte (2005), a maioria reconhece as analogias como importantes ferramentas para o ensino, porém, muitos também apontam problemas associados à sua utilização, os quais, por sua vez, podem estar relacionados aos objetivos com que são empregadas ou mesmo às concepções adotadas.

Entre as diversas concepções de metáforas e analogias, encontram-se também, diferentes expressões utilizadas para descrevê-las, tais como as que apresentamos no Quadro 1 a seguir:

EXPRESSÕES UTILIZADAS	PESQUISADORES
“técnicas de abstração”	(NERSESSIAN ¹ , <i>apud</i> LOPES, 1997)
“recursos didáticos”	(FERRAZ; TERRAZZAN, 2002)
“ferramenta”	(OLIVA <i>et al.</i> , 2001; FERRAZ; TERRAZZAN, 2002; OLIVA, 2004; DUARTE, 2005)
“instrumento”	(MONTEIRO; JUSTI, 2001)
“instrumentos de cognição”	(FRANCISCO JÚNIOR, 2009)
“modelo” ou “estratégia de ensino”	(FERRY; NAGEM, 2009)
“figuras de linguagem”	(BOZELLI; NARDI, 2006)
“facilitadores na compreensão de ‘abstratos’”	(DUIT, 1991)
“dispositivos de linguagem”	(FRANCISCO JÚNIOR, 2009)
“subterfúgios pedagógicos”	(GOMES; OLIVEIRA, 2007)

QUADRO 1 - EXPRESSÕES UTILIZADAS POR PESQUISADORES NA DESCRIÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

FONTE: O autor (2014)

¹ NERSESSIAN, N. Constructing and instructing: the role of “abstraction techniques” in creating and learning physics. In: Duschl, R. A.; Hamilton, R. J. (ed.). **Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice**. State University of New York: New York, 1992.

As diferentes expressões citadas no Quadro 1, são algumas vezes equivalentes entre si, no entanto, também é possível que possam indicar diferentes formas de compreensão do processo pelo qual elas são concebidas. Por exemplo, a expressão “técnicas de abstração” sugere um entendimento de que as relações analógicas favorecem o processo de descontextualização das leis e teorias científicas que explicam um fenômeno, generalizando estes conhecimentos para serem aplicados a outros fenômenos equivalentes. Por outro lado, a expressão “facilitadores na compreensão de ‘abstratos’”, sugere que são as relações analógicas que tornam familiares os conteúdos mais abstratos. Também é interessante observar a expressão “instrumentos de cognição” que evoca uma função heurística das relações analógicas, ou ainda, a expressão “subterfúgios pedagógicos” que sugere que estas são usadas apenas como pretexto para esquivar-se de conteúdos mais abstratos.

Além das diferenças acima, Duarte (2005) destaca também os diferentes objetivos com os quais as analogias são usadas. De acordo com a pesquisadora, elas podem ter uma função “explicativa ou comunicativa” quando tratam das semelhanças entre duas situações ou, podem ter função “inferencial ou generativa” quando cumprem uma função mais heurística para prever novas semelhanças a partir daquelas iniciais.

[...] as analogias têm uma função explicativa, quando colocam conceitos e princípios novos em termos familiares; têm uma função criativa quando estimulam a solução de um problema, a identificação de um problema novo e a generalização de hipóteses. (GLYNN *et al*, 1989 *apud* DUARTE, 2005).

Quanto à terminologia empregada para expressar o domínio em estudo, Duarte (2005) destaca que na maioria das vezes ele é chamado de *alvo*, embora também surjam outros termos como *objeto*, *problema*, *branco*, *meta*, *tópico* e *tema*, todos usados com significado equivalente. Entretanto, é mais difícil um consenso quando se trata da terminologia usada para designar o domínio conhecido, o qual recebe muitas denominações diferentes, tais como *foro*, *base*, *fonte*, *veículo*, *análogo* e *âncora*, sem predomínio de nenhuma delas.

Segundo Duarte (2005), embora não haja unanimidade, grande parte dos pesquisadores também ressalta as diversas *potencialidades* da utilização de analogias no Ensino de Ciências. Dentre elas, destacam-se: a ativação do raciocínio

analógico; o desenvolvimento da criatividade; a maior inteligibilidade do conhecimento científico, e em especial, de conceitos abstratos; a promoção do interesse dos alunos; a maior percepção de concepções alternativas e; a capacidade de avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos.

Por outro lado, muitos pesquisadores também apontam problemas no uso de analogias, que segundo Duarte (2005), são: o risco de a analogia ser confundida com o próprio conceito em estudo; a retenção apenas dos detalhes mais evidentes; a não compreensão da analogia e; o não reconhecimento das suas limitações.

Entre os pesquisadores brasileiros que fazem críticas ao uso de relações analógicas, citamos Lopes (1997) que questiona o uso indiscriminado de analogias e metáforas como meio de aproximação entre as concepções científicas e cotidianas. Segundo esta pesquisadora, corre-se o risco de mascarar as diferenças entre Ciência e senso comum, reforçando o continuísmo ao invés de permitir que os estudantes compreendam as diferenças entre os conceitos nesses dois contextos:

[...] invariavelmente, quando os alunos utilizam metáforas e analogias o fazem com o intuito de reforçarem suas concepções cotidianas e espontâneas que, de uma maneira geral, precisam ser desconstruídas pelos professores no processo de ensino-aprendizagem. (LOPES, 1997, p.565).

Outra crítica é apresentada por Oliveira, R. J. de (1992), que discute as metáforas apresentadas em livros didáticos de Química e Física da década de 1980, as quais são consideradas animistas, de acordo com a epistemologia bachelardiana. Como exemplo, o pesquisador comenta as imagens apresentadas por Ueno e Yamamoto (1982)² para representar a atração e a repulsão entre cargas elétricas. Numa dessas imagens há um homem de braços abertos representando a carga positiva que vai ao encontro de uma mulher que representa a carga negativa. Outras imagens mostram dois homens que se afastam um do outro, expressando descontentamento e, de modo semelhante, duas mulheres se afastando uma da outra. As críticas se referem à excessiva simplificação do conhecimento científico e ao desvio na atenção do estudante que, segundo o autor, pode ter consequências no seu aprendizado futuro:

Concebendo a atração elétrica como **impulso** que aproxima as cargas de sinais opostos, o estudante terá dificuldade em racionalizar, por exemplo, o conceito de campo elétrico, o qual exige um nível de abstração maior. Tendo encontrado satisfação imediata na imagem simples, o aprendiz

² UENO, P. T.; YAMAMOTO, I. Estudos de física. São Paulo: Ed. Moderna, v.3, p.158, 1982.

recusará o aprofundamento, bloqueando assim seu próprio desenvolvimento cognitivo. (OLIVEIRA, R. J. de, 1992, p.88, grifo no original).

Segundo Oliveira, R. J. de (1992), mesmo que as metáforas pareçam facilitar o aprendizado de Ciências, elas acabam produzindo obstáculos difíceis de serem superados porque estabelecem conexão imediata entre o senso comum e o conhecimento científico. Outros pesquisadores como Mól (1999), Ferraz e Terrazzan (2003) e, Francisco Júnior (2009), embora defendam o uso das relações analógicas, também alertam para os riscos quando a sua utilização em sala de aula se dá sem os cuidados necessários à correta compreensão dos conceitos abordados:

[...] seu emprego de forma simplificada e espontânea pode guiar o pensamento para uma visão concreta e imediata que impede a abstração necessária à formação do conhecimento científico (FRANCISCO JÚNIOR, 2009, p. 122).

Os resultados dos trabalhos de investigação analisados por Duarte (2005), também chegaram a conclusões semelhantes, apontando que as analogias são muitas vezes improvisadas e complexas, tanto quanto o alvo ou até mais. Além disso, diversos outros problemas também são levantados, como por exemplo: as semelhanças mais relevantes entre o alvo e o análogo são pouco exploradas; as limitações das analogias não são claras; não há espaço para os alunos proporem analogias; há confusão das analogias com exemplos e; raramente a eficácia da analogia é avaliada pelos professores.

Numa pesquisa sobre a compreensão das relações analógicas, realizada por Souza, Justi e Ferreira (2006), os pesquisadores queriam investigar como os estudantes compreendem os modelos atômicos e, no entanto, constataram que eles não conseguem reconhecer a função dos modelos e das analogias utilizadas, tampouco as suas limitações. Os pesquisadores concluíram que os estudantes confundem as *comparações* realizadas dessa forma e as entendem como se fossem *definições* do conceito em estudo. Em outro trabalho, Oliva *et al.* (2001) ressaltam que as dificuldades de compreensão ocorrem porque os estudantes não reconhecem as semelhanças entre o conceito análogo e o conceito alvo:

No entanto, os professores normalmente tendem a conceituar a analogia como uma transferência direta, linear, unidirecional e simples do conhecimento fonte para o conhecimento meta, sem perceber o papel que exerce o modelo subjacente à analogia e o contexto didático que o sustenta

como mediador do processo de construção da mesma (OLIVA *et al.*, 2001, p.373, tradução nossa)³.

Quanto à utilização das relações analógicas pelos livros didáticos, de acordo com Duarte (2005), as diversas pesquisas realizadas indicam que há predomínio de analogias mal elaboradas, o que ainda é agravado pelo fato de que estas não são suficientemente explicadas e tampouco se faz qualquer referência às suas limitações. Somam-se a essas críticas, os trabalhos realizados por Lopes (1993, 1997) e Oliveira, R. J. de (1992) que criticam o excesso de relações analógicas nos livros didáticos brasileiros e, a partir de uma perspectiva bachelardiana, afirmam que o uso de analogias e metáforas como “substitutos da abstração” pode mascarar a ruptura entre conhecimentos científicos e cotidianos.

Frente a essa dificuldade em compreender porque muitas metodologias de ensino que utilizam relações analógicas fracassam ou apresentam resultados medíocres, Oliva (2004) argumentam que as atuais teorias sobre o raciocínio analógico não dão conta de explicar porque os estudantes fazem determinadas associações e não outras. Dessa forma, os pesquisadores citam Wilbert e Duit (1999) que, diante dessa possível inadequação teórica, consideram a necessidade de se fazer uma revisão das teorias atuais à luz de novas abordagens.

Nesse sentido, alguns pesquisadores brasileiros (FERRAZ; TERRAZZAN, 2002; BOZELLI; NARDI, 2006; FRANCISCO JÚNIOR, 2009) que buscam compreender o papel das metáforas e das analogias no Ensino de Ciências, parecem entendê-las não apenas como fenômenos cognitivos, mas ao mesmo tempo, como fenômenos linguísticos, o que implica em reconhecer que a sua função no raciocínio analógico depende também da complexidade da linguagem envolvida nesse processo, que é exatamente o que pretendemos explorar neste trabalho, por isso, retornaremos a este assunto a partir do terceiro capítulo, logo após apresentarmos em maiores detalhes, o contexto em que têm se desenvolvido as investigações da área e as principais metodologias resultantes destas pesquisas.

³ Sin embargo, los profesores solemos tender a conceptualizar la analogía como una transferencia directa, lineal, unidireccional y simple del conocimiento fuente al conocimiento meta, sin percibir el papel que juega el modelo subyacente a la analogía –y el contexto didáctico que lo sustenta como mediador del proceso de construcción de la misma.

1.3 METODOLOGIAS E MODELOS DE ENSINO COM ANALOGIAS

Conforme já comentado acima, as pesquisas da área (FERRAZ; TERRAZZAN, 2001; DUARTE, 2005; FERRAZ, 2006; FRANCISCO JÚNIOR, 2009) revelam que o uso de analogias e metáforas em sala de aula acontece muitas vezes de forma espontânea e, assim como nos livros didáticos, raramente há preocupações com embasamentos teóricos que possam servir de guia na sua aplicação. No entanto, também constatamos a existência de diversas propostas de modelos de ensino que buscam aprimorar o uso das relações analógicas, embora estes nem sempre sejam levados em consideração pelos professores e autores de livros didáticos. Dentre estes, nós destacamos o *Teaching With Analogies* (TWA), o Modelo Didático Analógico (MDA) e a Metodologia de Ensino Com Analogias (MECA) que exerceram grande influência nas pesquisas sobre o Ensino de Ciências realizadas em território brasileiro e, segundo Duarte (2005), podem ser classificados como modelos de ensino centrados no professor.

O *Teaching With Analogies* (TWA) foi desenvolvido por Shawn Glynn em 1989, a partir da análise do uso de analogias por professores e livros didáticos de diversos níveis educacionais, resultando numa proposta de ensino que se tornou uma das principais referências, influenciando grande parte das pesquisas sobre o Ensino de Ciências com analogias, dentre estas, os trabalhos de Mól (1999), Ferraz e Terrazzan, 2001, Oliva *et al.* (2001) e Francisco Júnior (2009, 2010).

O modelo TWA fundamenta-se numa concepção que entende a aprendizagem como um processo de mudança conceitual, de acordo com o modelo desenvolvido por Posner e colaboradores (1982). Nesse contexto, segundo Glynn e Takahashi (1998), as analogias desempenham um importante papel na construção de relações entre os conhecimentos que o estudante já possui e os novos conhecimentos a serem aprendidos. Segundo os pesquisadores, como os conceitos científicos representam sistemas complexos, as analogias podem servir como modelos mentais iniciais que os estudantes podem usar para chegar ao entendimento desses sistemas, ainda que de forma bastante limitada. Assim, o aprendizado de Ciências é considerado como uma mudança conceitual produzida a partir de modelos mentais progressivamente mais sofisticados. Entende-se que à medida que os estudantes se desenvolvem cognitivamente e aprendem mais, eles

vão evoluindo para além das analogias simples, adotando modelos explicativos mais sofisticados e poderosos.

Com o objetivo de favorecer o processo de mudança conceitual e ao mesmo tempo reduzir o risco de desenvolvimento de concepções alternativas pelos estudantes, o modelo TWA propõe seis operações, apresentadas a seguir, que devem ser observadas pelo professor toda vez que utilizar alguma analogia para facilitar a aprendizagem.

- (1) Introdução do conceito alvo: primeiro se aborda o conteúdo a ser estudado para depois se apresentar o análogo;
- (2) Sugestão do análogo e a estimativa da familiaridade dos estudantes com o mesmo: nesta etapa se certifica de que os estudantes conhecem e compreendem bem o análogo escolhido;
- (3) Identificação e explicação das características relevantes do alvo e do análogo;
- (4) Mapeamento das semelhanças: as características do análogo, discutidas na etapa anterior, são comparadas com as do alvo;
- (5) Esboço das conclusões sobre o alvo: é a etapa na qual se complementam as explicações iniciadas antes da apresentação do análogo;
- (6) Identificação dos limites da analogia: explicam-se quais são as comparações entre o alvo e o análogo que são válidas.

Segundo Duarte (2005), o modelo TWA é uma das principais referências nas pesquisas sobre o uso de analogias, embora também apresente algumas falhas, como empregar uma analogia simples e apenas fornecer uma estrutura geral, dividida em etapas, sem se preocupar com o modo pelo qual cada uma dessas etapas é executada. Além disso, a autora aponta que o modelo propõe a realização das conclusões antes de se discutir os limites da analogia, o que poderia facilitar o desenvolvimento de concepções alternativas nos estudantes. Harrison e Treagust (1993) afirmam que somente depois que se conhecem os atributos compartilhados é que se pode chegar às conclusões sobre a analogia, por isso, eles propõem uma inversão na ordem dos passos cinco e seis deixando as conclusões para serem realizadas após a identificação dos limites da analogia.

O Modelo Didático Analógico (MDA) é definido como um “dispositivo da ciência escolar”, em que o análogo concreto, aquele próximo do cotidiano do

estudante, é utilizado para uma aproximação do modelo científico. Foi proposto por Galagovsky *et al.* (2001) e, assim como o TWA, é um modelo de ensino centrado no professor e juntamente com este, também foi explorado por pesquisadores brasileiros (FRANCISCO JÚNIOR, 2009; SANTOS; INFANTE-MALACHIAS, 2013). Segundo seus autores, para se construir um MDA é necessário conhecer em profundidade o tema a ser ensinado, abstrair seus conceitos centrais, bem como, as relações funcionais entre eles e, traduzi-los a uma situação proveniente da vida cotidiana, da ficção científica ou do senso comum, da forma mais inteligível possível.

A estratégia didática para operar com o MDA requer três momentos diferenciados, que são descritos a seguir:

- (1) Abordagem do MDA antes do tema específico: segundo os autores, permite que os estudantes formulem hipóteses sobre os fenômenos que ocorrem no análogo e que poderão se relacionar com os conteúdos, procedimentos e linguagem da Ciência erudita. Assim, considera-se que um registro escrito das discussões seja fundamental para o momento de metacognição, desenvolvido na terceira etapa;
- (2) Apresentação da informação com uma linguagem mais próxima da Ciência erudita: no primeiro momento se trabalha com o MDA num contexto de Ciência escolar, com uma linguagem próxima do cotidiano e no segundo, se avança para uma linguagem mais erudita. O trabalho dos estudantes consistirá na elaboração de novas hipóteses que relacionem o MDA e o modelo científico através de suas semelhanças e diferenças. Novamente se recomenda o registro das informações para que se possam comparar as informações de cada etapa;
- (3) Metacognição ou autogestão da aprendizagem: momento no qual ocorre a tomada de consciência do estudante sobre o salto cognitivo realizado. Nesta etapa se exige do estudante uma análise rigorosa para explicitar as transposições operadas nos processos analógicos, que segundo os autores, envolvem recortes, simplificações, aproximações, transferências e deslocamentos de conteúdos, bem como, os limites de validade conceitual e operacional e, o conjunto de operações inversas que permitem recuperar o modelo original (condição de reversibilidade).

Um terceiro modelo de ensino que também é centrado no professor foi denominado Metodologia de Ensino Com Analogias (MECA) e foi desenvolvido a partir de investigações realizadas no Grupo de Estudos de Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC), do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Segundo seus autores (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001, p.204), o modelo tem por objetivo sistematizar a “metodologia empregada no uso de analogias como ferramentas de ensino”, obedecendo a uma formatação que apresentamos a seguir:

- (1) Área do conhecimento: deve se definir a área específica do conhecimento a ser trabalhado (Matemática, Química, Física, etc.);
- (2) Assunto: refere-se ao conteúdo que será estudado dentro da área escolhida;
- (3) Público: o conhecimento do público-alvo ajuda na adequação do “veículo” (análogo) à idade, nível de conhecimento e experiência do aprendiz, bem como, à sua relação com o conhecimento e o contexto histórico;
- (4) Veículo: refere-se ao conteúdo familiar (análogo) que proporcionará a compreensão do objeto em estudo;
- (5) Alvo: é o conteúdo a ser estudado pela analogia;
- (6) Descrição da analogia: segundo os autores, primeiro se apresenta e se explica a analogia para depois se falar do alvo, de modo que ela também sirva de “elemento motivador”;
- (7) Semelhanças e diferenças: busca-se de maneira objetiva explicitar o que é mais relevante para a compreensão do alvo, reforçando as semelhanças, mas sem dar muita ênfase às diferenças;
- (8) Reflexões: é a etapa na qual são analisadas a validade da analogia e suas limitações;
- (9) Avaliação: refere-se à avaliação qualitativa realizada pelo docente sobre a compreensão e a assimilação dos conteúdos trabalhados.

Além dos modelos de ensino centrados no professor, segundo Duarte (2005), também há aqueles centrados no aluno como é o caso do modelo proposto

por Wong⁴ (1993a,b) que estimula os estudantes a avaliarem e alterarem as analogias apresentadas e criarem as suas próprias:

O modelo compreende um conjunto de quatro etapas: (1) explicação do fenómeno em estudo; (2) concepção de analogias que permitam compreender o fenómeno; (3) aplicação da analogia ao fenómeno, apontando as semelhanças e diferenças; (4) avaliação da adequação das analogias propostas. (DUARTE, 2005, p.20).

Segundo essa pesquisadora, no modelo de Wong são os estudantes que buscam a solução para os problemas apresentados e, por isso, as analogias são mais interessantes para eles porque envolvem seus próprios conhecimentos prévios que podem ser identificados e confrontados com o mínimo de intervenção do professor. No entanto, os estudantes podem ter dificuldades para selecionar um análogo adequado e corre-se o risco de que a compreensão do alvo estudado seja insuficiente para fazer as correlações apropriadas, assim como, eles podem incorporar concepções alternativas presentes no análogo, de modo que se exige uma grande interação do estudante com o professor. Além disso, se considerarmos que a principal função das relações analógicas é facilitar a compreensão do alvo, uma vez que se atinjam tais objetivos elas deixam de ser necessárias, portanto, um modelo que exija que o estudante já tenha uma compreensão do alvo para criar suas próprias analogias nos parece fora de propósito.

Ainda segundo Duarte (2005, p.21), há modelos de ensino com analogias centrados tanto no professor quanto no estudante, como é o caso do Modelo de Ensino Assistido por Analogias, proposto por Cachapuz (1989). Neste modelo, o professor pode optar em apresentar um análogo aos estudantes ou, deixar que estes selecionem aquele que lhes seja mais familiar, sendo que a opção ocorre em função dos objetivos de ensino. Quando o conteúdo estudado é conceitualmente novo, a estratégia centrada no professor (ECP) pode ser a mais adequada, situação em que as analogias promovem “a incorporação da nova informação na estrutura cognitiva do aluno”. Nos casos em que “o domínio em estudo estiver estruturado pelos alunos”, a preferência deve ser pela estratégia centrada no aluno (ECA).

De acordo com a pesquisadora, este modelo obedece a uma sequência de

⁴ WONG, E. (1993a). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v.30, n.4, 1993.

_____. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. **Journal of Research in Science Teaching**, v.30, n.10, 1993.

quatro etapas:

(1) apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo; (2) introdução do(s) conceito(s) que pertence(m) ao domínio familiar (sub-domínio analógico); (3) exploração interactiva da correspondência estabelecida; (4) estabelecimento dos limites da analogia. (DUARTE, 2005, p.21).

Assim como nos demais modelos apresentados, o autor também reconhece algumas limitações deste, que são relativas à: idade do público alvo que podem apresentar diferenças ao nível de esquemas conceituais; dificuldade na seleção de aspectos relevantes do análogo; necessidade de se estabelecer claramente os limites da analogia e; a importância do professor na seleção e abandono de analogias inadequadas.

Apesar da diversidade de modelos de ensino e das diferentes estratégias que ora focam no professor ora no estudante, o TWA é de longe o mais citado pelos pesquisadores em Ensino de Ciências no Brasil, seguido pelo MECA, o qual também se baseia no TWA, embora segundo Nagem, Carvalhaes e Dias (2001, p.206), o modelo acrescenta uma etapa de avaliação na qual os estudantes podem propor suas analogias para que o professor possa “verificar o grau de compreensão e entendimento do aluno”, conforme esclarecem:

A compatibilidade da analogia elaborada pelo aluno com a do professor indica que houve, por parte do aluno, um entendimento e uma compreensão do conceito transmitido. Não tem ela, ainda, o poder de verificar a mudança conceitual no sentido de resultados em ações no fazer diário ou de aplicabilidade do conceito nas situações apresentadas. Outros mecanismos de verificação de aprendizagem devem ser considerados. A proposta é tentar garantir que o novo conceito seja compreendido e entendido a partir das semelhanças e das diferenças apresentadas. (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001, p.206).

Observamos que assim como no modelo TWA, no MECA as analogias também são utilizadas como meio de produzir uma mudança conceitual no estudante e, mesmo que neste último, haja acréscimo de objetivos e etapas no uso das analogias, ambos se assemelham bastante, principalmente no que diz respeito à concepção de aprendizagem adotada. Sendo assim, consideramos importante dar maior atenção a essa concepção de ensino e aprendizagem, o que faremos na próxima seção.

1.4 RELAÇÕES ANALÓGICAS E O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL

Dentre as concepções de ensino e aprendizagem adotadas no estudo das relações analógicas, possivelmente o Modelo de Mudança Conceitual (MMC) foi a que exerceu maior influência, sendo empregada na tentativa de entender as dificuldades que os estudantes têm em compreender os conceitos científicos e, para propor estratégias que levem à substituição das noções de senso comum por outras cientificamente aceitas. Sua fundamentação teórica é construtivista piagetiana, assumindo que a partir de concepções prévias e observações experimentais, é possível criar conflitos cognitivos na mente do estudante, os quais levam à construção de novas ideias, supostamente mais elaboradas e adequadas que as anteriores.

Tal concepção de ensino é resultado de uma analogia entre “a forma pela qual a criança constrói sua realidade, estruturando sua experiência vivida, e a forma pela qual o cientista constrói a Física” (RAMOZZI-CHIAROTTINO, 1988, p.5) que, em outras palavras, assume que um estudante e um cientista conhecem o mundo da mesma forma, cuja principal falha é não levar em consideração as diferenças no nível de conhecimento de cada um.

Segundo Osborne (1993) as ideias construtivistas se destacaram principalmente pelo grande sucesso na crítica ao didatismo, ao mesmo tempo em que suas estratégias de ensino alternativas contribuíram para uma melhor compreensão do ensino e da aprendizagem, assim como os dados empíricos produzidos colaboraram para melhorar a compreensão do pensamento das crianças sobre a Ciência. Porém, essas ideias apresentam falhas na percepção e reconhecimento de seus limites, da mesma forma que não prevê um mecanismo pelo qual o indivíduo possa desenvolver novas construções para ver o mundo e, tampouco explica a origem das ideias que o indivíduo utiliza para interpretar as suas percepções sensoriais. Também não explica o papel das analogias e das metáforas que, segundo o pesquisador, “são os veículos para estender nossos pensamentos e ideias e assim, reorganizar nossas representações simbólicas internas” (OSBORNE, 1996, p.65, tradução nossa):

[...] para observar o movimento browniano em partículas de fumaça, antes da observação, um estudante deve receber do professor um construto que

lhe permita dar sentido a suas percepções. Isto só pode ser feito mediante o uso de uma analogia ou comparação. Sem isso, a experiência comum é que a atenção do aluno seja desnecessariamente focada em outros elementos do microscópio. Além disso, a reformulação da sensação só ocorrerá pela reflexão e reorganização das representações [...] (OSBORNE, 1996, p.65, tradução nossa)⁵.

Segundo El-Hani e Bizzo (2002), a grande aceitação e permanência de tais concepções na Educação em Ciências se devem em grande parte, porque elas reforçam uma espécie de pensamento tácito, que entende a aprendizagem como uma representação mental dos objetos físicos, tal como um “espelho” do mundo real, formando uma estrutura que se desenvolve e se amplia a partir da aquisição de novos conhecimentos. Segundo Gois (2012), tais concepções se fundamentam num pressuposto filosófico que dificilmente se sustenta quando confrontado com resultados obtidos pelas pesquisas da área. Para este pesquisador, a aprendizagem é uma elaboração de significados, de modo que não depende de uma relação de representação, seja ela empírica ou mental.

Em crítica a esses modelos de ensino, Matthews (1992 *apud* MORTIMER, 1996)⁶ afirma que a busca em dar sentido ao mundo, às experiências e às observações, tendo como ponto de partida as ideias do próprio sujeito, são importantes evidências de que as ideias construtivistas não conseguiram se divorciar completamente do empirismo. Osborne (1993) reforça essa crítica ao afirmar que a ênfase dada às experiências sensoriais é equivocada:

Pois, enquanto as sensações são importantes na construção de esquemas descritivos e explicativos, principalmente para a criança, o modelo deixa de reconhecer que um dos meios mais importantes de geração de novos significados é através de um processo de reflexão e de reorganização da representação simbólica interna das sensações. [...] O capital cultural do pensamento científico ocidental constitui-se dessas representações simbólicas da experiência e a questão-chave para a educação científica é a forma como estas podem ser efetivamente adquiridas pelos estudantes. (OSBORNE, 1993, p.4, tradução nossa)⁷.

⁵ [...] to observe Brownian motion in a smoke cell, a student has to be provided by a teacher with a construct that will enable them to make sense of their perceptions prior to observation. This can only be done through the use of a taught analogy or comparison. Without this, the common experience is that the student's attention is needlessly focused on other elements in the microscope. Moreover, reformulation of sensation will only occur by reflection and reorganization of the representations [...] (OSBORNE, 1996, p.65).

⁶ MATTHEWS, M. R. Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. **Review of Educational Research**, v. 22, p. 299-307, 1992.

⁷ The emphasis placed by this model on sensory experience is an unfortunate one. For, whilst sensations are important in constructing descriptive and explanatory schema, particularly for the young child, the model fails to recognise that one of the most important means of generating new meanings is through a process of reflection and reorganisation of the internal symbolic representation of sensations. [...] The cultural capital of western scientific thought is these symbolic representations of experience and the key issue for science education is how these may be effectively acquired by students. (OSBORNE, 1993, p.4).

Mortimer (1996) considera que esse pensamento acabou por produzir estratégias de ensino inócuas porque à medida que as ideias alternativas dos estudantes são conflitantes com o conhecimento científico, recorre-se a experimentos para provocar uma insatisfação nas ideias prévias, mas na maioria das vezes, estas apenas organizam o pensamento de senso-comum ou ampliam os conhecimentos que o estudante já possui.

Gasta-se muito tempo com poucos conceitos, e muitas vezes esse processo não resulta na construção de conceitos científicos, mas na reafirmação do pensamento de senso-comum. A prática de sala de aula contribui para o aumento da consciência do estudante sobre suas concepções mas não consegue dar o salto esperado em direção aos conceitos científicos. (MORTIMER, 1996, p.24).

El-Hani e Bizzo (2002, p.7) também advertem que embora a expressão “construtivismo” possa dar a noção de um corpo de conhecimentos bem constituídos e integrados, visto em geral, como uma boa alternativa ao ensino transmissivo, o que há de fato é “uma grande variedade de abordagens e visões diferenciadas congregadas sob este rótulo”. No entanto, segundo Mortimer (1996), há ideias que são compartilhadas entre as diferentes abordagens construtivistas, como é o caso da importância do envolvimento ativo do estudante na construção do conhecimento e, a importância das ideias prévias no processo de aprendizagem. Dentre essas diferentes abordagens, neste trabalho nós optamos por discutir apenas a Mudança Conceitual que foi a que teve maior influência no Ensino de Ciências nas décadas de 1980 e 1990 e, permanece como referência nos dias atuais, principalmente em relação ao ensino com o uso de analogias, influenciando, por exemplo, no desenvolvimento dos modelos TWA e MECA, já comentados na seção anterior.

O Modelo de Mudança Conceitual (MMC) foi desenvolvido por Posner *et al.* (1982) na Universidade de Cornell, como resultado de diversas pesquisas realizadas na década de 1970, durante o “movimento das concepções alternativas” e se popularizou tanto nos anos seguintes que, segundo Niedderer, Goldberg e Duit (1991), a expressão “mudança conceitual” passou a ser utilizada como se fosse sinônima de aprendizagem, embora nem sempre com os mesmos significados.

De acordo com Posner *et al.* (1982) a base epistemológica do MMC é uma analogia com a proposta kuhniana sobre o desenvolvimento científico, segundo a qual há duas fases de mudança conceitual distintas na Ciência, chamadas de “ciência normal” e “revolução científica”. Segundo Kuhn (2011), na primeira fase os

cientistas desenvolvem suas pesquisas no contexto de determinados compromissos centrais, chamados de “paradigmas” que indicam as estratégias a serem adotadas e especificam os critérios do que será aceito como solução para os problemas investigados. A segunda fase só ocorre quando os compromissos centrais necessitam ser revisados, exigindo que os cientistas adquiram novos conceitos e adotem uma nova maneira de ver o mundo.

Posner *et al.* (1982) entendem que no processo de aprendizagem ocorrem mudanças conceituais de forma análoga ao desenvolvimento científico, quando os estudantes recorrem a conhecimentos anteriores para explicar fenômenos novos, cuja fase eles chamam de “assimilação”. No entanto, quando o conhecimento dos estudantes se torna insuficiente para o sucesso no entendimento de fenômenos novos, eles devem substituir ou reorganizar seus conhecimentos centrais, de uma forma mais radical, ocorrendo uma segunda fase da mudança conceitual chamada de “acomodação”.

Arruda e Villani (1994) observam que assim como os períodos correspondentes à “ciência normal” e à “revolução científica” são chamados, respectivamente, de “assimilação” e “acomodação”, a noção de “paradigma” na concepção kuhniana, também tem seu equivalente no MMC sendo chamado de “ecologia conceitual”, correspondendo às ideias que o estudante já possui. Porém, Mortimer (1996) questiona a transposição desse modelo filosófico para uma situação de ensino-aprendizagem, uma vez que se ignoram as diferenças entre um processo interno a uma cultura, como é o desenvolvimento científico e, outro que é a aquisição de uma nova cultura. Além disso, o pesquisador também aponta o que ele chama de “inconsistência da concepção kuhniana” que é o fato de pressupor a obrigatoriedade de uma crise entre teorias ou tradições bem estabelecidas para o surgimento de um novo paradigma, ignorando a possibilidade do desenvolvimento de diferentes teorias em paralelo, sem ter que “derrotar” as demais, como é o caso da Teoria do Caos, por exemplo.

[...] na ciência como um todo, e na Química em particular, temos muitos exemplos de aplicações de conceitos já tidos como ultrapassados, mas que são úteis em determinados contextos. Um químico que possua sólida cultura quântica não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal, os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria de equações químicas não é necessário mais do que essa visão simplificada do átomo daltoniano. (MORTIMER, 1996, p.27).

Para Arruda e Villani (1994), o principal pressuposto da mudança conceitual é que os estudantes possuem preconceções ou concepções espontâneas, que são ideias intuitivas e relativamente estáveis, sobre os fenômenos naturais e sociais e, que podem ser substituídas por outras cientificamente aceitas. Dessa forma, o MMC baseia as suas estratégias de ensino no desenvolvimento das ideias dos estudantes que estejam coerentes com o ponto de vista da Ciência, mas principalmente no “conflito cognitivo” que é entendido como um confronto de concepções espontâneas com os resultados de atividades experimentais ou com a observação de novos fenômenos, de modo a provocar uma insatisfação com as concepções existentes. Portanto, espera-se que essa insatisfação leve os estudantes a substituírem suas concepções por outra cientificamente mais coerente, o que deve ocorrer se a nova concepção for “inteligível, plausível e fértil”, no sentido de proporcionar a compreensão de novos fenômenos.

Segundo essa proposta, entende-se que há uma diminuição no *status* das concepções anteriores e um progressivo aumento no *status* das concepções novas, produzindo uma *acomodação* do conhecimento. Porém, El-Hani e Bizzo (2002) argumentam que o conflito cognitivo nem sempre produz os resultados esperados, sendo que muitas vezes os estudantes podem simplesmente rejeitarem a nova teoria ou considerarem que as observações experimentais são irrelevantes como desafio às suas concepções. Outra possibilidade é que ocorra o que Cobern (1996) chamou de “apartheid cognitivo”, quando os estudantes mesmo compreendendo as concepções novas criam uma barreira que as mantém em separado das anteriores porque não se encaixam na sua forma de pensar. Dessa forma os estudantes evitam o conflito, mas mantém o conhecimento disponível para ser recuperado em determinadas ocasiões, mesmo que ele não tenha efeito na vida cotidiana. Em geral, esse conhecimento é mantido por pouco tempo, até uma avaliação, por exemplo, mas passado esse período pode ocorrer uma reinterpretação das novas informações de modo a torna-las compatíveis com as concepções anteriores ou esse conhecimento simplesmente se deteriora por falta de significado.

Arruda e Villani (1994) também fazem algumas críticas ao MMC, apontando falhas como: a desconsideração de que a aprendizagem não é apenas um processo intelectual, mas que também é afetada por fatores emocionais; a excessiva simplificação das “anomalias” entre teoria e dados experimentais e; a falta de reconhecimento da possibilidade de relações não conflituosas entre as concepções

novas e antigas. Juntam-se a essas, as críticas de Hewson e Thorley (1989) de que as diversas investigações sobre mudança conceitual não apresentaram evidências que ela ocorre como se pressupõem, com a diminuição do *status* das concepções antigas e a elevação do *status* das concepções novas. De modo semelhante, Villani e Arruda (1994) afirmam que a estabilidade da aprendizagem dos estudantes é muito baixa, ocorrendo, em geral, apenas uma aceitação provisória das novas teorias que são rapidamente esquecidas.

Frente às dificuldades apresentadas, a partir da década de 1990, alguns pesquisadores (COBERN, 1996; MORTIMER, 1996, 2000; EL-HANI; BIZZO, 2002) passaram a considerar a possibilidade da coexistência das concepções do estudante, aceitando que as espontâneas não precisam ser necessariamente substituídas por aquelas cientificamente aceitas, mas podem ser empregadas em contextos diferentes. Essa compreensão, de acordo com Schnetzler (2002), emerge a partir do pensamento sociointeracionista que entende que na sala de aula, as visões distintas devem ser expressas e negociadas entre o professor e o aluno.

Willian Cobern (1996), embasado nesse mesmo pensamento sociointeracionista, propôs uma alternativa ao MMC denominada “construtivismo contextual”, que se diferencia do primeiro por reconhecer a importância da cultura do estudante no desenvolvimento e na aceitação de suas crenças. Assim, considera que o estudante pode compreender as diferentes concepções sem necessariamente “acreditar” nelas, sendo possível que ele conviva até mesmo com concepções contraditórias, desde que sejam empregadas em contextos apropriados.

Segundo El-Hani e Bizzo (2002), embora o MMC e o construtivismo contextual apresentem concordância quanto às ideias centrais, eles incorporam pontos de vista filosóficos antagônicos. Assim, enquanto a mudança conceitual é classificada como “pessoal-objetivista”, entendendo o conhecimento como uma construção essencialmente pessoal e apresentando uma visão objetiva da natureza, o construtivismo contextual é considerado como “social-relativista”, já que dá maior ênfase na natureza social do conhecimento e tem uma visão relativista da natureza.

Outra proposta sociointeracionista que também aceita a possibilidade que o estudante conviva com diferentes concepções que podem ser utilizadas em contextos distintos, é o modelo de “Evolução de Perfis Conceituais”, desenvolvido por Mortimer (1996, 2000), inspirado na noção dos Perfis Epistemológicos de Bachelard (2008). Esse modelo, assim como o construtivismo contextual, aceita a

coexistência entre as diferentes concepções e a liberdade do indivíduo para escolher aquela que julgar mais adequada ao contexto. No entanto, além do risco de uma relativização exacerbada entre senso comum e conhecimento científico, ambas as concepções também estão fundamentadas no mesmo pressuposto filosófico representacionista questionado por Góis (2012) e Huk (2009), do qual também emerge a Teoria dos Modelos Mentais, que discutimos na seção seguinte.

1.5 RELAÇÕES ANALÓGICAS E A TEORIA DOS MODELOS MENTAIS

Atualmente uma das principais linhas de pesquisa sobre o pensamento analógico, segundo Oliva *et al.* (2001), está relacionada à investigação de *modelos mentais*, realizada por Johnson-Laird (1983) e Holland *et al.* (1986) no campo da psicologia. Essas pesquisas têm recebido grande destaque em âmbito mundial, exercendo sua influência também, em uma quantidade muito significativa de trabalhos sobre Ensino de Ciências, realizados no Brasil nas últimas décadas.

Segundo Monteiro e Justi (2000) e Justi (2006), embora os modelos sejam frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel dos modelos vai além de uma simples função como *ferramenta de ensino*, eles também estão intrinsecamente atrelados ao próprio desenvolvimento da Ciência. Para os pesquisadores, os modelos são ferramentas do pensamento científico que atuam como representações mentais do mundo, as quais são utilizadas durante a elaboração e aplicação do conhecimento científico. Os modelos cumprem a função de simplificar fenômenos complexos, auxiliar na visualização de entidades abstratas e na interpretação de resultados experimentais, bem como, na elaboração de explicações e previsões de fenômenos. Assim, eles são entendidos não apenas como *auxiliares* na elaboração do conhecimento científico, mas como fundamentais a esse processo.

Modelos mentais são representações dinâmicas e generativas que podem ser manipuladas mentalmente para prover explicações causais de fenômenos físicos e fazer previsões sobre estados de coisas do mundo físico. Supõe-se que muitos modelos mentais são criados na hora para resolver questões de situações problemáticas específicas. (MOREIRA, 1997 *apud* KRAPAS; QUEIROZ; COLINVAUX, 1997, p.189).

Ainda segundo Monteiro e Justi (2000), dada a impossibilidade de acessarmos diretamente um *modelo mental*, o que é possível conhecer dele é apenas sua expressão simbólica ou verbal que é denominada *modelo expresso*, o qual também se diferencia do *modelo consensual* que é aquele conhecido e aceito por uma determinada comunidade.

Considerando que os modelos científicos consensuais em geral carregam um alto nível de abstração, Monteiro e Justi (2000) destacam a importância do desenvolvimento de *modelos de ensino* que teriam o propósito de facilitar a compreensão dos estudantes sobre os modelos consensuais, e atuarem como auxiliares na elaboração dos seus próprios modelos mentais, conforme esclarecem:

[...] um modelo de ensino é um objeto ou situação que é trazido para o contexto de ensino a fim de ajudar os alunos a 'visualizarem' o objeto ou a situação pretendida em suas mentes. (JUSTI, 1997, *apud* MONTEIRO; JUSTI, 2000, p.68)⁸.

De acordo com essa concepção, as analogias são consideradas modelos de segunda ordem, cujo uso implica na elaboração de um primeiro modelo mental da situação análoga que será tomada como referência e, na elaboração de um segundo modelo sobre a situação ou problema que está sendo estudado. Além disso, entre ambos deve haver um modelo que sirva de ponte, destacando os atributos e relações existentes entre os dois sistemas comparados.

Portanto, segundo a Teoria dos Modelos Mentais, eles “são representações dinâmicas e generativas que podem ser manipuladas mentalmente para prover explicações causais de fenômenos físicos e fazer previsões sobre estados de coisas do mundo físico” (MOREIRA, 1997, p.48).

⁸ JUSTI, R. S. **Models in the teaching of chemical kinetics**. 1997. Unpublished PhD Thesis. Reading: The University of Reading, 1997.

1.6 RELAÇÕES ANALÓGICAS E A EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA

Uma das preocupações do Ensino de Ciências é com as dificuldades que os estudantes apresentam na compreensão da Ciência, o que em parte é devido às características da linguagem científica, resultando muitas vezes, numa aprendizagem precária que pouco ou nada difere do senso comum. Diante dessas dificuldades, muitos estudos já foram conduzidos e, diversas propostas apresentadas, entre elas o Modelo de Mudança Conceitual, já discutido acima e, a noção de obstáculo epistemológico, segundo a epistemologia bachelardiana, sobre a qual faremos uma rápida reflexão, o que provavelmente muito contribuirá para o debate sobre as potencialidades e os riscos do uso de relações analógicas no Ensino de Ciências e, o papel da linguagem neste processo.

Gaston Bachelard era francês, nascido no final do século XIX, mais precisamente no ano de 1884. Possuía licenciatura em matemática e letras, mas também se dedicou ao estudo da filosofia. Atuou como professor de química e física no ensino secundário, professor de Filosofia e, História e Filosofia das Ciências no Ensino Superior, lecionando na Faculdade de Dijon e na Sorbonne.

Como pesquisador, Bachelard se dedicou a compreender a construção e evolução do conhecimento científico, o que resultou em várias obras sobre epistemologia da Ciência, dentre elas *A Formação do Espírito Científico*, publicada em 1938, *O Novo Espírito Científico*, em 1934 e, *O Materialismo Racional*, em 1953. Portanto, a sua epistemologia preocupa-se com a história do desenvolvimento científico, apresentando uma crítica a determinados “vícios” que teriam sido herdados do empirismo, os quais poderiam limitar seus avanços.

Em *O Novo Espírito Científico*, Bachelard (1996) faz uma divisão da história do pensamento científico em três períodos: o primeiro, por ele denominado *Estado Pré-Científico* se estende da Antiguidade Clássica até o Renascimento, no século XVIII; o segundo, denominado *Estado Científico*, inicia-se no final do século XVIII e vai até o início do século XX; o terceiro, chamado de *Novo Espírito Científico*, tem início no começo do século XX, quando Einstein publica a sua Teoria da Relatividade.

Segundo Bachelard (2008), é a partir do Novo Espírito Científico que se propõem as mais audaciosas abstrações do conhecimento como resultado de uma

maturidade espiritual da Ciência, em oposição ao empirismo que reinava até então. No entanto, mesmo que a Ciência tenha se orientado em busca de um conhecimento mais abstrato e menos sujeito aos equívocos produzidos pelas observações, o epistemólogo argumenta que isso não significa que ela tenha ficado imune às “forças psíquicas” responsáveis por certas “zonas obscuras da mente”.

A epistemologia bachelardiana polemiza com a concepção empírico-positivista da Ciência, como um acúmulo de conhecimento, ao trazer a noção de ruptura. Assim, introduz uma nova compreensão das dificuldades apresentadas na construção do conhecimento argumentando que não há uma continuidade entre conhecimento comum e conhecimento científico e sim uma ruptura e, mais ainda, que estas não ocorrem apenas em relação ao conhecimento comum, mas que também são responsáveis pelo próprio desenvolvimento científico.

Bachelard também se contrapõe à ideia de uma Ciência que seja pautada no real observável, a partir de uma experiência concreta e imediata. Para ele, essa compreensão tende a opor obstáculos à evolução do conhecimento, na medida em que produz um encantamento com os fenômenos e impede a abstração. Para o epistemólogo, a experiência científica contradiz a experiência comum que, em geral, é baseada na opinião e na intuição. Portanto, ele ressalta que o pensamento abstrato não é sinônimo de má consciência científica e sim, deve ser o procedimento normal do “espírito científico”.

Para Bachelard (2008), é no próprio ato de conhecer que está a origem dos conflitos, que são responsáveis pela inércia ou lentidão do pensamento. Esses conflitos, em geral, ocorrem entre aquilo que se acredita saber e aquilo que se deve saber e, entram a evolução do pensamento. Esses entraves foram denominados *obstáculos epistemológicos*, porque levam o indivíduo a fazer uma seleção das ideias que confirmam o saber e rejeitar aquelas que o contradizem.

Para o epistemólogo, a construção de um novo conhecimento deve se dar através de uma ruptura com as ideias, os preconceitos e afeições do conhecimento anterior, de forma que o novo deve substituir o primeiro através de uma *catarse intelectual*, expurgando as afeições induzidas pelos sentidos e destruindo os conhecimentos mal estabelecidos e que causam obstáculos à *espiritualização*. Nesse processo, é necessário lutar contra as opiniões formadas e o apego às ideias claras que tendem a confirmar aquilo que se acredita saber.

Portanto, mesmo que inicialmente a epistemologia bachelardiana tenha sido direcionada ao desenvolvimento científico, ela também contribuiu para o debate sobre o Ensino de Ciências, muitas vezes fazendo um contraponto aos diferentes modelos de ensino já propostos. Certamente, uma dessas importantes contribuições é a percepção de que o estudante não pode ser considerado *tábula rasa*, já que detém concepções aprendidas a partir da observação e da experiência cotidiana e, que também devem ser consideradas no processo de aprendizagem. A difusão dessas ideias resultou em diversas pesquisas cuja intenção era entender *como* que ocorre a substituição das concepções consideradas inadequadas, sob o ponto de vista da Ciência, por outras cientificamente aceitas e, mais recentemente, se ocorre de fato, essa substituição.

Quanto ao Ensino de Ciências, Lopes (1996), destaca a atenção dada por Bachelard, à necessidade dos professores conhecerem essas concepções prévias dos alunos, a *experiência primeira*, cujo desconhecimento seria a causa de um importante *obstáculo pedagógico*: “aquele que impede o professor de entender porque o aluno não compreende” (LOPES, 1996, p.252) ou ainda, aquele em que o professor considera o conhecimento científico como um aprofundamento do conhecimento comum, ignorando a ruptura que há entre um e outro:

Na medida em que se crê na continuidade entre conhecimento comum e conhecimento científico, procura-se reforçá-la: busca-se considerar a ciência como uma atividade fácil, simples, extremamente acessível, nada mais que um refinamento das atividades do senso comum (LOPES, 1996, p.256).

A noção de substituição de concepções inadequadas por outras cientificamente mais coerentes é compartilhada entre o pensamento bachelardiano e os modelos de ensino construtivistas desenvolvidos na década de 1980, tal como o Modelo de Mudança Conceitual (MMC) e a Teoria do Conflito Cognitivo (TCC), que assumem que os estudantes possuem ideias intuitivas e relativamente estáveis, sobre fenômenos naturais e sociais, as quais podem ser substituídas por outras cientificamente aceitas caso as novas concepções sejam, segundo a TCC, *inteligíveis*, *plausíveis* e *férteis* para proporcionar a compreensão de novos fenômenos. Entretanto, El-Hani e Bizzo (2002) argumentam que diante do conflito muitas vezes o estudante pode simplesmente rejeitar as novas ideias ou considerar que as observações experimentais são irrelevantes como desafio às suas concepções, o que corrobora com a noção de *obstáculo epistemológico* apresentada

por Bachelard, segundo a qual ocorre um forte apego às intuições primeiras e às ideias mais familiares ao indivíduo.

Apesar de algumas semelhanças entre um pensamento e outro, as estratégias do conflito cognitivo, adotadas pelo MMC, diferem bastante da epistemologia bachelardiana. Enquanto que no MMC compreende-se que há uma diminuição no *status* das concepções anteriores e um aumento progressivo no *status* das concepções novas levando a uma *acomodação* do conhecimento, no pensamento bachelardiano supõe-se um processo bem menos sutil, como uma ruptura brusca com o conhecimento anterior.

Porém, possivelmente, a maior divergência entre ambas as propostas é que enquanto Bachelard assume o processo de abstração como fundamental à elaboração do conhecimento científico, o conflito cognitivo busca provocar uma insatisfação nas concepções dos estudantes pelo confronto com *resultados de atividades experimentais* ou pela *observação de novos fenômenos*, que é justamente o que Bachelard critica quando afirma que a cultura científica deve começar pela desconstrução do conhecimento empírico, baseado nos sentidos e na opinião. Só assim seria possível um conhecimento científico genuíno, assentado na razão e na abstração porque, segundo o epistemólogo, é na observação e na experimentação que estão os maiores riscos de se produzir obstáculos epistemológicos.

Dessa forma, Bachelard também se opõe ao uso de “experiências muito marcantes” no Ensino de Ciências porque elas desviam o interesse do estudante provocando um apelo visual e emocional muito forte, através de explosões e imagens fantásticas. Assim, seria indispensável uma alternância entre o experimento e a discussão teórica, a fim de que se possa avançar do concreto ao abstrato, possibilitando que ao se retornar ao experimento o estudante tenha uma melhor compreensão do fenômeno.

Para Bachelard, o encantamento com as imagens, com o concreto e o natural, impede a abstração e coloca a experiência acima da crítica, oferece uma satisfação imediata à curiosidade e substitui o conhecimento pela admiração. Por isso, Bachelard considera a *experiência primeira* como o primeiro obstáculo a ser superado numa cultura científica, numa clara oposição ao empirismo de Francis Bacon e Aristóteles que considera a Ciência como fruto da observação e da experiência.

Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas (BACHELARD, 1996, p.48).

Para Bachelard (2008), o conhecimento comum, baseado na observação e na experiência, é fruto da opinião e da afeição que as imagens e o concreto despertam em nossos sentidos. Sendo assim, ele é um obstáculo ao conhecimento científico e deve ser superado para que haja de fato, a construção de uma cultura científica. Por esse motivo, o epistemólogo também critica o uso excessivo de imagens, analogias e metáforas no Ensino de Ciências, que seriam contrárias à abstração. No entanto, Lopes (1996) observa que, apesar da crítica, Bachelard não nega a possibilidade de se usar analogias e metáforas, mas opõe-se à exaltação do sentido da visão como um sentido fundamental ao saber, considerando que seria possível confundir a capacidade de criar imagens de um fenômeno, com o próprio conhecimento.

Segundo Lopes (1996), Bachelard se distingue dos demais filósofos da Ciência por explorar a epistemologia em diversas áreas do conhecimento, como a Física, a Matemática e, principalmente a Química, ao contrário dos demais que focam quase exclusivamente na Física. No entanto, segundo a pesquisadora, no Brasil, os educadores em Ciências foram mais influenciados pelo positivismo anglo-saxão, sendo que um dos fatores que contribuíram para esse distanciamento foi a tradução tardia das obras de Bachelard para o português, associado à incompreensão da dualidade de seus trabalhos, no campo da epistemologia e da poética. Para essa pesquisadora, a epistemologia de Bachelard é uma epistemologia histórica não normativa que é embasada na História das Ciências e rivaliza com as filosofias empírico-positivistas de origem anglo-saxônica. Assim, essa epistemologia põe em xeque a possibilidade de uma definição categórica e universal do que é Ciência.

Outro aspecto destacado por Lopes (1996) é a importância que Bachelard dá ao erro como fonte retificadora do conhecimento. Segundo a pesquisadora, para esse epistemólogo mesmo que a Ciência seja um processo de construção da verdade, nem todo discurso científico é necessariamente verdadeiro, já que sempre haverá conhecimentos mal estabelecidos e que devem ser superados.

Dentre as importantes contribuições de Bachelard para a compreensão do desenvolvimento da Ciência, certamente, a crítica feita à hegemonia do empirismo merece um lugar de destaque. No entanto, posterior à publicação de *A Formação do Espírito Científico*, em 1938 e *A Filosofia do Não*, em 1940, novos movimentos científicos e filosóficos importantes influenciaram profundamente as compreensões sobre o conhecimento científico e, parte dessas mudanças também se refletiram nas obras de Bachelard que foram publicadas quase uma década após, como é o caso de *Le Rationalisme Appliqué* (BACHELARD, 1949), *L'Activité Rationnaliste de la Physique Contemporaine* (BACHELARD, 1951) e *Le Materialisme Rationnel* (BACHELARD, 1953). Sendo que nesta última, ele retorna à discussão de sua epistemologia deixada em suspenso desde *A Filosofia do Não*.

Segundo Dagognet (2010), a partir de 1949, a epistemologia bachelardiana sofreu uma reorientação, adquirindo materialidade e tornando-se mais refinada, com a publicação de *O Racionalismo Aplicado*, marcando uma ruptura entre a primeira e a nova epistemologia. De acordo com o pesquisador, nessa *neo-epistemologia*, a ironia aos esquemas e símbolos considerados falsamente pedagógicos cede lugar à pluralidade, aceitando a sua necessidade frente à evolução de uma Ciência cada vez mais complexa.

[...] a primeira filosofia da ciência intensifica sempre o tom crítico, retificador ou polêmico, enquanto que a segunda, ao contrário, constrói mais e sem pressa os fundamentos, a variedade e a mobilidade do ínfimo (DAGOGNET, 2010).

Para Bachelard, a formação do "espírito científico", assim como houve com a história do conhecimento produzido pela Ciência, também passaria por três diferentes estágios: o *estado concreto*, no qual há um grande deslumbramento com as imagens e uma identificação com as filosofias de exaltação da Natureza; o *estado concreto-abstrato*, onde começa uma transição da experiência física para a abstração, mas ainda pode haver insegurança caso a abstração se distancie muito de uma intuição sensível e: o *estado abstrato*, quando o espírito adota informações desligadas da experiência real e até mesmo em contradição com a realidade primeira.

A compreensão de um desenvolvimento em estágios, certamente não é exclusividade do pensamento bachelardiano, uma vez que ela também está presente nas obras de Piaget. No entanto, embora seja difícil afirmar que um tenha

influenciado o outro, consideramos importante citar algumas semelhanças porque a epistemologia genética de Piaget exerceu grande influência na educação e, segundo Ramos (2008), foi o principal referencial dos modelos de ensino construtivistas que predominaram nas últimas décadas.

No pensamento piagetiano, compreende-se o desenvolvimento cognitivo de uma criança através dos estágios *sensório-motor*, *pré-operatório*, *operatório concreto* e *operatório formal*. Assim, ressalvadas as diferenças, ambas as compreensões, piagetiana e bachelardiana, pressupõem uma percepção inicial dos objetos ou dos fenômenos, que progressivamente vai se libertando do sensorial até atingir um nível abstrato. No entanto, um ponto importante a ser observado, é que a epistemologia bachelardiana considera exclusivamente o conhecimento científico, ignorando outras formas de conhecimento, o que não é desejável para a Educação, uma vez que os estudantes possuem diversos conhecimentos culturais que precisam ser respeitados. Segundo Mortimer (1996) os conhecimentos de senso comum constituem “um pano de fundo” sobre a qual se processa a comunicação.

Sobre a superação de obstáculos epistemológicos por meio de uma ruptura com os conhecimentos anteriores, diversas pesquisas (EL-HANI; BIZZO, 2002) já questionaram esse fato, chegando à conclusão de que em certos casos ocorre apenas um enfraquecimento do *status* das concepções anteriores e uma elevação no *status* das novas concepções. No entanto, em *A Filosofia do Não*, o próprio Bachelard (1984) admite a influência das experiências individuais e das diferentes raízes culturais na formação dos conceitos científicos, aceitando também que todo indivíduo pode desenvolver seu próprio *perfil epistemológico* para os conceitos estudados. Inspirado na noção de perfil epistemológico, Mortimer (1996, 2000) vai além da proposta bachelardiana e propõe seu modelo de *evolução de perfis conceituais*, que admite inclusive, a possibilidade de o sujeito conviver confortavelmente com diferentes concepções, que podem ser acessadas de acordo com o contexto.

De acordo com Bachelard (1984), cada perfil epistemológico é composto por cinco diferentes zonas, no qual algumas delas exercem maior influência sobre o pensamento do indivíduo, dependendo de suas experiências pessoais ou de formação profissional, por exemplo. Assim, as zonas diferenciam-se pela sua complexidade e nível de abstração exigido, incorporando um poder explicativo cada vez maior, na seguinte ordem: *realismo* → *empirismo* → *racionalismo clássico* →

racionalismo moderno → *racionalismo contemporâneo*. Portanto, a zona do *realismo*, é a de menor complexidade, relacionando-se com o conhecimento de senso comum, enquanto que o *empirismo* já vai além da realidade imediata apoiando-se no uso de instrumentos. Nas zonas seguintes, situam-se os pensamentos progressivamente mais abstratos e menos dependentes das observações e interferências emocionais, de modo que no último nível hierárquico está a zona do *racionalismo contemporâneo* que por ser essencialmente mais complexo e abstrato que os demais e, ocupa-se dos avanços mais recentes da Ciência.

Portanto, diferentemente da proposta de Mortimer (1996) que aceita uma convivência harmoniosa entre as diferentes concepções, a epistemologia bachelardiana busca sempre uma verdade superior, recorrendo a um idealismo um tanto platônico, em direção a uma purificação do conhecimento científico, supondo atingi-la a partir de uma *maturidade espiritual da Ciência*.

Também, observamos com cautela a crítica que Bachelard faz ao papel dos sentidos na elaboração do conhecimento científico, especialmente à visão que, segundo o epistemólogo, é tomada como um sentido fundamental ao saber. Consideramos que, embora os sentidos não sejam suficientemente confiáveis, dada a sua imprecisão e a necessidade de uma teoria para interpretar os fenômenos visualizados, sempre haverá a intermediação destes como uma “porta de entrada” para as informações necessárias à elaboração do conhecimento científico. Porém, é essencial que haja um processo de abstração, no qual as observações empíricas sejam analisadas e relacionadas com outros conhecimentos já adquiridos, elaborando novos significados. É por isso que a Ciência recorre a instrumentos, como uma extensão dos nossos sentidos e, a teorias cujo papel é auxiliar na compreensão dos fenômenos observados.

Entendemos que a observação de fenômenos e resultados de atividades experimentais, também é importante no Ensino de Ciências, no entanto, é necessário que haja uma discussão para compreender as suas causas e estabelecer relações com outros contextos, nos quais também sejam válidas as mesmas ideias. A partir do pensamento wittgensteiniano que abordaremos na seção 2.4, entendemos que tanto a razão humana realçada por Bachelard, quanto a atividade prática enfatizada por linhas de pesquisa do Ensino de Ciências, são importantes para a aprendizagem. Dessa forma, é necessário promover a compreensão das

diferentes formas de uso da linguagem, nos diversos contextos em que o estudante estiver inserido.

Em relação ao uso de analogias e metáforas no Ensino de Ciências, conforme já comentamos, é inegável que elas também são empregadas na elaboração de importantes teorias científicas, fazendo parte do próprio desenvolvimento da Ciência. Sendo assim, consideramos impraticável um ensino que exclua o uso dessas relações analógicas, no entanto, reforçamos que elas devem ser um caminho para a elaboração do conhecimento, mas jamais devem substituí-lo.

Analisamos com muito cuidado a afirmação de Bachelard de que *todo* conhecimento novo e mais estruturado se dá contra um conhecimento anterior, pelo motivo de que se assim fosse, seria difícil imaginar como se dá a aprendizagem de uma criança que no momento em que nasce só se orienta instintivamente. Assim, entendemos ser possível aprender mesmo sem conhecimentos anteriores sobre o assunto estudado, ainda que seja difícil imaginar isso nas situações em que o indivíduo já esteja inserido em seu meio cultural.

Por último, gostaríamos de ressaltar que um modelo de pensamento baseado na História da Ciência, como é o caso da epistemologia bachelardiana, tem que ser analisado com cuidado quando o que se deseja é fazer uma analogia com a Educação. A transposição desse modelo para a educação apresenta problemas comuns a toda analogia, que são, principalmente, o risco de se ultrapassar os limites da similaridade e se comparar atributos não correspondentes entre os dois domínios e, confundir o análogo com o próprio objeto em estudo, nesse caso, considerar a educação como a própria Ciência, imaginando que o estudante é um pequeno cientista, tal como ocorre em alguns modelos de ensino inspirados na epistemologia piagetiana. A forma como o estudante aprende certamente não é a mesma pela qual a Ciência avança. No desenvolvimento científico, os resultados não são obtidos individualmente, mas pela contribuição de um grande número de atores e, além disso, há um lastro de conhecimento disponível que não pode ser comparado com os conhecimentos de um estudante, ainda em formação. Nesse sentido, defendemos uma análise mais crítica dessas concepções com o objetivo de questionar a validade de tais pressupostos e contribuir para a produção de um corpo de conhecimentos próprio da Epistemologia da Educação em Ciências que

considere as especificidades da área e possa superar o paradigma representacionista.

Apesar das ressalvas, reconhecemos que a epistemologia bachelardiana introduziu uma importante crítica ao empirismo e forneceu as bases para uma compreensão do processo de desenvolvimento do conhecimento científico, inspirando também esse debate no Ensino de Ciências. Dessa forma, entendemos que essa epistemologia é uma importante ferramenta de reflexão na Educação em Ciências, contribuindo para a compreensão das dificuldades apresentadas pelo estudante durante a aprendizagem e, ao mesmo tempo, reduzindo os riscos de uma metodologia inapropriada que leve a entraves no seu desenvolvimento.

2 AS CONTRIBUIÇÕES DA LINGUAGEM PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Bachelard demonstra uma preocupação com a linguagem adotada nos livros de divulgação científica e critica o excesso de eruditismo, que segundo ele, tende a uma exaltação do conhecimento adquirido e impede uma permanente reconstrução do mesmo. Menciona ainda, como uma das razões que bloqueiam o desenvolvimento de uma cultura científica, a confusão que pode ser provocada pela polissemia das palavras. Ele alerta que, numa mesma época, sob uma mesma palavra, podem coexistir conceitos muito diferentes e que se não forem observados mais confundem que explicam, por isso, em suas palavras: "É imensa a distância entre o livro impresso e o livro lido, entre o livro lido e o livro compreendido, assimilado, sabido!" (BACHELARD, 2008, p.10).

Nesse sentido, entendemos que é importante que a linguagem seja trabalhada de modo a permitir que o estudante conheça e compreenda os diferentes significados que as palavras de seu cotidiano podem assumir no contexto científico. Assim, o papel do professor seria reconhecer que o significado das palavras é dependente do contexto cultural e, mediar a compreensão do estudante sobre o significado que essas palavras assumem em contextos científicos distintos.

2.1 VIGOTSKI

Lev Semenovich Vigotski após ter se formado em Direito e Literatura, estudou medicina e foi professor de psicologia, literatura e pedagogia. Como pesquisador preocupou-se com o processo de desenvolvimento infantil e dedicou-se ao estudo do cérebro humano, às perturbações da linguagem e à organização das funções psicológicas. No entanto, suas concepções acerca das bases biológicas do desenvolvimento psicológico tornaram-se conhecidas principalmente através das obras de seu discípulo Alexander Romanovitch Luria.

A sua busca por uma compreensão do desenvolvimento psicológico humano, segundo Oliveira, M. K. de (1992), levou-o à conclusão de que a constituição do ser humano se dá na sua relação com o outro, de modo que a cultura torna-se parte de sua natureza, moldando o seu funcionamento psicológico. Sendo que para Vigotski (VYGOTSKY, 1998), as funções psicológicas superiores são construídas ao longo das interações sociais, as quais são mediadas por símbolos e instrumentos desenvolvidos culturalmente. É nessa sua relação com o mundo que o ser humano produz formas de ação que o diferenciam de outros animais. Nessa concepção, o cérebro é entendido como um sistema em constante desenvolvimento, “cuja estrutura e modos de funcionamento são moldados ao longo da história da espécie e do desenvolvimento individual” (OLIVEIRA, M. K. de, 1992, p.24).

Segundo Vigotski (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012), os processos psicológicos superiores são mediados pela linguagem e estruturados em sistemas funcionais dinâmicos e complexos. Assim, há a participação de vários elementos que se articulam num sistema altamente organizado, resultante do processo evolutivo humano. O acesso do homem aos objetos do conhecimento se dá através de recortes do mundo real num processo mediado pelos sistemas simbólicos que emanam das interações sociais. Segundo Oliveira, M. K. de (1992), esse conceito de mediação refere-se a um processo de representação mental, que considera a existência de elementos simbólicos que representam os objetos e aspectos do mundo real no sistema psicológico do indivíduo. Assim, a capacidade de operar esses elementos simbólicos explicaria a possibilidade das relações mentais, mesmo

na ausência dos referentes concretos, tornando possível a abstração e a generalização.

A base de todo o sistema simbólico humano é a linguagem e, é através dela que ocorre a internalização das atividades externas e das diferentes formas de comportamento observadas. Na internalização os comportamentos e atividades apreendidos tornam-se processos intrapsicológicos:

[...] além de servir ao propósito de comunicação entre indivíduos, a linguagem simplifica e generaliza a experiência, ordenando as instâncias do mundo real em categorias conceituais cujo significado é compartilhado pelos usuários dessa linguagem. (OLIVEIRA, M. K. de, 1992, p.27).

Segundo Oliveira, M. K. de (1992), o pensamento verbal não é um comportamento natural e inato, mas é consequência de um processo histórico-cultural, de modo que os conceitos também são construções culturais internalizadas pelo indivíduo durante o seu desenvolvimento. Sendo assim, a compreensão do conhecimento científico, exige uma consciência do indivíduo sobre esta atividade, conforme esclarece:

[...] os conceitos científicos implicam uma atitude metacognitiva, isto é, de consciência e controle deliberado por parte do indivíduo, que domina seu conteúdo no nível de sua definição e de sua relação com os conceitos. (OLIVEIRA, M. K. de, 1992, p.30).

As palavras enquanto signos mediadores na relação do homem com o mundo são também generalizações, porque expressam conceitos ou uma classe de objetos que compartilham os mesmos atributos, apesar de suas diferenças. Uma consequência de o pensamento verbal ser produzido pela interação social é que, segundo Oliveira, M. K. de (1992), o funcionamento psicológico ocorre de forma distinta para diferentes culturas, o que limita a compreensão da Ciência em grupos culturais que não dispõem da Ciência como forma de produção do conhecimento. Em tais grupos, os processos intelectuais funcionarão com base em concepções espontâneas resultantes de suas experiências pessoais, porque o “processo de formação de conceitos não inclui, pois, a atitude mediada e a atividade metacognitiva típicas de uma exposição sistemática ao conhecimento estruturado da ciência” (OLIVEIRA, M. K. de, 1992, p.33).

Portanto, essa noção de que as funções psicológicas superiores são construídas pela interação social do indivíduo é corroborada pelo pensamento

bakhtiniano, o qual atribui à linguagem esse papel, conforme abordaremos na próxima seção.

2.2 BAKHTIN

Quanto a Bakhtin, nós abordamos a discussão sobre a linguagem a partir de suas obras *Estética da Criação Verbal* (BAKHTIN, 1997) e, principalmente, *O Marxismo e a Filosofia da Linguagem* (BAKHTIN, 2006), no qual ele rejeita a lógica e a noção de sistema linguístico-formal, por não acreditar numa linguagem explicada por meio de modelos lógico-matemáticos.

Para Bakhtin, nem a Linguística nem a Filosofia da linguagem do século XIX e início do século XX, conseguiram definir o objeto de estudo da filosofia da linguagem, tampouco conseguiram explicar a sua natureza ou propor uma metodologia adequada ao seu estudo. Assim, ele elabora sua concepção de linguagem a partir das críticas ao objetivismo abstrato, apontando o que seria um dos maiores erros de Saussure, um dos fundadores da linguística como Ciência, que é não considerar o caráter socioideológico da linguagem.

Segundo Bakhtin, um produto ideológico faz parte de uma realidade, assim como um corpo físico, mas ao mesmo tempo reflete e refrata outra realidade externa a ele. Diferentemente dos corpos físicos que possuem um valor intrínseco, mas que também podem ser percebidos como um símbolo, o ideológico sempre é um signo, de modo que seu significado remete a algo externo a si mesmo.

Bakhtin cita exemplos de instrumentos que foram convertidos em signos ideológicos, como é o caso da foice e o martelo que se tornaram símbolos do comunismo e compunham o emblema da União Soviética, no entanto, adverte que nem por isso os objetos em si tornam-se signos. Outro exemplo é o do pão e o do vinho que de produtos de consumo tornaram-se símbolos religiosos no cristianismo, simbolizando o corpo e o sangue de Cristo, respectivamente. Porém, fora dos rituais religiosos esses produtos continuam sendo alimento e bebida, ou seja, não podem ser signos em si mesmos.

O signo ideológico é um fenômeno do mundo exterior, não é apenas um reflexo, mas um fragmento dessa realidade. Em crítica à psicologia e à filosofia por ele considerada idealista, Bakhtin contesta a visão de que a ideologia é um fenômeno da consciência e que o aspecto externo do signo seja apenas um meio de realização da compreensão. Para ele a compreensão é um fenômeno interno, enquanto que a ideologia é um fenômeno externo, assim, a ideologia não deriva da

consciência. Segundo o autor, a compreensão só se manifesta por intermédio de um material semiótico, como o discurso interno, por exemplo.

A própria consciência só existe a partir de sua conversão em signos. Dessa forma, a compreensão de um signo seria a aproximação deste com outros signos já conhecidos: “em outros termos, a compreensão é uma resposta a um signo por meio de signos.” (BAKHTIN, 2006, p. 32). Bakhtin conclui que uma definição de consciência só pode ser de ordem sociológica, porque ela não deriva diretamente da natureza, mas assume sua forma e existência por intermédio de signos que são produzidos por grupos organizados em suas interações sociais.

A realidade ideológica é entendida por Bakhtin como uma *superestrutura*, mas que ela não é resultado da consciência individual, sendo que esta é apenas um dentre outros signos ideológicos. O signo ideológico por excelência é a *palavra*, cuja realidade é toda absorvida pela sua função de signo, de modo que ela “não comporta nada que não esteja ligado a essa função, nada que não tenha sido gerado por ela. A palavra é o modo mais puro e sensível de relação social.” (BAKHTIN, 2006, p.34).

Embora os demais sistemas de signos sejam específicos e inseparáveis de cada domínio que os gerou, a palavra, pelo contrário, tem neutralidade em relação a qualquer função ideológica, ou seja, ela só tem significado dentro de um contexto e não expressa nada por si só. Para Bakhtin, ela é o *material flexível* que possibilita o desenvolvimento da consciência, funcionando como signo interior, sem a necessidade de uma expressão externa. No entanto, Bakhtin ressalta que nenhum signo ideológico pode ser inteiramente substituído por palavras, mesmo que, por exemplo, uma composição musical ou uma representação pictórica possam se apoiar nelas, seria impossível exprimi-las adequadamente apenas por palavras. “Nem sequer existe um substituto verbal realmente adequado para o mais simples gesto humano. Negar isso conduz ao racionalismo e ao simplismo mais grosseiros.” (BAKHTIN, 2006, p.36).

A consciência é entendida como uma atividade psíquica *socioideológica* que, em outras palavras, significa que ela se desenvolve fora do organismo pela interação com outros sujeitos, ainda que haja participação do organismo individual. Assim, o fenômeno psíquico “é explicável exclusivamente por fatores sociais, que determinam a vida concreta de um dado indivíduo, nas condições do meio social (BAKHTIN, 2006, p.47)”. Sendo assim, para Bakhtin a atividade psíquica é fruto da significação,

sem a qual a vida interior perde toda a sua substância. Sua realidade é a do signo, sendo impossível a sua existência sem o material semiótico. Em suas palavras:

A atividade psíquica constitui a expressão semiótica do contato entre o organismo e o meio exterior. Eis porque o *psiquismo interior não deve ser analisado como uma coisa; ele não pode ser compreendido e analisado senão como um signo*. (BAKHTIN, 2006, p.48, grifo no original).

Portanto, a função do signo é a significação, de forma que ambos não podem ser representados independentemente um do outro. A significação é a expressão da relação que o signo faz entre uma realidade isolada e outra simbolizável, ela não pode ser dissociada do signo, mas por outro lado, a significação “[...] não quer dizer nada em si mesma, ela é apenas um *potencial*, uma possibilidade de significar no interior de um tema concreto (BAKHTIN, 2006, p.134)”.

O signo é uma unidade material discreta, mas a significação não é uma coisa e não pode ser isolada do signo como se fosse uma realidade independente, tendo uma existência à parte do signo. É por isso que, se a atividade mental tem um sentido, se ela pode ser compreendida e explicada, ela deve ser analisada por intermédio do signo real e tangível. (BAKHTIN, 2006, p.50).

O signo interior é a própria atividade mental que em sua *forma pura*, só é acessível à introspecção, embora o discurso interior também possa ser exteriorizado. A introspecção em si mesma apresenta um aspecto expressivo, de modo que permite ao indivíduo a compreensão de seu próprio signo interior. No entanto, mesmo não sendo visível nem percebida diretamente, ainda assim a atividade mental é compreensível.

Bakhtin também distingue os processos de compreensão do signo interior e signo exterior. No signo interior, a compreensão é entendida como a relação de um signo interior com outros signos também interiores, ou seja, no contexto das próprias atividades psíquicas. No signo exterior, a compreensão se dá em seu contexto ideológico. Sendo assim, a compreensão de um tema deve ser ativa e sempre esboçar o princípio de uma resposta às indagações. Compreender a enunciação de um interlocutor significa orientar-se em relação a ela e localizá-la no contexto correspondente. Nesse processo, a enunciação converte-se em uma réplica individual, em que para cada palavra compreendida há uma série de novas palavras correspondentes e, quanto mais substanciais elas forem, mais profunda é a compreensão. Dessa forma, Bakhtin entende que os elementos significativos de uma

enuniação são transferidos para um contexto ativo e responsivo na mente do indivíduo:

A compreensão é uma forma de *diálogo*; ela está para a enuniação assim como uma réplica está para a outra no diálogo. Compreender é opor à palavra do locutor uma *contrapalavra*. Só na compreensão de uma língua estrangeira é que se procura encontrar para cada palavra uma palavra *equivalente* na própria língua. (BAKHTIN, 2006, p.135).

Bakhtin ressalta que a significação não é exclusiva de uma palavra em especial, mas o resultado da interação entre o locutor e o receptor. Ela pode variar de acordo com o contexto ou pelo modo como foi expressa. A mesma palavra, num mesmo contexto, pode significar diferente dependendo da carga emocional com que for pronunciada, como alegria, dor ou ironia, por exemplo.

Outra importante discussão na obra de Bakhtin é sobre os diferentes tipos de discursos e a percepção destes pelo interlocutor. Sendo assim, ele afirma que o discurso citado é entendido pelo falante como a enuniação de outra pessoa, totalmente autônoma, completa e situada fora do contexto onde ocorre a narração. É assim que o discurso de outrem passa a fazer parte do contexto narrativo, preservando o seu conteúdo e pelo menos alguns *“rudimentos da sua integridade linguística e da sua autonomia estrutural primitivas.”* (BAKHTIN, 2006, p.147-148).

É pelo processo de apreensão de discursos que o indivíduo adquire o seu repertório de palavras interiores. Esses discursos são apreendidos e absorvidos pela consciência através do discurso interior e é nele que se expressa tudo o que possa ser ideologicamente significativo, no entanto, os mecanismos de apreensão são sociais. É a sociedade que associa às estruturas gramaticais da língua, os elementos da apreensão ativa e apreciativa da enuniação que são socialmente pertinentes, constantes e fundamentados na comunidade linguística.

A atividade mental do indivíduo é mediatizada (torna-se conhecida) pelo seu discurso interior e é assim que *“se opera a junção com o discurso apreendido do exterior.”* (BAKHTIN, 2006, p.151). É no discurso interior que se produz a orientação ativa do falante, a qual também depende da força ideológica, autoritária e dogmática do discurso apreendido. *“Quanto mais dogmática for a palavra, menos a apreensão apreciativa admitirá a passagem do verdadeiro ao falso, do bem ao mal, e mais impessoais serão as formas de transmissão do discurso de outrem.”* (BAKHTIN, 2006, p.153).

Para Bakhtin o discurso citado é indissociável do seu contexto narrativo, havendo neles uma inter-relação dinâmica que se desenvolve em duas direções principais, uma definida como discurso direto e outra como discurso indireto. Assim, no discurso direto há uma tendência maior em se conservar a sua integridade e autenticidade, caso em que a língua se esforça em delimitar o discurso citado com fronteiras nítidas, com a função de isolá-lo e protegê-lo das entoações do autor da narração, preservando as suas características linguísticas. Bakhtin alerta para a necessidade de se discernir na apreensão social do discurso, até que ponto as suas expressões e particularidades são distintamente percebidas e possuem significação social:

Pode ser que o discurso de outrem seja recebido como um único bloco de comportamento social, como uma tomada de posição inalisável do falante – e nesse caso apenas o “o quê” do discurso é apreendido, enquanto o “como” fica fora do campo de compreensão. (BAKHTIN, 2006, p.152).

Consideramos essa percepção da forma como o discurso é apreendido pelos sujeitos como particularmente interessante ao Ensino de Ciências, porque muitas vezes a citação literal do discurso do professor ou do livro didático pelo estudante, é confundida com a aprendizagem. Porém, conforme ressalta Bakhtin, isso pode indicar que tal discurso representa para o estudante uma “posição inalisável do falante”. Assim, o que se toma por aprendizagem pode ser apenas a repetição de um discurso incapaz de produzir significados pertinentes para a elaboração do conhecimento científico. Por outro lado, a expressão do estudante pelo *discurso indireto*, utilizando um vocabulário mais próximo do seu cotidiano, pode ser bem mais significativa, conforme discute Bakhtin.

No discurso indireto, ocorre uma despersonalização do discurso citado. A língua permite ao narrador “infiltrar suas réplicas” e comentários, através de artifícios sutis e versáteis. É o tipo de discurso que exige maior compreensão e envolvimento do narrador porque há predomínio da análise. “O dogmatismo autoritário e racionalista tende a desaparecer completamente nesse caso” (BAKHTIN, 2006, p. 154). Porém, nesse tipo de discurso também pode ocorrer uma negligência em relação ao significado da enunciação original, em busca de um resultado esteticamente mais agradável.

Para Bakhtin há dois tipos de discurso indireto, o *indireto sem sujeito aparente* e o *indireto livre*. A primeira variante tem como característica o

individualismo racionalista, por isso, preocupa-se especialmente com a análise do conteúdo, atentando para a significação temática e zelando pela integridade e autonomia da enunciação, sobretudo em seu aspecto semântico. É a forma preferida nos contextos epistemológicos de natureza científica, com o objetivo de expor opiniões ou contestá-las. A segunda variante caracteriza-se pelo individualismo crítico e realista, voltando-se à análise da forma de expressão do enunciado. Produz um efeito estilístico mais pitoresco e original em sua transmissão, o que nesse caso, a torna incompatível com uma apreensão racionalista.

Tanto no discurso indireto sem sujeito aparente (DISSA), quanto no discurso indireto livre (DIL), as fronteiras entre o contexto narrativo e o discurso citado são absorvidas pelas críticas e pelas entoações do narrador, no entanto, é no discurso indireto livre que as fronteiras do discurso citado são mais tênues ainda, porque ele conserva “não apenas palavras e expressões isoladas, mas também a estrutura expressiva da enunciação citada” (BAKHTIN, 2006, p. 173).

Segundo Bakhtin, o discurso indireto apreende de forma diferente o discurso citado e, como a análise deste é imprescindível, se ele for percebido como impenetrável será preterido em favor de um caminho mais seguro o que, nesse caso, é o discurso direto. Portanto, o uso excessivo do discurso direto por parte dos estudantes, no Ensino de Ciências, pode ser um indicativo das dificuldades que eles têm em compreender o discurso da Ciência e, conseqüentemente, em fazer uma análise crítica. Assim, não se sentindo seguros para se expressarem *com suas próprias palavras*, eles podem optar pela repetição dos enunciados. Em outras palavras, não há suficiente elaboração de significados que permita um diálogo do discurso apreendido com suas palavras interiores, o que possibilitaria uma reelaboração do enunciado.

É importante observar que se o discurso indireto permite a apreciação do discurso de modo a expressar suas críticas e percepções, ele também pode provocar a negligência de significados apenas para satisfazer um desejo estético. Certamente, esse é um dos dilemas do Ensino de Ciências que ao priorizar a citação indireta corre o risco de prejudicar a autenticidade do discurso, mas, se por outro lado, prioriza a citação direta, a correlação entre conteúdos e sua contextualização com aspectos sociais e ambientais importantes pode ser renegada.

Outras importantes contribuições de Bakhtin ao Ensino de Ciências, também são apresentadas em *Estética da Criação Verbal* (BAKHTIN, 1997), em especial, as

suas considerações a respeito da compreensão. Sendo que, para esse autor a compreensão se articula em *atos distintos* e, embora na concretização de uma compreensão eles se fundam num único e mesmo processo, eles possuem uma “autonomia ideal de sentido”. Entre os diferentes atos da compreensão Bakhtin destaca: a *percepção do signo*, entendido por ele como uma palavra, uma cor ou uma forma espacial, por exemplo; o *reconhecimento do signo*, seja como algo já conhecido, seja como algo ainda desconhecido e, a compreensão do seu potencial de significação na língua; a *compreensão dialógica ativa*, que requer um juízo de valor, dentro de um contexto dialógico específico, implicando na sua aceitação ou não.

Assim, além da percepção e do reconhecimento do signo, Bakhtin (1997) admite a necessidade de se formar um juízo de valor sobre aquilo que se compreende, embora o ponto de vista pessoal possa vir a ser modificado pelo próprio ato da compreensão:

Compreender sem julgar é impossível. As duas operações são inseparáveis: são simultâneas e constituem um ato total. A pessoa aproxima-se da obra com uma visão do mundo já formada, a partir de um dado ponto de vista. Esta situação em certa medida determina o juízo sobre a obra, mas nem por isso permanece inalterada: ela é submetida à ação da obra que sempre introduz algo novo. (BAKHTIN, 1997, p. 382).

Assim, a percepção e o reconhecimento de signos pelos estudantes, inclui a compreensão do seu potencial de significação em sua língua e, exceto nos casos em que o estudante está imerso em dogmas muito fortes que causam uma inércia e impedem um conhecimento do novo, a compreensão implica uma modificação ou até mesmo uma renúncia do ponto de vista pessoal. Portanto, entendemos que a concepção bakhtiniana da linguagem como resultado da interação entre os sujeitos e suas considerações a respeito da significação, da compreensão e das diferentes formas de discurso, apresentam um grande potencial para melhorar a nossa compreensão sobre como os estudantes usam as relações analógicas durante a aprendizagem de Ciências e, como que elas podem auxiliar na elaboração de significados

2.3 APROXIMAÇÃO ENTRE VIGOTSKI E BAKHTIN

Tanto Bakhtin quanto Vigotski entendem que o sentido é produzido pela linguagem, pelo diálogo e pela interação entre um sujeito e o outro. Assim, Bakhtin (2006, p. 114) define a enunciação como “o produto da interação de dois indivíduos socialmente organizados”, o que corrobora com a afirmação de Vigotski de que é na interação social pela linguagem é que se dá a constituição e o desenvolvimento do homem enquanto sujeito.

Segundo Freitas (2005), embora Bakhtin e Vigotski tivessem objetivos diferentes, o primeiro a construção de uma concepção histórica e social da linguagem e o segundo, a formulação de uma psicologia historicamente fundamentada, há muita semelhança entre suas ideias, em especial, o materialismo histórico dialético e a sua visão de ciências humanas. Segundo a autora, ambos defendem uma visão não fragmentada da realidade, a qual compreende o homem como um conjunto de relações sociais. Bakhtin critica o subjetivismo-idealista que supõe a língua como um processo incessante de criação individual e, o objetivismo-abstrato que a concebe como um sistema de formas imutáveis. De forma semelhante, Vigotski também compreende que o sujeito se constitui na relação com o outro e não a partir de fenômenos internos, tampouco ele é mero reflexo do seu meio.

Em oposição ao positivismo, segundo Freitas (2005), ambos vão em direção a uma proposta dialógica para as ciências humanas, em que objetiva obter a compreensão. Assim, entendem que o homem não pode ser compreendido como fenômeno físico, mas como pessoa, em suas próprias ações. Esse pensamento fundamenta-se no papel central da linguagem e na sua historicidade. Em ambas as teorias, o outro é fundamental no processo dialógico que opera no desenvolvimento do homem, na sua aprendizagem, na formação de sua consciência e no processo de sua constituição enquanto sujeito.

Para Vigotski a origem das funções mentais, assim como a sua mediação, dá-se através da internalização, que é entendida como um mecanismo pelo qual uma atividade externa torna-se uma atividade interna. Assim, linguagem e consciência “deixam de ser vistas como faculdades naturais humanas”, para serem compreendidas como resultado de uma interação social historicamente constituída.

Nessa perspectiva, Radaelli (2002) ressalta a necessidade de a Educação dar ênfase à oralidade que além da sua função comunicativa, também é organizadora do pensamento:

Ao expressarmos a nossa compreensão sobre qualquer tema, nossa palavra retorna sempre modificada para o interior de nosso pensamento. Nesse aspecto, quanto mais se expressam as ideias, elas são mais bem formuladas. (RADAELLI, 2002).

A importância em se aceitar a natureza social da linguagem, é que a Educação assume outro olhar para o estudante, enxergando-o como sujeito de interação, não só com o objeto do conhecimento, mas também com os colegas e com o professor. Resulta daí uma melhor percepção das dificuldades do sujeito com o uso da linguagem e da necessidade de se promover uma interação dialógica maior entre os participantes do processo de aprendizagem, favorecendo todas as diferentes formas de expressão e não apenas a escrita.

Em busca de uma compreensão do processo de aquisição do conhecimento, Vigotski postula diferentes zonas de desenvolvimento intelectual: o *proximal*, o *real* e o *potencial*. Sendo que a zona de desenvolvimento proximal refere-se ao que falta para o conhecimento atingir o desenvolvimento real, o qual representa os conhecimentos já atingidos que são aqueles utilizados na realização de tarefas de forma independente. A zona de desenvolvimento potencial seria a capacidade de realizar tarefas com o auxílio de um sujeito mais experiente. No entanto, para Vigotski a aprendizagem de uma criança inicia-se na interação com o seu meio social e, suas funções psíquicas são construídas à medida que são utilizadas. Assim, durante a aprendizagem “a intervenção na zona de desenvolvimento proximal se dá de forma deliberada e organizada” (RADAELLI, 2002), mas sempre mediada pela linguagem.

Bakhtin também destaca o papel da interação social na construção da consciência do sujeito, afirmando que é através dela que a linguagem sofre a sua internalização. No entanto, a consciência não pode ser reduzida a processos internos, já que sua origem é sociológica. Para Bakhtin, tanto a consciência quanto a personalidade são produtos ideológicos semioticamente definidos pela interação social. Segundo Bakhtin (1997) ambas, consciência e personalidade, se definem pela seleção e apropriação de algumas vozes do discurso polifônico, de modo que a

palavra do outro se torna pessoal ao ser reformulada e incorporar novas palavras alheias.

Vigotski (1984) entende a *internalização* como uma reorganização das atividades psicológicas por meio da linguagem, na qual, os processos de natureza social (interpessoais), são convertidos em processos de natureza individual (intrapessoais). Dito de outra forma, a aprendizagem de uma criança ocorre pela incorporação dos signos, símbolos e padrões dos seus colegas, mas também depende de seu grau de desenvolvimento prévio. Nesse quesito Vigotski defende a importância do desenvolvimento proximal, porque, segundo ele, além de se conhecer as atividades que uma criança pode fazer sozinha, é importante saber o que ela é capaz de fazer quando auxiliada por outra pessoa mais experiente. Portanto, é possível perceber nesse pensamento, a concordância com as ideias de Bakhtin acerca do caráter dialógico da aprendizagem.

Segundo Freitas (2005), para Vigotski o pensamento verbal só pode ser entendido pelo significado das palavras que contempla uma unidade formada por seus dois componentes; o pensamento e a palavra. Para ele, é pelo significado da palavra que é possível compreender pensamento e linguagem enquanto unidade dialética. Para ele, o pensamento passa a existir por meio das palavras. Assim como Vigotski, Bakhtin também considera a palavra “como material semiótico da consciência, determinando o conteúdo da vida interior, do discurso interior” (FREITAS, 2005). Para ambos, a linguagem tem a função de organizar o pensamento e planejar a ação.

Sobre a dialogicidade da linguagem, Bakhtin afirma que todo enunciado é um diálogo com outros sujeitos ou com outros enunciados em constante interação, de modo que a palavra sempre está carregada de um sentido ideológico ou vivencial. Assim como a língua em seu uso prático é inseparável de seu contexto ideológico, a linguagem nunca está completa, pois sempre está em constante mudança. Cada ato de fala incorpora em si as vozes anteriores e, por sua vez, será incorporado em enunciados futuros. Portanto, diálogo não é apenas uma “alternância de vozes”, mas o seu encontro e incorporação no tempo e no espaço.

Em relação à significação, Vygotsky (1998) enfatiza a diferença entre significado e sentido da palavra, esclarecendo que o sentido é a totalidade dos eventos psicológicos despertados pela palavra em nossa consciência, contendo várias zonas estáveis, mas desiguais, enquanto que o significado é apenas uma das

zonas do sentido, “a mais estável e precisa”. O sentido da palavra depende do seu contexto, enquanto que o significado é estável diante das variações do sentido. De forma semelhante, Bakhtin (2006, p.132) afirma que significação corresponde aos “elementos da enunciação que são reiteráveis e idênticos cada vez que são repetidos”. Para ele, o sentido também é definido pelo contexto.

Segundo Freitas (2005), Vigotski entende que na fala interior o sentido predomina sobre o significado, assim como, a frase predomina sobre a palavra e o contexto sobre a frase. Em relação ao pensamento ele afirma que enquanto ele está integralmente presente num único momento, a fala tem que ser desenvolvida numa sequência, em unidades separadas. Bakhtin (1993) também observa essa dificuldade da linguagem exterior acompanhar a linguagem interior, considerando que em muitos casos nossas palavras são insuficientes para expressar todas as nossas emoções.

No entanto, apesar de ambos os pensadores concordarem em diversos pontos, Freitas (2005) também alerta para algumas divergências entre Vigotski e Bakhtin, especialmente no que se refere à evolução semântica da palavra, que para Vigotski acompanha o desenvolvimento do sujeito, enquanto que para Bakhtin ela reflete a “estrutura social” da língua, suas ideologias e valores sociais. Segundo a pesquisadora, Bakhtin aborda a linguagem numa perspectiva mais ampla do que Vigotski, entendendo a constituição do homem enquanto sujeito, através da interação social mediada pela linguagem.

2.4 WITTGENSTEIN

Abordaremos aqui algumas das importantes contribuições de Wittgenstein (2008) apresentadas em sua obra *Investigações Filosóficas (IF)*, as quais nós consideramos serem de grande importância para a compreensão da linguagem e de seu papel no Ensino de Ciências. Essa obra de Wittgenstein teria sido escrita com o propósito de contestar as teses centrais de sua obra anterior, o *Tractatus Logico-Philosophicus*.

Segundo Góis (2012), em *Investigações Filosóficas*, Wittgenstein contesta a tese central de sua obra anterior, o *Tractatus*, demonstrando seu amadurecimento e sendo muito mais ponderado. Porém, os estilos de pensamento e de escrita de Wittgenstein tornam sua obra bastante complexa, gerando muitas divergências sobre como sua obra deve ser interpretada.

Investigações Filosóficas é uma compilação densa de um pensamento concentrado, na qual o autor constantemente se interroga e não apresenta qualquer argumento explícito ou conclusão. Com isso, ele não permite que os leitores identifiquem facilmente sua posição sustentada, sem dar, antes, bastante trabalho com releituras, anotações e comentários. (GÓIS, 2012, p.77-78).

Considerando o exposto acima e com o intuito de darmos maior objetividade à apresentação do pensamento wittgensteiniano, nos apoiaremos em alguns trabalhos recentes que adotam as ideias de Wittgenstein para ampliar a compreensão sobre a Educação e, em especial, o Ensino de Ciências. Entre estes, destacamos a tese de doutoramento de Góis (2012) que se apoia na filosofia wittgensteiniana para refletir sobre a noção de significado como dependente de objetos mentais ou de uma relação de representação.

Segundo esse autor, Wittgenstein discute a natureza da linguagem e a sua relação com o pensamento e os estados mentais, apresentando a ilustração dos jogos de linguagem, o que leva à conclusão de que esta só pode ser compreendida dentro do contexto das atividades humanas. Assim, o significado está integralmente nas formas de uso da linguagem e não depende de entidades externas a ela. Essa proposta traz contribuições mais práticas para o ensino, diferentemente daquelas dependentes de entidades mentais abstratas.

2.4.1 Crítica ao mentalismo e ao representacionismo

Na filosofia wittgensteiniana, as palavras são consideradas como ferramentas, cada qual exercendo diferentes funções, assim como uma chave de fenda é diferente de um martelo. Wittgenstein trata não só das similaridades, mas também das dissemelhanças das palavras ocultas sob uma falsa uniformidade aparente no som ou na escrita.

Wittgenstein (IF, § 32), critica a ideia do inatismo da linguagem na visão agostiniana de significado, que considera a existência de uma linguagem interna, com a qual todo ser humano já estaria dotado, desde o nascimento e, apenas necessitaria de aprender as palavras da língua, assim como ocorre no aprendizado de um idioma estrangeiro, buscando palavras equivalentes àquelas inatas. Assim, a linguagem passa a ser entendida “como comportamento desenvolvido na e pela cultura” (HUK, 2009) em oposição à concepção discutida anteriormente no *Tractatus* que supunha que o nome do objeto “denota algo da realidade”.

A ideia de que as representações têm um significado porque *representam* algo externo a elas, está ligada a essa visão agostiniana que entende as palavras apenas como rótulos dados aos objetos. Essa concepção seria plausível apenas para alguns substantivos concretos como *mesa* e *cadeira*, mas não pode ser estendida a outros tipos de palavras, como por exemplo, *cinco*, que não representa algo concreto. Também não podemos afirmar que *cinco* representa um conceito ou uma ideia, porque seríamos obrigados a aceitar o pressuposto da existência de *conceitos* em nossa mente, como se eles fossem entidades reais. Embora não haja resposta para o que de fato ocorre no cérebro, a Filosofia nos ensina a evitarmos um comprometimento excessivo com esses pressupostos potencialmente ilusórios.

De acordo com Góis (2012), Wittgenstein não nega a possibilidade da concepção de significado por representação tal como no pensamento agostiniano, mas questiona a sua universalidade. Wittgenstein (IF, § 2) dá o exemplo de uma linguagem primitiva como a comunicação entre um construtor e seu ajudante que utilizando blocos, colunas, lajes e vigas numa edificação, basta que um deles grite uma dessas palavras para que o outro saiba que deve transportar o objeto correspondente. Nesse caso, apesar de se proferir uma palavra que é um substantivo concreto, a sua função não é criar representações, produzindo uma

imagem do objeto na mente do ajudante, mas de que este transporte o objeto mencionado.

No entanto, segundo Góis (2012), Wittgenstein afirma que também é possível pensar numa situação em que haja significação por representação, como seria o caso de um instrutor que aponta para determinado objeto e pronuncia o nome deste objeto, e que dependendo da finalidade com que a palavra foi pronunciada, poderia produzir uma imagem na mente do aprendiz. A conclusão é de que é possível que a significação esteja relacionada a representações, mas apenas em alguns casos específicos. Segundo Huk (2009), a representação é uma entre as diversas funções da linguagem, as quais são dependentes do contexto.

Góis (2012) argumenta que embora a discussão sobre significado e representação seja uma espécie de *pano de fundo* em *Investigações Filosóficas*, o tema é muito relevante para o Ensino de Ciências pelo fato de que nessa área, predomina a concepção de *significado exclusivamente por representação*. Segundo o pesquisador, outro aspecto importante a ser discutido com base na ideia de significado e representação de Wittgenstein, seria o pressuposto “de que a significação dependeria de relações lógicas entre entidades mentais ou reais” (GÓIS, 2012, p.84), assim como ocorre no Modelo de Mudança Conceitual (MMC) que entende a necessidade de uma organização conceitual interna para que haja aprendizagem. Nessa concepção, fica evidente a centralidade da lógica na produção de significado, semelhante às ideias apresentadas no *Tractatus* e superadas por Wittgenstein, em *Investigações Filosóficas*.

Para o MMC, a aprendizagem depende de uma representação, denominada modelo mental, que funcionaria como um análogo estrutural do objeto do conhecimento, usado para a compreensão de fenômenos e no pensamento de um indivíduo. Segundo Góis (2012), a confiança do Ensino de Ciências numa organização lógica entre elementos de significado e, a crença de que significado é o resultado de estruturas mentais análogas ao mundo exterior, atesta uma proximidade da área com o pensamento presente no *Tractatus*, apesar das décadas que os separam. Para o pesquisador, esse pressuposto da existência das relações lógicas seria uma tentativa de eliminar a ambiguidade existente na linguagem cotidiana.

De acordo com Góis (2012), a confiança em postulados mentais e na lógica como determinante do significado foi infrutífera no *Tractatus*, levando Wittgenstein a

rejeitar esses pressupostos filosóficos, idealistas, em favor de fatos da linguagem. Assim, Wittgenstein critica a noção de regras lógicas e fixas, como determinantes do significado, para defender diretrizes mais amplas e flexíveis como são as regras dos jogos.

[...] Wittgenstein deixa claro que não há algo como uma essência lógica que possa funcionar como fundamento do significado, especialmente entre elementos de quaisquer espécies. Apostar em relações lógicas de qualquer espécie na compreensão do significado é uma ilusão da linguagem, [...] a única lógica que interessa [...] é o falar com sentido em oposição a uma fala sem sentido. (GÓIS, 2012, p. 87).

Para Wittgenstein, segundo Huk (2009), o enunciado não apresenta “forma substancial nem essencial”. Assim, não se deve perguntar pelo sentido de um enunciado, mas buscar compreender como ele é empregado em determinado contexto. Essa forma de uso da linguagem demonstra que *a representação é apenas uma das funções da linguagem* a qual depende das circunstâncias em que é utilizada.

Segundo Góis (2012, p.90), Wittgenstein alerta para o risco de se cair em idealismos e essencialismos quando buscamos entender a linguagem abstraíndo-a de qualquer situação prática. Nesse caso, tudo o que se consegue é um *beco sem saída* criado por uma ilusão da linguagem. Segundo o pesquisador, uma forma de remover os mal-entendidos do uso da linguagem é “manter a cabeça no pensar cotidiano” e recusar as perguntas erradas que podem levar a becos sem saída. A noção de representação como uma busca pelas essências impede que possamos entender o funcionamento da linguagem. No entanto, segundo Huk (2009), a representação em *Investigações Filosóficas*, continua sendo válida, mas exige uma contextualização, assumindo funções específicas, cujo significado será possível quando pensada em termos de jogos de linguagem.

Segundo Huk (2009), o emprego metafísico da palavra e longe das atividades cotidianas leva à criação de ficções da linguagem que surgem sempre que se perde o foco do seu comportamento frente às nossas formas de vida. “É preciso ter aprendido o domínio de regras para usar adequadamente expressões com significado.” (HUK, 2009).

Wittgenstein (IF, §351), dá um exemplo do que seria uma ilusão da linguagem com o emprego das palavras “em cima” e “embaixo”, quando nos referimos ao planeta Terra. Nesse caso, uma criança que visse um globo terrestre

poderia perguntar o motivo pelo qual as pessoas que estão “embaixo” não caem. Essa seria uma *pergunta errada* porque a noção que temos de “em cima” e “embaixo”, só faz sentido por causa da gravidade que atrai os corpos para o centro da Terra. Tudo o que estiver no planeta e afastado do seu centro estará “em cima”, não existindo “embaixo” quando nos referimos ao planeta como um todo.

Para questões desse tipo, uma melhor compreensão do funcionamento da linguagem pode conduzir a uma dissolução do falso problema. Como alternativa Wittgenstein propõe a noção dos *jogos de linguagem*, que para entender os processos de significação foca nos usos que se faz da linguagem.

Segundo Góis (2012), outro exemplo de ilusão da linguagem apresentado por Wittgenstein e que interessa muito ao Ensino de Ciências, “é a ideia de que temos uma mente que pensa” (GÓIS, 2012, p.98). E nesse ponto o autor concorda com as críticas de Hacker (2000) sobre a existência de obstáculos criados por alguns termos da linguagem e, afirma que a ideia de mente nos induz a acreditar que é necessário entendermos o funcionamento do cérebro em nível psicológico para podermos compreender os processos de significação, como se os processos de elaboração de significado fossem internos e dependessem de uma estrutura mental.

[...] o substantivo “a mente” parece ser o nome de uma coisa, como “o cérebro”, mas não é; o verbo “ter”, na sentença “eu tenho dor”, parece indicar posse, tal como na sentença “eu tenho um centavo”, mas não indica. (HACKER, 2000, p. 15).

Segundo Hacker (2000), a ideia de que o ser humano é formado por um corpo e uma alma (ou uma mente), tem raízes religiosas e filosóficas que remontam a Antiguidade, mas seria pelas ideias dualistas de René Descartes que essa noção se perpetuou até os dias atuais. Nessa concepção, o pensamento é considerado como a *essência* da alma. Segundo Góis (2012), Wittgenstein critica a ideia de uma mente ou de um cérebro que pensa, como se fosse uma *entidade não-corporal* e, afirma que só é possível falar de sensações e pensamentos de um ser vivo (humano) como um todo. Outra ideia apresentada e que corrobora com essa crítica, é a afirmação de Malcolm (1986) que nem todos os pensamentos são internos, como por exemplo, quando uma pessoa realiza um cálculo escrevendo no papel e dessa forma o pensamento se produz a partir da resolução dos algoritmos escritos.

Wittgenstein traz os processos de elaboração de significados para um plano externo de uso da palavra como ferramenta e desfaz nevoeiros filosóficos da relação entre o pensamento e a fala. (GÓIS, 2012, p.102).

Portanto, as contribuições de Wittgenstein ao nosso trabalho resultam em uma mudança de direção da forma com as relações analógicas têm sido compreendidas até o momento. Nesse sentido, buscamos adotar pressupostos teóricos em que permanecemos completamente na linguagem, sem recorrer a pressupostos mentalistas ou representacionistas e assim, investigar como se dá a elaboração de significados quando essas relações são empregadas em uma sala de aula de Química.

2.5 BAKHTIN E WITTGENSTEIN

A filosofia da linguagem sofreu profundas transformações no século XX, em especial com o pensamento de Mikhail Bakhtin e Ludwig Wittgenstein que romperam com as formas tradicionais de se conceber a linguagem e passaram a compreendê-la como produto da interação social dando especial ênfase na necessidade de se perceber que a língua só faz sentido no uso. Ambos adotaram a linguagem ordinária, cotidiana, como objeto de seus estudos, em oposição às teorias linguísticas de Ferdinand de Saussure e do primeiro Wittgenstein que idealizavam uma pureza lógica da linguagem.

Adotamos aqui o pensamento wittgensteiniano apresentado em *Investigações Filosóficas*, a partir do qual Wittgenstein nega o tema central de sua tese anterior, do *Tractatus Logico-Philosophicus*, que acreditava numa linguagem lógica e transparente aos valores de verdade. Segundo Santos e Nascimento (2010), para o segundo Wittgenstein a linguagem não pode ser unificada segundo uma única estrutura lógica e formal porque há diversas formas de manifestação e apropriação da linguagem.

É preciso comparar a multiplicidade das ferramentas da linguagem e seus modos de emprego, a multiplicidade das espécies de palavras e frases com aquilo que os lógicos disseram sobre a estrutura da linguagem. (*IF*, § 23).

Assim, de acordo com a filosofia wittgensteiniana, seria impossível que uma única estrutura lógica e formal pudesse satisfazer a toda essa plasticidade da linguagem. Dessa forma, ambos os pensamentos, de Bakhtin e Wittgenstein, aproximam-se ao proporem uma nova concepção de linguagem focada no uso da língua. Assim, perde relevância a questão sobre o que é a linguagem, em si mesma, e ganha destaque questões sobre como ela funciona ou como é transformada, a partir das diversas situações de interação social.

Segundo Santos e Nascimento (2010), outro ponto de concordância entre os dois filósofos é o papel da ideologia na linguagem, perceptível em Wittgenstein quando ele afirma que “sem linguagem não podemos influenciar outros homens” (*IF*, § 491). Sobre o caráter social da linguagem, ele a compreende como “uma ferramenta que deve ser utilizada na vida cotidiana”, onde o conceito de significação das palavras depende do uso prático da linguagem. Em suas próprias palavras ele

indaga: “O que designam, pois, as palavras dessa linguagem? O que elas designam, como posso mostrar isso, a não ser na maneira do seu uso?” (IF, § 10). Assim ele nega que a linguagem possa ser compreendida ou demonstrada “por meio de um sistema puramente lógico-formal, mas pelo e no seu uso”. Nesse sentido, a análise da linguagem deve dar-se pela “descrição de semelhanças e diferenças entre seus diversos usos”. Segundo Santos e Nascimento (2010) “somente no uso cotidiano é possível compreender e determinar a função social de uma estrutura linguística”.

Para melhor evidenciar a multiplicidade de *formas de vida* da linguagem, Wittgenstein utiliza-se da metáfora dos *jogos de linguagem*, que expressa “o conjunto da linguagem e das atividades com as quais está interligada” (IF, § 23). Os jogos de linguagem são múltiplos e representam a diversidade de situações cotidianas. Segundo Santos e Nascimento (2010), a função denotativa da linguagem torna-se apenas mais uma dentre várias relações possíveis na comunicação entre os sujeitos e, os jogos de linguagem tornam-se dependentes do contexto social e dos seus interlocutores. A prática da linguagem exige uso e experiência para ser compreendida.

É possível também, perceber no pensamento wittgensteiniano uma concepção de linguagem como interação social, o que é mais um ponto de convergência com Bakhtin que destaca a natureza social da enunciação. Portanto, é “através da palavra que um sujeito se define em relação ao outro. Com isso a palavra torna-se uma ponte lançada entre os interlocutores” (SANTOS; NASCIMENTO, 2010).

Compreender a enunciação de outrem significa orientar-se em relação a ela, encontrar o seu lugar adequado no contexto correspondente. A cada palavra da enunciação que estamos em processo de compreender, fazemos corresponder uma série de palavras nossas, formando uma réplica. Quanto mais numerosas e substanciais forem, mais profunda e real é a nossa compreensão. (BAKHTIN, 2006, p.127).

Para Bakhtin (2006), dialogismo é toda comunicação humana verbalizada a partir da interação social, a qual se constitui numa unidade fundamental da língua. Nesse sentido a linguagem é o instrumento responsável pelas diferentes formas de comunicação e de interação social. Em consonância, também podemos perceber uma compreensão dialógica e interativa da linguagem no pensamento wittgensteiniano. Os jogos de linguagem, segundo Santos e Nascimento (2010), são resultado da interação social “entre sujeitos que fazem uso da linguagem numa

situação concreta”, elaborando significados que propiciam a ação a partir da fala de outros sujeitos. Eles emergem a partir das necessidades dos grupos sociais e são por elas determinados, no que diz respeito à sua função e constituição.

Ambos os filósofos abandonam a noção de linguagem ideal em favor de uma linguagem real, resultante da interação social. Para Wittgenstein, as correções formais das proposições ou a preocupação com um sistema lógico, deixam de ser pertinentes para dar lugar a preocupações com o uso da linguagem em seu contexto social. Bakhtin também se opõe à pureza lógica do pensamento abstrato e assume que a linguagem adquire sentido no seu uso cotidiano, através da interação verbal que por sua vez é a base da sua teoria do enunciado concreto. Sendo assim, buscamos trazer essas reflexões para compreender melhor a elaboração de significados produzida a partir do uso das relações analógicas no Ensino de Ciências.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA E CONSTITUIÇÃO DE DADOS

Esta pesquisa foi realizada em duas turmas de Ensino Médio de um colégio da rede particular de Curitiba, no qual exercíamos nossas atividades profissionais há cerca de sete meses. Esta opção se deu em virtude de que já existia uma relação de confiança construída com os estudantes, seus pais e a equipe pedagógica, o que tornou mais fácil a comunicação de nossos propósitos e se refletiu em maior agilidade na recepção das autorizações para gravação das aulas.

O colégio em questão adota uma metodologia de ensino denominada *Oficina de Aprendizagem* (SESI/PR, 2011), na qual as turmas são compostas por estudantes das três séries do Ensino Médio que trabalham sempre em equipes, cujo principal objetivo é favorecer a interação e a troca de experiência entre os estudantes de séries diferentes. Cada *Oficina de Aprendizagem* tem duração de um bimestre, no qual são ministradas, além das demais disciplinas, três aulas de Química semanais. O seu planejamento é realizado com a participação dos docentes de todas as disciplinas que, em conjunto, escolhem um tema e um nome para a Oficina, formulam uma questão desafio e decidem os conteúdos a serem trabalhados.

Os conteúdos abordados devem preparar os estudantes para responderem ao desafio que sempre é proposto de modo a exigir ações que podem ser relacionadas aos problemas sociais, à preservação do meio ambiente, à saúde, à política e, diversos outros temas considerados importantes na formação crítica e participativa dos mesmos. Assim, cada disciplina deve dar sua contribuição para que ao final do bimestre os estudantes apresentem uma resposta e possíveis soluções aos problemas apresentados.

Nas *Oficinas de Aprendizagem* os estudantes são sempre incentivados a realizar pesquisas bibliográficas e a compartilhar os conhecimentos com os colegas de sua equipe e, num segundo momento, com o grande grupo. As intervenções são realizadas sempre que necessário, porém, as tradicionais aulas expositivas devem ser evitadas, sendo substituídas pela leitura e pela pesquisa, objetivando o desenvolvimento da autonomia dos estudantes na busca pelo conhecimento. Portanto, o papel do docente é provocar as discussões e intermediar o processo

dialogando com os estudantes e orientando-os na resolução dos problemas propostos.

Para participarem desta pesquisa foram escolhidas duas *Oficinas de Aprendizagem*, denominadas Eureka I e Eureka II, cujo tema central era o desenvolvimento científico e tecnológico e a sua influência na sociedade contemporânea. Entre os objetivos da oficina estavam o estudo das necessidades humanas que levaram às grandes invenções científicas; o conhecimento destas invenções e de seus inventores e; identificar necessidades do homem contemporâneo e propor soluções por meio da Ciência e da Tecnologia. Assim, o desafio da Oficina era:

- (1) Tecnologias e invenções cercam o ser humano por todos os lados, cada nova necessidade é suprida por uma nova invenção. Quais são as reais necessidades do ser humano? Como explicar a motivação da criação de um novo produto tecnológico?**

A opção dos estudantes por esta Oficina ocorreu de forma voluntária, já que os eles possuem autonomia para escolherem e se matricularem na oficina cujo tema trabalhado seja de seu interesse, respeitando apenas o número de vagas. Assim, as oficinas que são formadas a cada bimestre, são compostas por 35 estudantes das três séries do Ensino Médio que trabalham sempre em equipes com cinco integrantes cada.

Quanto ao perfil dos estudantes, nesta pesquisa participaram 70 discentes de ambos os sexos, com faixa etária distribuída entre 14 e 18 anos de idade. Destes, 60% são pagantes e 40% são alunos bolsistas, que se enquadram na categoria de baixa renda e passaram pelo teste seletivo exigido pelas empresas patrocinadoras.

Os assuntos explorados pela disciplina de Química foram Classificação Periódica e Propriedades Periódicas dos Elementos, porque eles estavam relacionados ao desafio da oficina e também, possibilitavam o uso de relações analógicas para explicar as noções de organização, periodicidade e eletronegatividade, entre outras, as quais são importantes para o nosso trabalho.

Quanto aos recursos didáticos utilizados, os estudantes tinham acesso ao Laboratório de Química onde foram realizados um experimento de eletrólise da água e alguns testes com os gases hidrogênio e oxigênio. Outro recurso que também

estava disponível foi o Laboratório de Informática onde eles puderam pesquisar na internet e complementar o conteúdo encontrado nos livros didáticos.

Em relação aos livros didáticos, não há uma bibliografia única recomendada pelo colégio e, portanto, os estudantes têm liberdade para escolherem os livros que desejam utilizar em sala de aula, havendo apenas a orientação para que, sempre quando possível, utilizem bibliografia diversa daquela de seus colegas de equipe. Sendo assim, não é possível afirmar com exatidão qual livro orientou cada estudante individualmente em cada uma das atividades realizadas, por isso, apresentamos no Quadro 2 aqueles que observamos serem utilizados mais frequentemente.

LIVRO	TÍTULO	EDITORA	ANO	EDIÇÃO	AUTORIA
L1	Química, 1º ano: ensino médio (Col. Ser Protagonista)	Edições SM	2010	1ª	LISBOA, Júlio Cezar Foschini (Org.)
L2	Química, 1: ensino médio	Scipione	2011	1ª	MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta
L3	Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia. v.1	FTD	2010	1ª	FONSECA, Martha Reis Marques da
L4	Química Cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais. v. 1	Nova Geração	2010	1º	SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MÔL, Gerson de Souza (Coords.)
L5	Química na Abordagem do Cotidiano. v.1	Moderna	2010	4ª	PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite
L6	Química: volume único	Saraiva	2002	5ª	USBERCO, João; SALVADOR, Edgard
L7	O Mundo de Sofia: romance da história da filosofia	Cia das Letras	1995	1ª	GAARDER, Jostein

QUADRO 2 - LIVROS UTILIZADOS COM MAIOR FREQUÊNCIA DURANTE AS AULAS

FONTE: O AUTOR (2014)

NOTA: Os livros apresentados são aqueles utilizados com maior frequência e não exclui a possibilidade de outros livros também terem sido utilizados durante as atividades, já que o colégio estimula essa pluralidade bibliográfica.

A maioria dos livros utilizados são publicações recentes, apenas os livros L6 e L7 são de edições anteriores a 2010. No entanto, o livro L7 não pode ser classificado como um livro didático de Química, sendo na verdade, um romance sobre a história da Filosofia. Deste livro nós retiramos apenas um fragmento do texto que foi utilizado na primeira atividade (A1).

Em relação à constituição de dados para a pesquisa, esta se iniciou na segunda semana de aula, com a autorização da equipe pedagógica e dos pais dos estudantes mediante a assinatura do *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (TCLE), cujo modelo encontra-se no apêndice deste trabalho (APÊNDICE 1).

O TCLE foi encaminhando aos pais para a assinatura, logo após a apresentação da oficina e de nosso projeto de pesquisa, sendo devolvido assinado na semana seguinte. No entanto, como a equipe pedagógica se mostrou preocupada de que as gravações pudessem afetar a aprendizagem dos estudantes, nós acordamos que estas seriam realizadas apenas em quatro encontros, em cada uma das oficinas, considerados por nós como os mais importantes para nossa pesquisa.

Cada um dos encontros teve a duração de duas aulas geminadas de 50 minutos, distribuídos ao longo do bimestre e com intervalos de uma a duas semanas entre eles. Assim, em cada oficina, nós conseguimos gravar oito aulas, produzindo 400 minutos de gravações para cada uma, sendo que registramos algumas das discussões realizadas entre os estudantes e, destes com o professor, bem como as apresentações de trabalhos realizadas na forma de minisseminários.

Na condução desta pesquisa, nós utilizamos preferencialmente uma abordagem qualitativa. No entanto, em alguns momentos os dados quantitativos também se fazem necessários para entender quais são as relações analógicas e as formas de uso predominantes. Os sujeitos da investigação são os próprios estudantes, porém, o foco de nossa investigação recai no processo de apropriação da linguagem, a qual envolve o uso de diferentes relações analógicas, originárias dos livros didáticos, desenvolvidas pelo professor ou propostas pelos estudantes.

3.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Na realização desta pesquisa foram utilizadas seis atividades, aplicadas em ambas as Oficinas de Aprendizagem, sendo que as três primeiras (A1, A2 e A3) envolveram leitura e discussão de textos e a entrega de um material escrito. As atividades A4 e A5 contaram com uma pesquisa bibliográfica e a apresentação oral dos resultados, sendo ambas, gravadas em áudio e vídeo. A última atividade (A6), além da leitura e discussão de um texto, também envolveu a realização de um experimento sobre eletrólise da água.

Além das apresentações orais, nós também gravamos parte das discussões realizadas entre os estudantes e o professor e, conservamos uma cópia de todas as atividades escritas, além de anotações realizadas para registrar fatos importantes observados durante as aulas. Nas subseções seguintes, nós descrevemos em detalhes cada uma das seis atividades aplicadas.

3.1.1 Atividade A1

A primeira atividade realizada em cada uma das oficinas não foi gravada, mas alguns dados foram produzidos a partir de anotações e de uma atividade escrita aplicada ao final da aula, logo após a leitura e a discussão de um texto.

Nesta aula nós abordamos as noções de Elemento Químico, composição da matéria e a evolução do conhecimento científico. Assim, iniciamos as atividades propondo aos estudantes a seguinte questão: de quê é formada a Natureza e todas as coisas no mundo em que vivemos?

Essa questão foi escolhida para que os estudantes propusessem as suas ideias e fosse possível iniciar um debate sobre o assunto, aproximando assim nossos objetivos educacionais do contexto dos estudantes, sem desviar do foco da oficina cujo desafio era discutir importantes “descobertas”, invenções e teorias científicas, culminando com uma proposição por parte dos estudantes, de ideias e soluções para diversos problemas atuais.

Em resposta à questão, a maioria dos estudantes afirmou que a natureza e os objetos materiais são formados por células, átomos, moléculas, prótons, nêutrons e elétrons. Conforme o esperado, a maioria deles já havia estudado ou pelo menos tinha alguma noção sobre a constituição da matéria. Porém, nós pudemos perceber que muitos não tinham muita clareza do que é cada uma das entidades citadas e tinham apenas a noção de que elas são entidades microscópicas, das quais são formados os objetos macroscópicos.

Entretanto, lembramos mais uma vez, que as oficinas eram bastante heterogêneas, composta por estudantes que ainda estavam no início do Ensino Médio e por outros que já estavam no segundo ou no último ano, por isso, as respostas foram bastante variadas.

Após a manifestação dos estudantes nós buscamos direcionar o debate para o desenvolvimento do conhecimento científico propondo as seguintes questões: o conhecimento atual sobre a composição da matéria é o mesmo que existia na Antiguidade? Como se explicava a Natureza naquela época?

Para essas questões as respostas da Oficina Eureka I foram um pouco diferentes daquelas dadas pelos estudantes da Oficina Eureka II, mas em geral, foram bem mais escassas e difusas do que para a primeira pergunta. Na primeira oficina, a maioria dos estudantes se limitou a dizer que o conhecimento era diferente e que não se sabia muita coisa como se sabe hoje, no entanto, na Oficina Eureka II alguns afirmaram que os cientistas fizeram várias “descobertas” até se chegar ao conhecimento atual.

Para compreendermos melhor qual era o sentido da expressão “descoberta científica” utilizada pelos estudantes da Oficina Eureka II, nós lançamos uma terceira questão: como os cientistas “adquirem” conhecimento sobre o nosso mundo?

Alguns estudantes afirmaram que os cientistas “pesquisam e descobrem as coisas”, dando vários exemplos como a “descoberta da bomba atômica” e a “descoberta de remédios”, por exemplo. Diante dessas respostas, nós aproveitamos para discutir sobre algumas ações envolvidas no desenvolvimento científico, tais como, a experimentação, a análise de fenômenos e a formulação de hipóteses, entre outras, levando os estudantes a refletirem e ampliarem a sua compreensão sobre esse processo. Porém, não nos estendemos muito devido ao tempo limitado para a realização da atividade.

Na segunda parte da aula, nós fizemos a leitura e a discussão de alguns fragmentos de texto extraídos do quarto e do quinto capítulo do livro “O Mundo de Sofia” (GAARDER, 1995). Os fragmentos do quarto capítulo, denominado “Os Filósofos da Natureza” (GAARDER, 1995, p. 41 - 54), apresentam uma polêmica levantada pelos filósofos, Parmênides (544 – 480 a. C) e Heráclito (540 – 480 a. C), acerca da formação das “coisas” no mundo. Assim, enquanto que Parmênides acreditava na imutabilidade das coisas e questionava a confiabilidade das impressões dos sentidos, Heráclito defendia exatamente o contrário, afirmando que “tudo flui” e que as impressões dos sentidos são dignas de confiança.

De acordo com o texto, uma solução para a polêmica seria apresentada mais tarde por Empédocles (494 – 433 a. C), que apontou o equívoco cometido tanto por Parmênides quanto por Heráclito, ao considerarem a existência de um único “elemento” formador de tudo. Para Empédocles a natureza seria constituída por quatro elementos primordiais ou “raízes”, que seriam a terra, o ar, o fogo e a água. As transformações observadas seriam explicadas pela combinação desses elementos em proporções variadas.

Para auxiliar na explicação sobre as combinações entre os elementos, são utilizadas duas analogias diferentes. A primeira delas evoca a combinação das cores primárias feita por um pintor em busca de outras cores e tonalidades:

Talvez possamos fazer aqui uma comparação com o trabalho de um pintor. Se ele tiver à sua disposição apenas uma cor – o vermelho, por exemplo -, não poderá pintar árvores verdes. Mas se ele tiver amarelo, vermelho, azul e preto, então poderá criar centenas de cores diferentes, porque poderá combinar as cores em diferentes proporções. (GAARDER, 1995, p.50).

A segunda analogia apresentada também explica a possibilidade de se obter coisas diferentes combinando apenas quatro elementos e faz uma comparação com os diferentes produtos que podem ser obtidos a partir da combinação de farinha, ovos, leite e açúcar:

Um exemplo do que ocorre na cozinha nos mostra a mesma coisa. Se eu tiver apenas farinha, terei de ser mágico para fazer dela um bolo. Mas se eu tiver ovos, farinha, leite e açúcar, poderei assar diferentes bolos a partir desses quatro elementos básicos. (GAARDER, 1995, p.50).

Além dessas analogias, o texto cita Empédocles que se utiliza de metáforas como “amor” e “disputa” para explicar a ação de duas forças opostas que seriam as

causas pelas quais os quatro elementos primordiais podiam se combinar e separar-se para novamente se combinarem com outros.

“Empédocles dizia que na natureza atuavam duas *forças*, por ele chamadas de *amor* e de *disputa*. O que une as coisas é o amor; o que as separa é a disputa.” (GAARDER, 1995, p.50).

Como o livro foi escrito originalmente em idioma norueguês, conhecemos também outra versão¹ da história, na qual as duas “forças” a que se refere Empédocles foram traduzidas por “amor e discórdia”. Quando comentamos o fato com os estudantes eles preferiram esta última, conforme veremos adiante.

Os demais fragmentos do livro que foi utilizado nesta atividade foram retirados do quinto capítulo, cujo título é “Demócrito” (GAARDER, 1995, p. 55 - 60) e, apresentam uma introdução à “Teoria Atomista” de Demócrito (460 – 370 a. C), que concordava com a ideia de seus predecessores, segundo a qual, a natureza é formada pela combinação dos elementos. Porém, ele acrescentou que tais elementos deveriam ser muito pequenos, invisíveis, eternos e imutáveis. Assim, eles seriam denominados átomos, significando que são indivisíveis.

Demócrito também afirmava que os átomos eram sólidos e compactos, mas não podiam ser iguais. Segundo o filósofo, existia uma quantidade infinita de átomos diferentes na natureza, sendo que alguns seriam redondos e lisos, enquanto que outros seriam irregulares e curvos. Para explicar a combinação dos átomos, segundo essa concepção, há no texto uma analogia com o brinquedo Lego cujas peças se encaixam para formar inúmeras combinações diferentes:

E agora acho que você não tem mais dúvida sobre o que eu queria dizer com as peças do Lego, não é? Elas possuem aproximadamente todas as características que Demócrito descreveu para os átomos. E é exatamente por isso que se prestam tão bem à construção de qualquer coisa. Em primeiro lugar, são indivisíveis. Em segundo, diferem entre si na forma e no tamanho, são compactas e impermeáveis. Além disso, as peças do Lego possuem ganchos e engates, por assim dizer, o que permite que sejam combinadas na construção de todo tipo de figura. Tais ligações podem ser desfeitas para que as mesmas peças possam ser reaproveitadas na construção de novos objetos. (GAARDER, 1995, p.58).

O texto conclui que a teoria de Demócrito estava certa quando diz que a natureza é formada por diversos átomos diferentes e, que estes podem se combinarem e se separem novamente uns dos outros, de modo que átomos que hoje formam nosso corpo podem ter pertencido a outros animais no passado.

Um átomo de hidrogênio presente numa célula da pontinha do meu nariz pode ter pertencido um dia à tromba de um elefante. Um átomo de carbono que está hoje no músculo do meu coração provavelmente esteve um dia na cauda de um dinossauro. (GAARDER, 1995, p.58).

Após a leitura desses fragmentos, nós fizemos uma discussão, buscando realçar as divergências de pensamento entre os quatro filósofos apresentados. Durante a discussão nós ressaltamos que a Teoria Atomista considera a existência de vários elementos, diferentemente de Parmênides e Heráclito que acreditavam num único elemento primordial ou de Empédocles que considerava apenas quatro elementos. Além das diferenças, nós ainda discutimos algumas semelhanças, como a ideia de combinação dos elementos em proporções variadas, que foi proposta pela Teoria Atomista, mas que também estava presente no pensamento de Empédocles e Demócrito.

A leitura desses fragmentos ainda motivou uma reflexão sobre o contexto em que foi construído o pensamento dos filósofos antigos, sugerindo de um modo bastante curioso, como Empédocles teria elaborado a teoria dos Quatro Elementos:

Talvez Empédocles tenha visto um pedaço de madeira queimando. Quando isto ocorre, alguma coisa se desintegra. Podemos ouvir a madeira estalar e crepitar. É a água. Alguma coisa vira fumaça. É o ar. O fogo é o que vemos. E quando as chamas se apagam, sobra alguma coisa. São as cinzas, ou a terra. (GAARDER, 1995, p.50).

Conforme se afirma em outro fragmento, Empédocles não contava com nenhuma das ferramentas científicas e tecnológicas de hoje:

E o velho filósofo grego [Empédocles] descobriu tudo isto apenas usando a sua razão. É claro que ele observou a natureza, mas não teve oportunidade de fazer análises químicas, tão comuns na ciência de hoje. (GAARDER, 1995, p.53).

Portanto, a escolha desse texto se deu porque, além de apresentar o germe das teorias atomistas, ele favorece a discussão sobre a evolução do conhecimento, especulando de uma forma bastante imaginativa e divertida o contexto dos filósofos da Antiguidade.

As discussões realizadas durante a atividade foram complementadas pela resolução de três questões relacionadas à evolução da concepção de elemento químico, desde os filósofos antigos até os dias atuais. Apesar dos estudantes trabalharem sempre em equipe, foi solicitado que os estudantes respondessem individualmente cada uma das questões apresentadas para que pudéssemos acompanhar melhor o modo de se expressar de cada um deles. Assim, cada

estudante recebeu uma folha pautada com três questões discursivas para que eles pudessem se expressar livremente, não sendo exigida nenhuma quantidade mínima nem máxima de linhas a serem escritas.

Porém, mesmo que os textos trabalhados tenham sido iguais em ambas as oficinas, as discussões que precederam e sucederam a sua leitura seguiram caminhos diferentes, em especial na questão sobre a evolução do conhecimento, na qual a Oficina Eureka II se estendeu um pouco mais sobre as “descobertas científicas”.

Devido a essas diferenças no rumo das discussões, das três questões da atividade escrita A1, uma delas foi diferente para cada oficina. Sendo assim, identificamos as questões aplicadas na Oficina Eureka I por A1A, para diferenciá-las daquelas aplicadas na segunda oficina, identificadas por A1B.

Apresentamos abaixo as três questões respondidas pelos estudantes da primeira oficina (A1A):

- (1) Antes de Demócrito, como os filósofos explicavam a Natureza?**
- (2) Baseado nas ideias de Demócrito explique o que é um elemento químico.**
- (3) O que mudou com Demócrito?**

As questões 1 e 2 desta atividade foram iguais para as duas oficinas e tinham por objetivo investigar as compreensões dos estudantes sobre a discussão realizada e identificar como os estudantes utilizam a linguagem para se expressarem de forma escrita.

A questão 2, em especial, buscava identificar as noções dos estudantes sobre elemento químico e, verificar se eles conseguiam apontar diferenças destas em relação às concepções da filosofia grega, no que é complementada pela questão 3.

A seguir, nós apresentamos as três questões (A1B) que foram aplicadas na Oficina Eureka II e, chamamos a atenção para a questão 3 que é diferente daquela aplicada na Oficina Eureka I:

- (1) Antes de Demócrito, como os filósofos explicavam a Natureza?**
- (2) Baseado nas ideias de Demócrito explique o que é um elemento químico.**

(3) Refletindo sobre o texto, diga se você acredita que de fato a ciência é baseada em descobertas ou não.

A terceira questão da atividade A1B buscava identificar como os estudantes se utilizam da metáfora da “descoberta” discutida durante a aula e se, a suas compreensões estavam mais próximas de “produção” (científica) ou de “acaso”.

Além das questões da atividade A1 serem diferentes, outra diferença importante foi o tempo disponível para a sua realização, que foi menor para a Oficina Eureka II. Sendo que, nesta Oficina a leitura dos dois fragmentos, a discussão e a atividade escrita aconteceram num único dia, com duração de duas aulas geminadas.

Na Oficina Eureka I, apenas a discussão do primeiro fragmento ocorreu no primeiro dia, com duração de uma aula. A leitura e a discussão do segundo fragmento mais a atividade escrita aconteceram num segundo dia, durante duas aulas geminadas. Portanto, na Oficina Eureka I foram utilizadas três aulas para a realização das atividades enquanto que na Oficina Eureka II, foram apenas duas.

3.1.2 Atividade A2

Na atividade seguinte, trabalhamos com um texto do livro L4, intitulado “Elementos químicos e os vegetais” (SANTOS; MÓL, 2010, p. 214 - 215), o qual discute os elementos químicos essenciais ao crescimento dos vegetais e as funções de cada um, além de classificá-los em micronutrientes e macronutrientes, de acordo com a quantidade com que são necessários. O texto em questão inicia-se com uma analogia entre uma lavoura e um laboratório de química, comparando a transformação das substâncias presentes nos vegetais e que são retiradas do solo, com as transformações químicas que ocorrem num laboratório:

Uma lavoura é como um laboratório de Química em franca produção. Afinal, os vegetais são constituídos de substâncias formadas por átomos desses elementos químicos retirados do solo. (SANTOS & MÓL, 2010, p. 214)

Os estudantes fizeram a leitura e a discussão do texto em equipe e, com o auxílio do professor no esclarecimento de dúvidas, quando necessário. Após essa etapa eles responderam cinco questões, iguais para ambas as oficinas. Todas foram respondidas em equipe para estimular o debate entre os estudantes.

Dentre as cinco questões aplicadas nesta atividade, apenas a primeira, apresentada a seguir, era discursiva e, por isso, considerada relevante para que possamos analisar como os estudantes se expressam e o uso que eles fazem das relações analógicas.

(1) Após a leitura, justifique a afirmação a seguir, retirada do texto “Elementos Químicos e os Vegetais”: “Uma lavoura é como um laboratório de química em franca produção”.

A questão 1 discute a comparação realizada entre uma “lavoura” e um “laboratório” de química, cujo atributo principal do análogo é a transformação química das substâncias envolvidas. Nosso objetivo é observar como os estudantes identificam as similaridades e as limitações dessa analogia e, quais dificuldades eles podem encontrar.

3.1.3 Atividade A3

Após a realização da atividade A2 e, considerando que os estudantes já tinham uma noção bastante razoável sobre os elementos químicos, na aula seguinte nós iniciamos o estudo da Tabela Periódica (TP) propriamente dita, utilizando textos dos livros didáticos disponíveis. Nesta atividade solicitamos que os estudantes fizessem uma leitura do capítulo correspondente ao estudo da Tabela Periódica em seus próprios livros e anotassem os pontos considerados mais importantes.

Em geral, os livros utilizados pelos estudantes fazem uma breve abordagem histórica da Tabela Periódica de Mendeleev e sua evolução até os dias atuais, comparando-a com outras propostas como as Tríades de Döbereiner, o Parafuso

Telúrico de Chancourtois, as Oitavas de Newlands e a Tabela Galáxia de Philip Stewart.

As relações analógicas, empregadas pelos livros didáticos para o estudo da Tabela Periódica e das propriedades dos elementos químicos, serão objeto de discussão detalhada no próximo capítulo (CAPÍTULO 4).

Após a leitura e as anotações realizadas, os estudantes responderam três questões, cujos objetivos eram: destacar as principais informações sobre a Tabela Periódica, em especial a organização lógica dos elementos de acordo com suas propriedades; discutir o volume de informações possíveis de serem obtidos a partir da TP e; provocar uma reflexão sobre a diversidade de elementos químicos na TP atual frente aos Quatro Elementos da filosofia grega.

Lembramos ainda, que entre nossos objetivos também estava a preparação dos estudantes para a resposta ao desafio da oficina que incluía a discussão do desenvolvimento científico e tecnológico motivado por necessidades humanas e, a proposta de soluções para as necessidades do homem contemporâneo.

As três questões que foram aplicadas nesta atividade são apresentadas a seguir:

- (1) Escreva entre 10 e 20 linhas, sobre a Tabela Periódica. Nesse texto explique para quê é utilizada, como foi construída e que tipo de informações podemos obter a partir dela.**
- (2) O que significa a palavra *periódica*? Por que a Tabela dos Elementos Químicos é chamada de periódica? Dê exemplos se for necessário.**
- (3) Escreva sobre a relação que você vê entre os Quatro Elementos da filosofia grega e a Tabela Periódica.**

Com a questão 1 nós buscávamos recuperar as principais informações apresentadas sobre a TP, principalmente em relação à sua história e à sua função no estudo da Química. Assim, esperávamos identificar as dificuldades dos estudantes com o uso da linguagem científica e diferenciá-las de compreensões inadequadas.

A questão 2 tinha por objetivo identificar as compreensões dos estudantes sobre a periodicidade nas propriedades dos elementos e a organização destes na

TP, o que deveria ser facilitado pelo uso das diversas analogias apresentadas nos livros didáticos.

A questão 3 investiga a percepção dos estudantes sobre as semelhanças e as diferenças entre a noção de Elemento Químico na filosofia grega e a concepção atual. Esta questão foi inserida para analisar a evolução na compreensão dos elementos químicos, desde a atividade A1, na qual fizemos questão semelhante, até a realização desta atividade.

Entendemos que as respostas dadas a essas questões podem nos fornecer importantes indícios sobre a compreensão dos tópicos abordados e do papel das relações analógicas nesse processo.

3.1.4 Atividade A4

A atividade A4 foi realizada com um intervalo de aproximadamente duas semanas após a atividade A3, sendo que durante este período foram aplicadas algumas atividades dos livros didáticos, principalmente na forma de questões objetivas, que não foram consideradas em nossa análise, já que nos interessam particularmente as questões discursivas, nas quais podemos identificar o uso que os estudantes fazem das relações analógicas.

Nesta atividade nós solicitamos aos estudantes que realizassem uma pesquisa bibliográfica e preparassem uma apresentação para ser realizada em equipe, sobre os principais assuntos que estavam sendo estudados: Períodos, Grupos, Elementos Representativos, Elementos de Transição, Elementos do Grupo 18, Metais e Propriedades Periódicas.

A apresentação deveria ser rápida, com duração de no máximo cinco minutos e, poderia ser feita por apenas um representante de cada equipe, com a condição de que os demais participassem nas discussões.

Após a primeira aula, na qual os estudantes buscaram as informações em seus próprios livros, foi decidido através de um sorteio, qual assunto caberia a cada uma das equipes. Essa decisão ficou para o início da segunda aula para que os

estudantes sentissem a necessidade de pesquisar sobre todos os assuntos abordados e não apenas sobre aquele que deveriam apresentar.

Os primeiros minutos da segunda aula foram concedidos para a troca de informações e demais preparativos antes que as apresentações se iniciassem. Porém, como as apresentações foram rápidas, ainda houve tempo para comentários e alguns esclarecimentos.

Todas as apresentações foram gravadas para que pudéssemos observar como os estudantes se utilizam da linguagem ao se expressarem e, em especial, qual o papel das relações analógicas nesse processo.

3.1.5 Atividade A5

A atividade A5 foi realizada na forma de um miniseminário e ocorreu cerca de três semanas após a atividade A4, ao final do bimestre, possibilitando assim, uma comparação do discurso dos estudantes entre o início e o final da oficina. As atividades realizadas nas semanas que precedem esta atividade não foram consideradas em nossa análise porque consistiam em questões objetivas, envolvendo a identificação de Elementos Químicos, Símbolos e Configurações Eletrônicas.

Os miniseminários realizados pelos estudantes de ambas as oficinas foram sobre as Propriedades Periódicas dos Elementos Químicos. Para tal, cada uma das equipes fez uma pesquisa bibliográfica sobre uma das propriedades, previamente definidas por sorteio e, preparou uma apresentação na qual era permitido o uso de quaisquer recursos disponíveis no colégio, como por exemplo, a lousa, o laboratório de informática, projetor de slides, caixas de som e o laboratório de química, entre outros.

Cada apresentação podia ter duração máxima de quinze minutos, com direito a mais cinco minutos para responder perguntas dos colegas. Todas as apresentações e as discussões realizadas durante esta atividade foram gravadas em áudio e vídeo para serem analisadas.

3.1.6 Atividade A6

Esta atividade foi realizada no laboratório de química e teve duração de duas aulas geminadas, nas quais houve uma discussão sobre a contribuição de Lavoisier para o estudo dos Elementos Químicos e o acompanhamento de um experimento de eletrólise da água.

Na primeira aula os estudantes fizeram a leitura de um texto da revista *Ciência Hoje*, intitulado “Lavoisier, o cientista que desvendou o mistério da água” (MARTINS, 2012), que aborda os estudos deste cientista sobre o fenômeno da combustão e suas conclusões acerca da decomposição da água, bem como, a definição de elemento químico e a nova nomenclatura química.

Ainda na primeira aula, os estudantes acompanharam a montagem do experimento que, por falta de material, não pôde ser realizado por todas as equipes, mas apenas um para que pudesse auxiliar nas discussões que se seguiram. Na segunda aula foram destacados os eventos que levaram Lavoisier a propor uma nova interpretação para o fenômeno da combustão e para a formação da água, os quais culminaram com uma nova definição de elemento químico.

Quanto ao experimento de eletrólise da água, este foi utilizado como uma analogia do experimento realizado por Lavoisier, que apesar de ser feito de forma diferente, passando vapor de água sobre ferro incandescente, os resultados obtidos são bastante semelhantes. Para a sua realização foi utilizado um copo de béquer contendo água levemente acidificada com ácido sulfúrico e, dentro do béquer colocaram-se dois tubos de ensaio invertidos, cada um deles totalmente preenchido pela mesma solução aquosa. Na sequência, foi inserido em cada um dos tubos, um eletrodo de fio de cobre encapado, apenas com a extremidade exposta. Os fios condutores formavam um circuito elétrico com uma bateria de 6 V e uma pequena lâmpada que tinha por finalidade limitar e ao mesmo tempo indicar a passagem da corrente elétrica.

No experimento, a passagem da corrente elétrica pelo eletrodo negativo, provoca a redução dos cátions H^+ da água produzindo gás hidrogênio (H_2) que se acumula dentro do tubo, expulsando a solução aquosa. Enquanto isso, no eletrodo positivo os ânions hidroxila (OH^-) da água sofrem oxidação, produzindo gás oxigênio (O_2) que também se acumula no tubo de ensaio. Como a proporção de hidrogênio

para oxigênio nas moléculas de água (H_2O) é de 2:1, o volume de gás hidrogênio produzido é o dobro do volume de oxigênio, o que torna fácil a identificação de cada um dos gases.

Durante a discussão do experimento não houve preocupação com os detalhes das reações de oxidorredução envolvidas, apenas com a quebra das ligações químicas entre os átomos da molécula de água e a formação dos gases.

O hidrogênio e o oxigênio produzidos na reação foram identificados pelo volume de gás produzido em cada tubo. Porém, foram confirmados pelas reações químicas que ocorreram quando foi aproximado um palito de fósforo aceso do tubo de ensaio contendo hidrogênio, o que resultou numa pequena explosão e, um palito em brasa do tubo contendo oxigênio, provocando o reavivamento da chama já extinta.

Após as discussões sobre o texto e o experimento realizado, os estudantes receberam uma última questão:

(1) Qual foi a contribuição de Lavoisier para a compreensão dos elementos químicos?

Essa questão tinha por objetivo sintetizar as discussões ocorridas e permitir que fizéssemos uma avaliação da atividade realizada, por isso, ela foi discutida pelos estudantes em suas equipes e a resposta foi entregue ao final da aula.

Esta atividade foi conduzida da mesma forma em ambas as oficinas e, as discussões realizadas foram registradas em áudio e vídeo para que pudessem ser analisadas neste trabalho. A escolha desta, justifica-se pela necessidade de uma abordagem histórica dos estudos que levaram Lavoisier, no final do século XVIII, a propor uma nova definição de elemento químico, a qual viria a influenciar todo o desenvolvimento da Química. Embora, esta discussão já tivesse sido iniciada na primeira aula do bimestre, quando se discutiu a teoria dos Quatro Elementos na filosofia grega, ainda havia uma grande lacuna que era a transição da concepção grega para a atual.

Segundo Vidal, Cheloni e Porto (2007), uma abordagem da História da Ciência contribui para tornar as aulas mais estimulantes e reflexivas e, no caso da discussão sobre as contribuições de Lavoisier para o desenvolvimento da Química, esta também ajuda combater a visão empírico-indutivista adotada por muitos livros

didáticos, auxiliando na compreensão da Ciência como uma atividade que envolve o trabalho conjunto de diversos cientistas.

Para os autores supracitados, as contribuições de Lavoisier ao desenvolvimento da Química são mal exploradas pelos livros didáticos:

Os livros didáticos são unânimes em associar o nome de Lavoisier à conservação da massa nas transformações químicas. Entretanto, poucos avançam além disso ou de escassos dados biográficos. (VIDAL; CHELONI; PORTO, 2007, p.30).

Para esses pesquisadores, entre os assuntos que são frequentemente negligenciados está a “definição operacional de elemento químico”, a qual também era uma de nossas preocupações nesta atividade.

De acordo com Vidal, Cheloni e Porto (2007), Lavoisier forneceu uma nova explicação para o fenômeno da combustão ao reinterpretar alguns experimentos de Priestley, identificando o “ar desflogisticado” como um dos componentes do ar que havia se combinado com os corpos inflamáveis durante a combustão, surgindo assim, a “teoria do oxigênio”. Além disso, ele também deu outra interpretação para a observação de formação da água que Cavendish descrevera como a combinação de “ar inflamável” com “ar desflogisticado”. Para Lavoisier, a formação da água resultava da combinação entre os dois elementos químicos, hidrogênio e oxigênio.

Além de reinterpretar os experimentos de outros cientistas, Lavoisier também realizou diversos experimentos que contribuíram para a nova definição de elemento químico:

Lavoisier, além de dar novo significado a esse experimento de síntese da água, também realizou sua decomposição: fazendo passar vapor de água pelo interior de um tubo de ferro aquecido ao rubro, ele logrou a obtenção de gás hidrogênio, ficando o oxigênio combinado na forma de óxido de ferro. (VIDAL; CHELONI; PORTO, 2007, p.31).

Segundo os autores, a discussão de Lavoisier em seu contexto histórico, permite demonstrar que a importância do seu trabalho está na estruturação de uma nova abordagem para a Química, a qual envolve diversos aspectos teóricos e metodológicos e, e que vão muito além da “lei da conservação das massas”. Assim, além de a definição de elemento químico ser importante para entender a Classificação Periódica dos Elementos, nós consideramos que as discussões realizadas nesta atividade também são importantes para que o estudante compreenda o processo de desenvolvimento científico, combatendo a ideia

empírico-indutivista de uma Ciência baseada em “descobertas”, a qual ainda é muito difundida na sociedade, cujo exemplo, é a própria Oficina de Aprendizagem que ironicamente foi batizada com o nome de Eureka.

3.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Neste trabalho buscamos colaborar com a compreensão acerca da elaboração de significados com o uso de diferentes relações analógicas. Dessa forma, os estudantes de Ensino Médio entram em contato com analogias e metáforas sobre a Tabela Periódica e realizam diversas atividades de ensino empregando as mesmas. Em determinado momento, os estudantes são convidados a usar essas relações analógicas de acordo com suas próprias escolhas. Com isso, pretendemos compreender de que forma os estudantes as utilizam, partindo do pressuposto principal que o significado está no uso que os estudantes fazem da linguagem, e que as relações analógicas podem ser entendidas como parte da atividade linguística humana.

Dessa forma, vamos primeiramente descrever na seção 4.1 aquelas relações analógicas que os estudantes têm a sua disposição nos livros didáticos utilizados, a partir de oito categorias de análise descritas na próxima seção. Em seguida, na seção 4.2, vamos descrever o uso que os estudantes fazem dessas relações analógicas, na forma de duas categorias de análise, também apresentadas na próxima seção. Supondo que um uso apropriado das relações analógicas reflete a elaboração de significados por parte de estudantes, vamos basear nossas análises e conclusões nesses usos que os estudantes fazem das mesmas.

Antes de apresentarmos as categorias de análise para as analogias, modelos e metáforas utilizadas, nós consideramos importante esclarecer como trataremos cada uma dessas comparações neste trabalho. Conforme já discutimos na seção 2.2, entre as diversas concepções apresentadas e, mesmo que não haja um consenso sobre isso, a maioria delas tende a considerar cada um dos conceitos como comparações entre dois domínios diferentes, cuja diferença está na forma como as comparações são realizadas.

Assim, nas analogias e nas metáforas as comparações são feitas verbalmente de forma descritiva, enquanto que nos modelos e alegorias elas se utilizam de imagens, gravuras e objetos. Outra distinção apresentada por Mól (1999), é que nas analogias e nos modelos as relações entre os dois domínios comparados são explícitas e bem claras, diferentemente das metáforas e das alegorias nas quais as relações ficam apenas subentendidas.

Portanto, em todos os casos, o que ocorre é uma comparação entre os domínios do alvo e do análogo, de modo que aqui nós trataremos todas as comparações por *relações analógicas*, às vezes de forma abreviada por RAs e, faremos distinções apenas quando julgarmos necessário.

Mesmo que as metáforas e alegorias, por não explicitarem as semelhanças e dissemelhanças entre os dois domínios, possam apresentar maiores dificuldades para a compreensão do que modelos e analogias e, conseqüentemente, causar um maior número de comparações equivocadas, nós optamos por denomina-las igualmente por *relações analógicas*. Desta forma, simplificamos nossa análise, já que essas diferenças parecem não influenciar muito nos objetivos para os quais são utilizadas, exceto em alguns casos como os que serão apresentados adiante.

Diante do exposto, consideramos pertinente a inclusão em nosso trabalho, de todas as RAs que foram identificadas nos livros utilizados pelos estudantes, mesmo aquelas mais corriqueiras como *gases nobres* e *família de elementos químicos*, que muitas vezes são utilizadas como sinônimas dos seus alvos, esquecendo-se de sua origem analógica. Assim, todas as relações analógicas apresentadas pelos livros didáticos ou citadas pelos estudantes, serão discutidas e analisadas em detalhes no Capítulo 4, de acordo com as categorias de análise descritas a seguir.

3.2.1 Categorias de análise das relações analógicas

Para a classificação das relações analógicas (RAs) presentes nos livros didáticos e paradidáticos utilizados pelos estudantes, nós elegemos oito categorias de análise as quais são apresentadas a seguir:

- (1) Alvos e análogos prioritários:** esta categoria emergiu da necessidade de conhecermos as RAs que os estudantes tiveram contato através dos livros utilizados na Oficina e a frequência com que cada uma delas foi citada. Assim, todas elas foram classificadas de acordo com o assunto “alvo” que pretendiam abordar e, de acordo o

“análogo” escolhido em cada caso, possibilitando a identificação dos alvos e análogos prioritários e, do papel de cada um destes no desenvolvimento da linguagem utilizada em sala de aula.

(2) Atributos correspondentes entre alvos e análogos: nesta categoria nós investigamos quais atributos do domínio análogo são comparados com o domínio alvo. A pertinência dessa classificação deve-se ao fato de que, quando analisarmos o uso que os estudantes fazem das RAs, investigaremos a correspondência entre os atributos explorados nos livros didáticos e os atributos citados pelos estudantes, o que nos permite analisar se elas contribuem para a elaboração de significados sobre os conteúdos abordados e como que se dá este processo.

(3) Tipo de relação analógica: esta categoria foi proposta por Curtis e Reigeluth (1984) e depois adotada por outros pesquisadores, entre eles Mól (1999) e Francisco Júnior (2010). Nesta classificação a analogia pode ser considerada “estrutural”, quando os atributos comparados estão baseados em sua forma física ou, “funcional” quando as funções do análogo e do alvo são similares. Há ainda a analogia “estrutural-funcional” que ocorre quando são comparados tanto atributos físicos quanto funcionais. Justifica-se a utilização desta categoria por ela permitir verificar se há diferenças na forma como se dá a elaboração de significados com cada um dos diferentes tipos de relações analógicas adotadas pelos livros didáticos.

(4) Nível de enriquecimento da relação analógica: classificamos as RAs como “simples” quando há um único atributo compartilhado entre o alvo e o análogo e, “enriquecida” quando há mais de um atributo compartilhado ou “estendida” quando são utilizados mais de um análogo para explicar o mesmo alvo. Consideramos que as analogias enriquecidas e estendidas têm mais a contribuir com a aprendizagem porque exploram mais similaridades entre o análogo e o alvo, favorecendo a apropriação da linguagem e a elaboração de significados coerentes com o conhecimento científico. Esta categoria

foi adaptada por Francisco Júnior (2010) da classificação original de Curtis e Reigeluth (1984) que consideram a analogia “simples” quando o alvo e o análogo apresentam pouca similaridade entre si e “enriquecida” quando ambos possuem alguns atributos em comum.

(5) Função da relação analógica: nesta classificação a RA tem função “explicativa” quando é empregada para facilitar a compreensão de algo novo a partir daquilo que já é familiar, aproximando a linguagem cotidiana da linguagem científica e, tem função “inferencial” quando estimula a identificação ou a solução de um problema ou a generalização de hipóteses. Esta categoria foi proposta por Glynn *et al* (1989), sendo também, explorada por outros pesquisadores como Dagher (2000), Duarte (2005) e Francisco Júnior (2010).

(6) Origem da relação analógica: esta categoria emergiu a partir de nosso entendimento, fundamentado na concepção wittgensteiniana, de que a linguagem utilizada em sala de aula deve ser entendida como um conjunto de múltiplos “jogos de linguagem” com regras específicas, que são válidas apenas em determinados contextos. Assim, consideramos que a proximidade do estudante com a linguagem usada na apresentação das relações analógicas é imprescindível para a elaboração de significados. Por isso, nesta categoria a RA é classificada como de “uso da Ciência”, quando seu uso já está consagrado na linguagem científica ou quando ela está na origem de leis e teorias da Ciência e, de “uso didático” quando é desenvolvida e apresentada especificamente com essa finalidade.

(7) Nível de mapeamento da relação analógica: o objetivo desta categoria é analisar se na apresentação das RAs o análogo é suficientemente discutido e se os atributos correspondentes entre o alvo e o análogo são bem explorados, sendo assim classificadas em: “descreve o análogo”, quando há uma apresentação prévia deste, para favorecer a compreensão do estudante; “discute similaridades”, quando as semelhanças entre alvo e análogo são bem explicitadas e;

“insuficiente” quando, ou a descrição do análogo ou a discussão de similaridades estão ausentes, ou ainda, quando elas são muito superficiais. Esta categoria é uma adaptação daquela utilizada por Francisco Júnior (2010) que considera apenas as duas primeiras classificações e, desta forma, nos permite observar a influência da descrição do análogo e da discussão de similaridades para a delimitação do contexto no qual a linguagem está sendo empregada, o qual nós consideramos como fundamental para o processo de significação.

(8) Discussão de limitações: nesta categoria as RAs são classificadas em; “discute”, quando há explicitação das diferenças entre alvo e análogo e quando os estudantes são alertados sobre o risco de comparações inválidas; “reconhece”, quando o leitor é alertado dos limites sem que estes sejam discutidos e; “não reconhece”, quando não há nenhum alerta sobre as diferenças entre alvo e análogo. Esta categoria também já foi explorada em diversos trabalhos de pesquisa realizados por Thiele e Treagust (1994), Monteiro e Justi (2000) e Francisco Júnior (2010) entre outros. Também é importante para a explicitação do contexto em que a linguagem está sendo usada.

Além das categorias acima, nós também definimos mais duas categorias de análise que serão utilizadas para a discussão das relações analógicas que foram citadas pelos estudantes durante a realização das atividades, sempre levando em consideração a forma como foram apresentadas pelos livros didáticos.

As duas categorias são:

(1) Relações analógicas utilizadas: cujo objetivo é identificar as relações analógicas que mais contribuíram no desenvolvimento da linguagem usada pelos estudantes e foram importantes para a produção de significados, a ponto de serem citadas em seu discurso.

(2) Compreensão de similaridades: esta categoria emergiu da necessidade de identificarmos como os estudantes se apropriam das

relações analógicas e das dificuldades apresentadas pelo uso da linguagem num contexto diferente do seu cotidiano. Assim, em cada caso, nós confrontamos os “atributos comparados” originalmente, pela Ciência ou pelo livro didático utilizado, com aqueles que foram citados no discurso dos estudantes, considerados como “atributos compreendidos”.

Com as duas categorias apresentadas acima, nós pretendemos compreender a importância das relações analógicas para aprendizagem, identificando qual a função destas na linguagem utilizada pelos estudantes e, quais delas mais contribuíram para esse processo e, quais foram as principais dificuldades encontradas no seu uso.

4 O USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS NA SALA DE AULA

Conforme apresentamos no capítulo anterior, os estudantes tinham total liberdade para escolherem os livros didáticos que desejassem, por isso, eles não trabalharam com uma bibliografia única, mas com pelo menos sete livros diferentes. Sendo assim, nós analisamos cada um desses livros e contabilizamos as relações analógicas identificadas nos capítulos que se referem ao estudo da Classificação Periódica e das Propriedades Periódicas.

Primeiramente, na seção 4.1, nós apresentamos todas as RAs encontradas nos livros didáticos e na sequência discutimos cada uma delas de acordo com as sete categorias de análise apresentadas na subseção 3.2.1. Finalmente, na seção 4.2 nós nos dedicaremos à análise do uso que os estudantes fazem das RAs e o papel destas para a sua aprendizagem.

4.1 ANÁLOGOS UTILIZADOS PELOS LIVROS DIDÁTICOS

Durante a Oficina de Aprendizagem nós identificamos sete livros que foram utilizados pelos estudantes, os quais já foram apresentados no Capítulo 3. Todos eles foram analisados para que pudéssemos identificar as relações analógicas empregadas no estudo da Classificação Periódica e das Propriedades Periódicas.

Ao todo, nós identificamos 27 análogos que são apresentados na Tabela 1 e, como alguns dos análogos são citados diversas vezes, nós também identificamos os livros e as páginas em que eles aparecem.

TABELA 1 – ANÁLOGOS UTILIZADOS NO ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO E DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS

	ANÁLOGOS	LIVROS	LOCALIZAÇÃO (PÁGINAS)
1	Alfabeto	L4	223
2	Ingredientes	L7	50
3	Lego	L7	58
4	Prateleira de supermercados	L1	140
5	Biblioteca	L5	113
6	Gavetas de um guarda-roupa	L4	227
7	Catálogo telefônico	L4	231
8	Galáxia	L3	243
9	Coleções de selos ou CDs	L6	75
		L1	143
		L2	155
10	Parafuso	L3	235
		L4	228
		L5	135
		L1	143
		L2	155
11	Oitavas musicais	L3	236
		L4	228
		L5	135, 136

ANÁLOGOS		LIVROS	LOCALIZAÇÃO (PÁGINAS)
12	Fases ou Ciclos da Lua	L1	158
13	Publicação de Jornais e revistas	L1	158
14	Padrão de desenhos em calçadas	L1	158
15	Comércio de produtos sazonais	L3	235
16	Batidas do coração	L3	235
17	Oscilações de um pêndulo de relógio	L3	235
18	Estações do ano	L3	235
19	Degrau	L2	170
20	Camada	L1	147, 149, 159, 161, 162, 163
		L2	192
		L4	244
		L5	122, 123, 124
		L6	79, 80, 85
		L1	149
21	Nobreza	L2	156, 172, 174, 185, 189, 192
		L3	241, 250
		L4	231, 232, 234, 235, 239, 246
		L5	115, 120, 121, 139
		L6	79, 81
		L1	147
22	Família	L3	239, 255
		L4	231, 234, 246
		L5	115
		L6	77, 79, 85, 86, 87, 88
23	Laboratório	L4	214
24	Menino fazendo força para arrancar elétrons (pictórica)	L6	86
25	Pintor (combinação de cores)	L7	50
26	Amor e discórdia	L7	50
27	Blindagem	L3	252, 253

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Considera-se como análogo todo objeto, assunto ou fenômeno, supostamente conhecido do estudante, utilizado para comparar com aquele em estudo.

Dentre as relações analógicas que são apresentadas na Tabela 1, algumas delas são bastante corriqueiras de modo que muitas vezes nem são consideradas como tais, uma vez que já se tornaram praticamente sinônimas dos significados aos quais se referem. Como exemplo, podemos citar *família de elementos químicos* e *gases nobres*, cujas metáforas são largamente usadas sem que se dê conta de que são relações analógicas.

Porém, considerando a concepção wittgensteiniana que entende que o significado das palavras está em seu uso, nós nos indagamos se o significado dessas metáforas para os estudantes seria o mesmo que para um professor ou um cientista.

Se pensarmos na ilustração dos “jogos de linguagem” de Wittgenstein, nós perceberemos que quando o estudante ainda não domina as “regras do jogo”, os significados produzidos serão diferentes daqueles do professor e muito mais próximo daqueles que ele já conhece no seu cotidiano. Portanto, não podemos ter certeza de que o estudante compreenderá *família* com o mesmo sentido em que é usado nos livros didáticos, o qual corresponde a um conjunto de elementos cujas propriedades físicas e químicas são semelhantes.

As relações analógicas e em especial as metáforas pelo seu caráter implícito, quando não são discutidas com os estudantes, ocultam o que de fato está sendo comparado e, por mais absurdo que possa parecer, os estudantes poderiam pensar em sua própria família, constituída por pai, mãe e irmãos e, assim, imaginar que os elementos químicos de uma mesma *família* são “descendentes” de um “elemento-pai” ou “elemento-mãe”.

Da mesma forma, a metáfora dos *gases nobres*, não é suficientemente clara para que os estudantes compreendam que tais gases são assim chamados porque possuem baixa reatividade. Os estudantes podem associar a palavra *nobre* com um título de distinção e supor que esses elementos possuem algum valor intrínseco que os destaca dos demais. O mesmo se dá com a metáfora *metais nobres* que imediatamente o estudante associa com o valor de mercado de tais elementos e, raramente com a baixa reatividade dos mesmos.

Dessa forma, também entendemos a expressão *descoberta científica* como uma metáfora, já que implicitamente compara a produção do conhecimento científico com uma “revelação” que torna teorias e fatos novos disponíveis para a Ciência.

Segundo o dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986), o substantivo feminino *descoberta* significa “coisa que se descobriu”, cujo verbo por sua vez, corresponde a “revelar”, a “tirar cobertura” ou “véu”, tornando visível algo que antes estava oculto:

Descobrir: v. t. 1. Tirar cobertura, véu, etc., que ocultava, deixando à vista. 2. Deixar ver; mostrar. 3. Encontrar pela primeira vez. 4. Achar, encontrar. 5. Revelar. 6. Delatar. [...] (FERREIRA, 1986, p.149).

Assim, o uso da expressão *descoberta científica*, muitas vezes reflete uma visão empírico-indutivista, que entende a Ciência apenas como resultado de uma observação ou de um evento ao acaso. Nesse aspecto, citamos Kuhn (2011) que utilizou o exemplo da “descoberta do oxigênio”, para alertar que essa ideia é enganosa porque oculta o aspecto processual e colaborativo do desenvolvimento científico, esquecendo-se de que a Ciência além de ser uma produção humana, ela também é coletiva:

A proposição “O oxigênio foi descoberto”, embora indubitavelmente correta, é enganadora, pois sugere que descobrir alguma coisa é um ato simples e único, assimilável ao nosso conceito habitual (e igualmente questionável) de visão. Por isso supomos tão facilmente que descobrir, como ver ou tocar, deva ser inequivocamente atribuído a um indivíduo e a um momento determinado no tempo. Mas este último dado nunca pode ser fixado e o primeiro frequentemente também não. (KUHN, 2011, p. 81).

No entanto, dicionários mais recentes, como o Dicionário Universal (2013), por exemplo, admitem que essa palavra também possa ser usada no sentido de “invenção”:

Descobrir: v. tr. 1. Achar o ignorado, o desconhecido ou o oculto. 2. Fazer um descobrimento. 3. Chegar a conhecer. 4. Notar. v. tr. e pron. 5. Destapar. 6. Mostrar. 7. Manifestar; revelar. 8. Avistar; ver; alcançar com a vista. 9. Inventar. (DICIONÁRIO UNIVERSAL, 2013).

Portanto, a expressão *descoberta científica* pode assumir diferentes significados a depender de como é utilizada. Segundo Wittgenstein (2008), é o uso das palavras que define o seu significado, dependendo do momento e do contexto. Da mesma forma, Bakhtin (2006) também corrobora com essa ideia afirmando que o significado “dicionarizado” de uma palavra é apenas um potencial de significação que só se concretiza no discurso.

Certamente o uso da palavra *descoberta* no sentido de “invenção”, estaria mais próximo da nossa concepção de desenvolvimento científico. No entanto, não sabemos quais sentidos são compreendidos numa situação de aprendizagem, por

isso, consideramos a importância de investigar qual destes é o empregado pelos estudantes durante este trabalho de pesquisa.

Outra relação analógica apresentada na Tabela 1 e que muitas vezes passa despercebida, é a *blindagem* e, embora, essa palavra já tenha sido incorporada à linguagem científica para explicar a atenuação da carga nuclear provocada pelos elétrons internos, ela deriva de “blindar”, cuja origem indo-europeia, significava “tornar algo indistinto” ou “confuso”, e era empregada principalmente no meio militar para designar pessoa ou veículo que pudesse se deslocar sem ser visto pelo inimigo (ORIGEM DA PALAVRA, 2013). Assim, o uso da expressão *blindagem eletrônica*, não deixa de ser uma metáfora que compara o núcleo de um átomo com os veículos militares que eram ocultados do inimigo.

Porém, na linguagem cotidiana *blindagem* é constantemente associada com revestimento ou proteção (DICIONÁRIO UNIVERSAL, 2013), como em “carro blindado”, por exemplo, cujo sentido é diferente daquele empregado na expressão *blindagem eletrônica*, o qual se assemelha mais a uma “camuflagem”. Assim, se usarmos o sentido empregado na linguagem cotidiana, não fica claro o que os elétrons estão “protegendo” no átomo.

Da mesma forma, a expressão *camada eletrônica* que é utilizada inclusive na linguagem científica, tem sua origem na palavra *shell*, que em língua inglesa significa “casca” e, dá uma ideia da disposição da carga eletrônica mais próxima do modelo atômico quântico.

De acordo com o Dicionário Universal (2013), o significado usual da palavra “camada” é o de uma porção de “coisas estendidas sobre uma superfície”. Assim, se não houver uma reflexão sobre o uso dessa metáfora, ela pode insinuar que a disposição da carga eletrônica num átomo se dá da mesma forma, em camadas estruturalmente definidas. Porém, como ambas as versões são apenas aproximações analógicas, válidas dentro de um modelo atômico específico, nenhuma delas poderia ser exata e, acabou sendo traduzida para o português como “camada”, assim como no francês, por exemplo, cuja palavra equivalente é “couche”.

Portanto, mesmo que o uso da expressão *camada eletrônica* seja bastante comum, ela nem sempre é devidamente tratada como uma relação analógica e, em geral, esquece-se que ela é válida somente nos casos em que o Modelo de Rutherford-Bohr é suficiente para a sua descrição.

Diante do exposto, consideramos pertinente a inclusão de todas as relações analógicas identificadas, para que possamos acompanhar como elas são utilizadas pelos estudantes e, como elas contribuem, ou não, para a aprendizagem. Assim, todas elas serão discutidas a seguir, de acordo com as categorias apresentadas.

4.1.1 Alvos e análogos prioritários

Cada um dos análogos identificados nos livros didáticos foi classificado de acordo com o assunto alvo a que se destinam, de modo que pudemos constatar que alguns dos alvos estudados receberam mais de um análogo na sua abordagem, como é o caso, por exemplo, de *átomos e elementos químicos*, *Tabela Periódica* e *periodicidade*.

Na Tabela de Quantidade de Análogos Utilizados por Assunto Alvo (TABELA 2), apresentada abaixo, nós listamos todos os alvos para os quais foram utilizadas relações analógicas e os respectivos análogos empregados em cada caso.

TABELA 2 - QUANTIDADE DE ANÁLOGOS UTILIZADOS POR ASSUNTO ALVO

ALVOS*	ANÁLOGOS**	QUANTIDADE DE ANÁLOGOS
1 Átomos e elementos químicos	Alfabeto Ingredientes Lego	3
2 Tabela Periódica	Prateleira de supermercado Biblioteca Gavetas de um guarda-roupa Catálogo telefônico Galáxia Coleções de selo ou CDs	6
3 Periodicidade	Parafuso Oitavas musicais Fases da Lua Publicação de jornais e revistas Padrão de desenhos em calçadas Comércio de produtos sazonais Batidas do coração Oscilações do pêndulo de um relógio Estações do ano	9

ALVOS*	ANÁLOGOS**	QUANTIDADE DE ANÁLOGOS
4 Níveis de energia	Degrau Camada	2
5 Baixa reatividade	Nobreza	1
6 Grupo de elementos	Família	1
7 Lavoura	Laboratório	1
8 Energia de ionização	Menino “puxando” elétrons (pictórica)	1
9 Ligações químicas	Pintor (combinação de cores)	1
10 Atração e repulsão interatômica	Amor e discórdia	1
11 Carga nuclear efetiva (Z_{ef})	Blindagem	1

FONTE: O autor (2014)

* Alvos: objetos, assuntos ou fenômenos em estudo.

** Análogos: objetos, assuntos ou fenômenos, supostamente conhecidos do estudante, utilizados para comparar com o alvo.

De acordo com a Tabela 2, podemos constatar que no total, 11 alvos foram abordados com a utilização de relações analógicas. Porém, conforme apresentamos anteriormente (TABELA 1), o total de análogos empregados foi igual a 27 e, portanto, bem superior ao número de alvos estudados. Isso se dá porque os análogos empregados em um livro podem ser diferentes de outro ou, num mesmo livro pode existir mais de um análogo para cada alvo.

Dentre os alvos que receberam as maiores quantidades de análogos está *periodicidade*, com 9 análogos apresentados, seguido de *Tabela Periódica*, com 6 e, *átomos e elementos químicos* com 3 análogos.

Utilizando os dados da Tabela 2, nós plotamos o Gráfico 1, a seguir, em valores percentuais, mostrando a proporção de análogos recebidos por cada um dos alvos estudados.

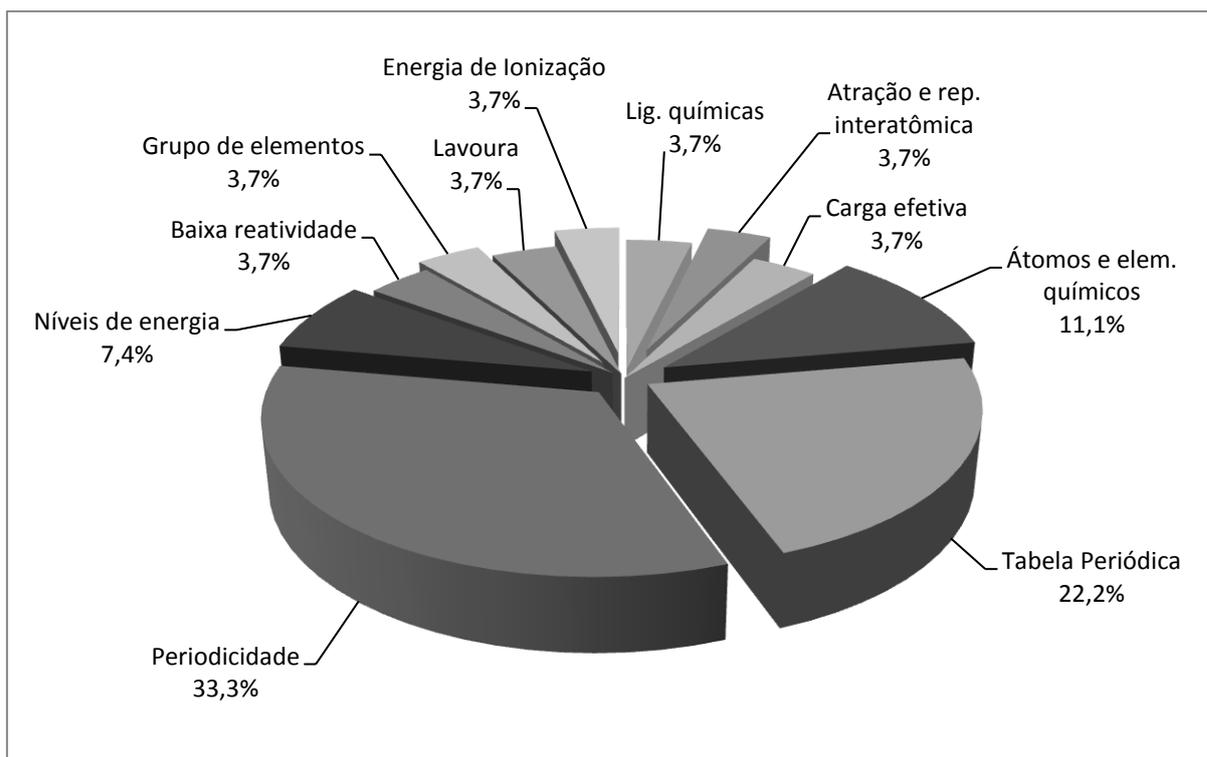


GRÁFICO 1 - PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS POR ALVO

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Periodicidade, Átomos e Elementos Químicos e Tabela Periódica, nesta ordem, foram os assuntos (alvos) para os quais se empregou o maior número de analogias.

Pelos valores apresentados no Gráfico 1, podemos perceber que 33,3% dos análogos utilizados foram para o estudo da *periodicidade*, 22,2% para *Tabela Periódica* e, 11,1% para *átomos e elementos químicos*. Portanto, esses três alvos receberam juntos, 66,6% do total de análogos empregados, sugerindo que eles eram centrais no estudo da Classificação Periódica e das Propriedades Periódicas dos Elementos.

No entanto, embora *átomos e elementos químicos* estejam entre os três alvos com a maior quantidade de análogos empregados, lembramos que dois destes (*Lego* e *ingredientes*) foram explorados apenas pelo livro L7 que não é um livro didático de química, mas um romance sobre a história da filosofia e foi utilizado na Oficina para a discussão da Teoria dos Quatro Elementos da filosofia grega.

Outra observação interessante é que o estudo de *átomos e elementos químicos*, mesmo sendo um conteúdo necessário à compreensão da Classificação Periódica, na maioria dos livros didáticos ele é trabalhado num capítulo anterior e, portanto, considerado como conteúdo já estudado, quando se chega à Classificação Periódica.

Além de investigarmos a quantidade de análogos que cada assunto alvo recebeu, nós também consideramos a quantidade de citações desses análogos, já que alguns deles também foram utilizados mais de uma vez num mesmo livro ou citados diversas vezes em livros diferentes.

Assim, nós apresentamos, abaixo, a Tabela de Quantidade de Citações das Relações Analógicas Classificadas por Análogo e por Alvo (TABELA 3), na qual podemos verificar quais são os alvos cujas RAs foram mencionadas mais vezes, considerando para isso não mais que uma citação por página, mesmo quando o análogo aparece diversas vezes em cada uma.

TABELA 3 – QUANTIDADE DE CITAÇÕES DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS CLASSIFICADAS POR ANÁLOGO E POR ALVO

ALVOS ESTUDADOS	ANÁLOGOS UTILIZADOS	CITAÇÕES POR ANÁLOGO	TOTAL POR ALVO
Átomos e elementos químicos	Alfabeto	1	3
	Ingredientes	1	
	Legó	1	
Tabela Periódica	Prateleira de supermercado	1	6
	Biblioteca	1	
	Gavetas de um guarda-roupa	1	
	Catálogo telefônico	1	
	Galáxia	1	
	Coleções de selo ou CDs	1	
Periodicidade	Parafuso	5	18
	Oitavas musicais	6	
	Fases da Lua	1	
	Publicação de jornais e revistas	1	
	Padrão de desenhos em calçadas	1	
	Comércio de produtos sazonais	1	
	Batidas do coração	1	
	Oscilações do pêndulo de um relógio	1	
	Estações do ano	1	
Níveis de energia	Degrau	1	15
	Camada	14	
Baixa reatividade	Nobreza	21	21
Grupo de elementos	Família	13	13
Lavoura	Laboratório	1	1

ALVOS ESTUDADOS	ANÁLOGOS UTILIZADOS	CITAÇÕES POR ANÁLOGO	TOTAL POR ALVO
Energia de ionização	Menino “puxando” elétrons (pictórica)	1	1
Ligações químicas	Pintor (combinação de cores)	1	1
Atração e repulsão interatômica	Amor e discórdia	1	1
Carga nuclear efetiva (Z_{ef})	Blindagem	2	2
TOTAL GERAL			82

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A tabela apresenta quantas vezes cada analogia foi citada (citações por análogo) e a soma de citações envolvendo todas as analogias que cada alvo recebeu (total por alvo).

Portanto, somando todas as citações de RAs feitas em cada um dos sete livros analisados (TABELA 3), nós contabilizamos 82 citações empregadas no estudo da Classificação Periódica e das Propriedades Periódicas dos Elementos.

Quanto à quantidade de citações das relações analógicas classificadas por “assunto alvo”, nós podemos constatar que dos 11 alvos estudados, a *baixa reatividade* dos elementos do Grupo 18 foi o que recebeu o maior número de referências, totalizando 21 citações. Em segundo lugar ficou *periodicidade*, cujos análogos foram mencionados 18 vezes e em terceiro, *níveis de energia* com 15 citações.

Apesar de *Tabela Periódica* estar entre os três alvos com o maior número de relações analógicas, tendo sido comparado a seis análogos diferentes, estes foram citados apenas seis vezes, ou seja, o alvo recebeu só uma citação para cada análogo empregado. O mesmo ocorreu com os três análogos que foram utilizados para *átomos e elementos químicos*.

Quanto à quantidade de citações classificadas por “análogo”, nós constatamos que dentre os análogos mais citados destacam-se: *nobreza* (Gases Nobres) utilizada para os elementos do Grupo 18, com 21 incidências; em segundo lugar a metáfora da *camada* empregada para *níveis de energia*, com 14 referências e; em terceiro lugar *família* para *grupos de elementos químicos*, com 13 citações.

Ainda entre os análogos mais citados, aparecem em quarto e quinto lugares as *oitavas musicais* e *parafuso*, com seis e cinco referências, respectivamente.

Os mesmos dados mostrados acima também são apresentados em valores percentuais no Gráfico 2, no qual fica mais evidente os “assuntos-alvos” que receberam mais citações.

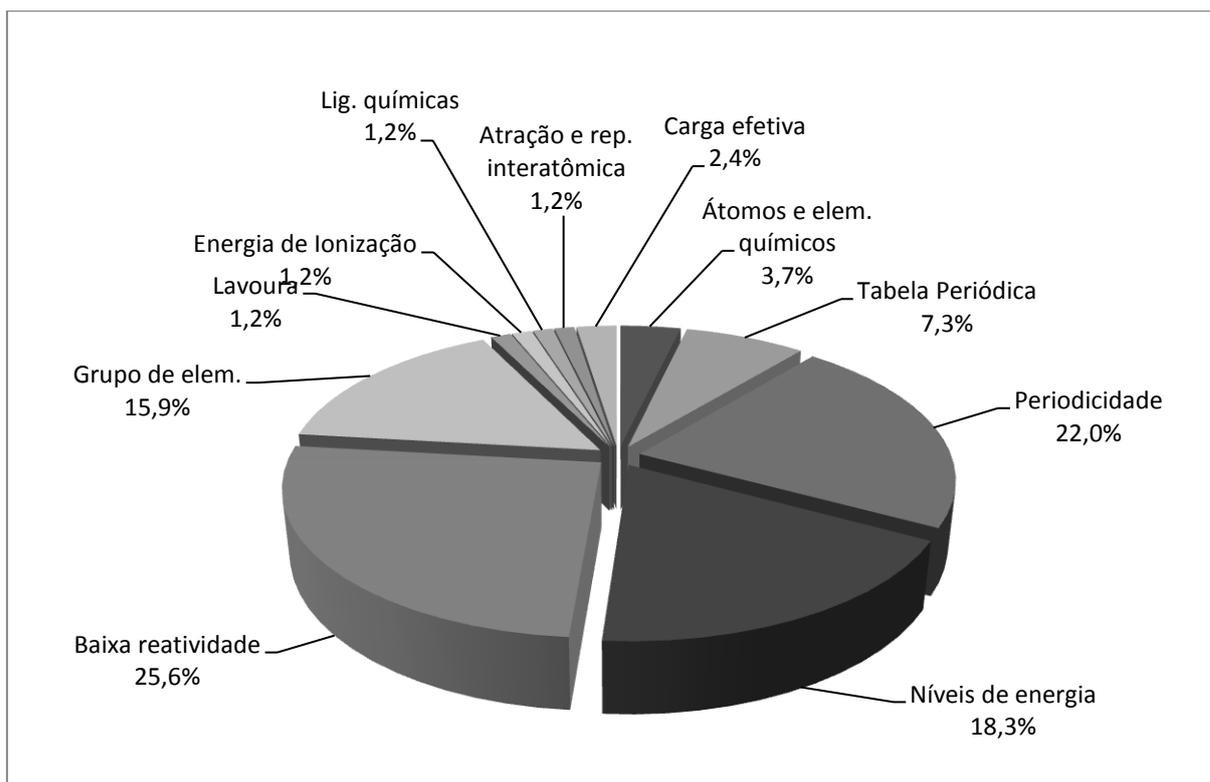


GRÁFICO 2 - CITAÇÕES DE RELAÇÕES ANALÓGICAS POR ALVO

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Baixa reatividade, periodicidade e níveis de energia, nesta ordem, foram os assuntos (alvos) cujas analogias foram as mais citadas pelos livros didáticos.

Comparando o gráfico de Proporção de Análogos por Alvo (GRÁFICO 1) com o gráfico de Citações de Relações Analógicas por Alvo (GRÁFICO 2), nós percebemos que o alvo *periodicidade* recebeu 33,3% dos análogos utilizados e contabilizou 22,0% das citações realizadas nos livros, enquanto que a *organização da Tabela Periódica* recebeu 22,2% dos análogos, mas destes, o total de citações recebidas corresponde a apenas 7,3%.

Essa diferença entre a quantidade de análogos empregados e a quantidade de citações para os mesmos, se deve, possivelmente, à percepção dos autores dos livros didáticos de que há maior complexidade envolvida na compreensão do

significado da *periodicidade* nas propriedades dos elementos, do que na *organização da Tabela Periódica* em si.

A *baixa reatividade* dos elementos do Grupo 18 foi um alvo comparado a apenas um análogo (*gases nobres*), porém, este recebeu 25,6% do total das citações dos livros didáticos. Porém, quando analisamos o contexto em que a expressão *gases nobres* aparece, constatamos que ela é empregada para denominar os elementos desse grupo, sem necessariamente se observar as comparações implícitas que esta metáfora sugere.

O mesmo ocorre com o alvo *Grupo de Elementos* para o qual se utilizou apenas a metáfora da *família*, representando 3,7% do total de análogos empregados, mas que obteve 15,9% das citações realizadas. Assim como na expressão *gases nobres*, também neste caso, o análogo é muitas vezes utilizado em substituição ao alvo, tal como se fossem sinônimos.

Por outro lado, a quantidade de análogos utilizados para *átomos e elementos químicos* equivale a 11,1% do total, porém cada um destes só foi citado uma única vez, representando 3,7% das citações realizadas. No entanto, conforme já comentamos acima, esse assunto alvo é trabalhado em capítulos que antecedem o estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas e por isso deixa de ser o foco nesta unidade, o que poderia explicar o fato de seus análogos terem sido pouco citados.

Assim, considerando que os alvos *níveis de energia*, *baixa reatividade* do Grupo 18 e *Grupo de Elementos* receberam grande quantidade de citações para um único análogo, mas que as expressões empregadas (*camada*, *gases nobres* e *família*) são metáforas bastante corriqueiras, utilizadas na maioria das vezes como se elas fossem sinônimas dos seus alvos (“análogos sinônimos”), isso justificaria o elevado número de citações recebidas, assim como a não observância das relações analógicas existentes.

Portanto, podemos supor que *camada*, *gases nobres* e *família* foram considerados alvos secundários no estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas e que os seus análogos não foram utilizados com essa intenção. Diante do exposto, nós geramos dois novos gráficos analisando os alvos que receberam grandes quantidades de citações de seus análogos, omitindo aqueles que foram usados como se fossem “sinônimos”. Assim, o Gráfico 3, mostra a nova proporção de relações analógicas recebidas por alvo, após a exclusão desses análogos.

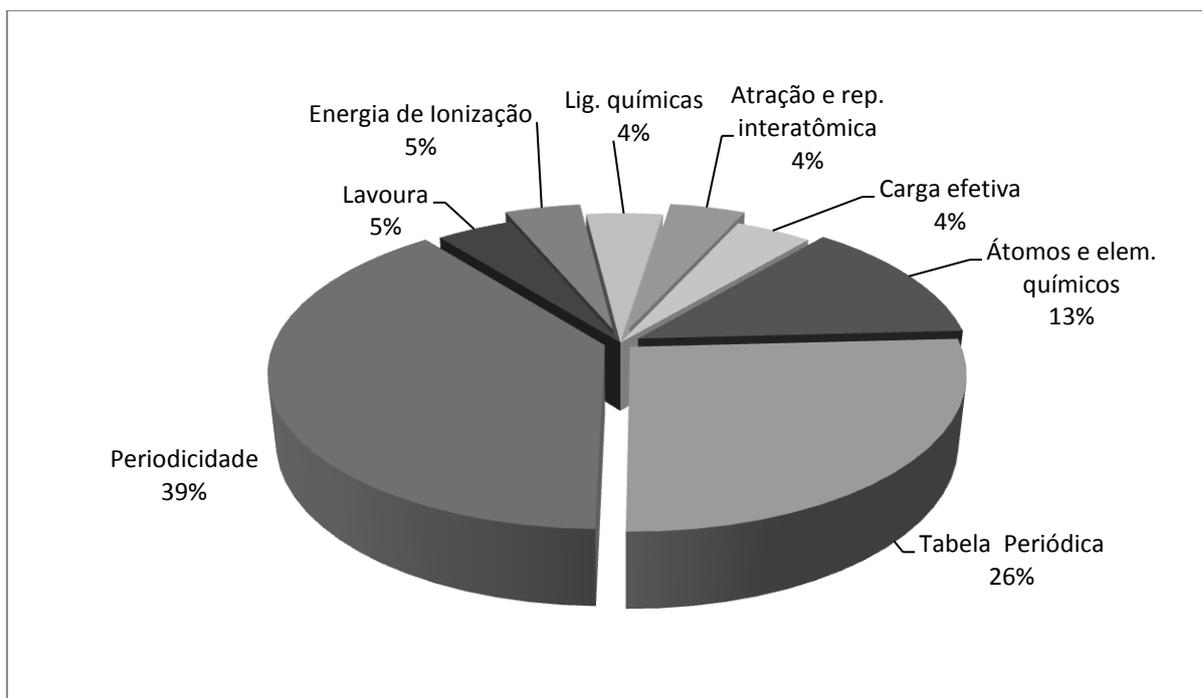


GRÁFICO 3 - PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS POR ALVO COM OMISSÃO DE ANÁLOGOS CORRIQUEIROS

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Suprimindo-se as relações analógicas que não são consideradas como tais pelos livros didáticos (análogos corriqueiros), observa-se que a periodicidade foi o assunto que recebeu a maior proporção de analogias, seguido por Tabela Periódica e Átomos e Elementos Químicos.

Pelo Gráfico 3, nós constatamos que os alvos *periodicidade* e *Tabela Periódica* receberam 39% e 26% das relações analógicas utilizadas, respectivamente. A terceira maior quantidade de relações analógicas utilizadas foi para *átomos e elementos químicos*, com 13% do total. No entanto, para efeito de comparação, também é necessário observar a quantidade de citações recebidas para cada um desses análogos, após a exclusão dos “análogo-sinônimos” citados acima.

O Gráfico 4, a seguir, apresenta a nova proporção das citações de cada uma das relações analógicas.

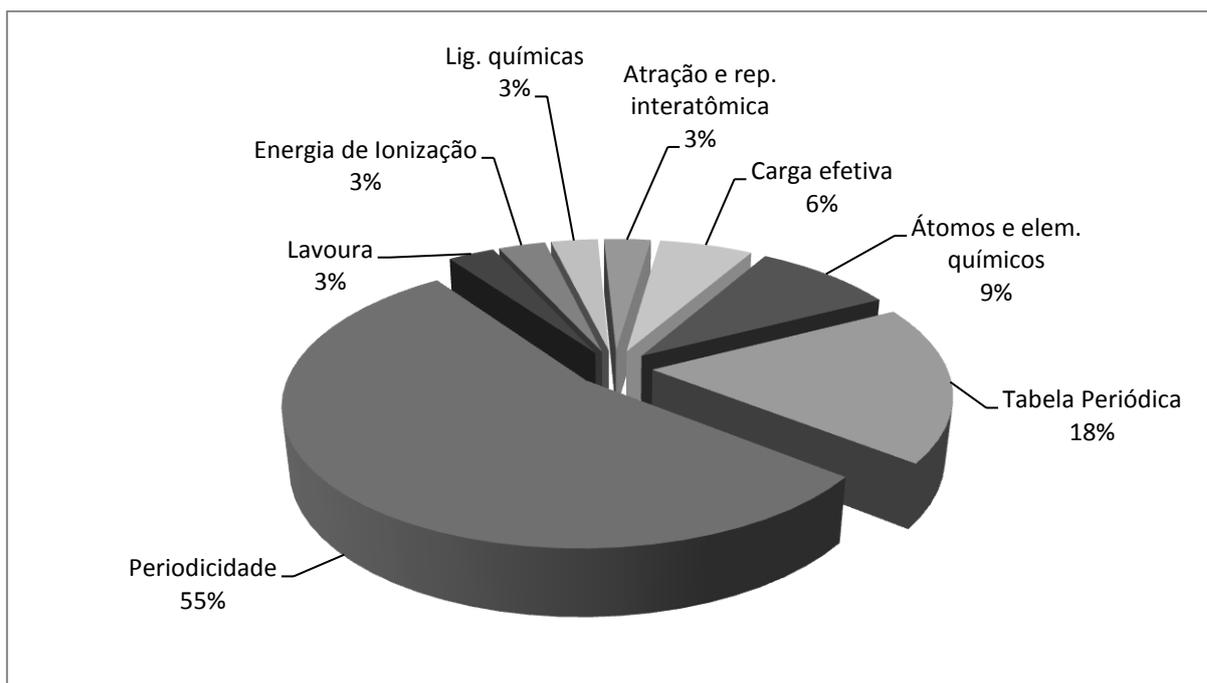


GRÁFICO 4 - CITAÇÕES DE RELAÇÕES ANALÓGICAS POR ALVO COM OMISSÃO DOS ANÁLOGOS CORRIQUEIROS

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Suprimindo-se os análogos corriqueiros, observa-se que os mesmos assuntos (alvos) que receberam a maior proporção de analogias (GRÁFICO 3), também foram aqueles cujas analogias foram as mais citadas.

Pelo gráfico 4, constatamos que 55% das citações das relações analógicas foram para *periodicidade*, 18% para Tabela Periódica e 9% para *átomos e elementos químicos*. Estes dados, portanto, confirmam que *periodicidade* e Tabela Periódica foram os alvos prioritários nesta unidade, seguidos por *átomos e elementos químicos*.

A Tabela 4 faz um comparativo do percentual de relações analógicas utilizadas para cada um dos três alvos considerados prioritários neste estudo e, do percentual de citações para cada um dos mesmos.

TABELA 4 – PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS E DE CITAÇÕES PARA CADA ALVO PRIORITÁRIO

ALVOS	PERCENTUAL DE ANÁLOGOS (%)	PERCENTUAL DE CITAÇÕES (%)
Periodicidade	33	55
Tabela Periódica	26	18
Átomos e elementos químicos	13	9
Total	72	82

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Os assuntos que receberam a maior quantidade de relações analógicas, também foram aqueles cujas relações analógicas foram as mais citadas, confirmando os mesmos como alvos prioritários.

Pela tabela acima constatamos que os três alvos mencionados receberam juntos 72% do total das relações analógicas apresentadas e, 82% do total das citações realizadas pelos livros didáticos.

A quantidade de citações de RAs para os três alvos apresentados na Tabela 6 reflete a importância destes pelo fato destes assuntos nas unidades analisadas. Além disso, a *periodicidade* das propriedades dos elementos químicos é um assunto suficientemente abstrato para causar dúvidas e incompreensões nos estudantes, o que também justificaria a preocupação dos livros em utilizar um maior número de relações analógicas na sua abordagem.

Monteiro e Justi (2000) analisando os livros didáticos de Química para o Ensino Médio, concluem que 93% das analogias são utilizadas para facilitar a compreensão de assuntos considerados abstratos e apenas 2% para assuntos concretos.

Entendemos que expressar um conhecimento abstrato exige muito da habilidade de uso da linguagem. Por isso, é natural que podendo ser vistos ou sentidos, os objetos concretos e fenômenos macroscópicos sejam relativamente fáceis de serem compreendidos e descritos pela linguagem cotidiana. Porém, o mundo microscópico obriga que os fenômenos e objetos sejam imaginados, ou abstraídos da realidade, tornando-se muito mais difíceis de serem expressos.

Como, para ser compreendido por uma quantidade maior de pessoas não é desejável criar palavras novas toda vez que se queira expressar as abstrações, recorre-se preferencialmente ao uso de palavras já conhecidas, mas que acabam

por assumir significados diferentes daqueles já familiares. Uma das formas que isso se dá é através das metáforas e analogias, com as quais se compara o conhecimento novo ou abstrato, com algo já conhecido e, de preferência, do cotidiano.

Em relação à escolha dos análogos e dos alvos prioritários para esta unidade, nós constatamos que, ao contrário de *periodicidade* das propriedades dos elementos e organização da *Tabela Periódica* que são alvos principais, os outros como Carga Efetiva e Energia de Ionização, por exemplo, por mais que exijam uma grande capacidade de abstração, são assuntos que não foram aprofundados, por isso, a pouca incidência de RAs para os mesmos.

4.1.2 Atributos correspondentes entre alvos e análogos

Nesta categoria nós identificamos os atributos que são efetivamente comparados entre cada um dos análogos encontrados e seus respectivos alvos, pelo motivo que, mais adiante, nós analisaremos o uso que os estudantes fazem das relações analógicas e investigaremos a correspondência entre os atributos explorados nos livros didáticos e os atributos compreendidos pelos mesmos. Assim, na Tabela 5 nós apresentamos os análogos utilizados de acordo com o assunto alvo estudado e os atributos correspondentes entre ambos.

TABELA 5 - ATRIBUTOS CORRESPONDENTES ENTRE ANÁLOGOS E ALVOS ESTUDADOS

ANÁLOGOS	ALVOS	ATRIBUTOS COMPARADOS	
		DO ANÁLOGO	DO ALVO
Alfabeto	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formação de palavras pela combinação de letras 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formações de substâncias pela combinação dos átomos
Ingredientes	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produção de diferentes tipos de massas alimentícias a partir de ingredientes básicos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produção de substâncias químicas diferentes a partir dos elementos químicos

ANÁLOGOS	ALVOS	ATRIBUTOS COMPARADOS	
		DO ANÁLOGO	DO ALVO
Lego	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peças sólidas e impenetráveis ▪ Encaixe e separação das peças ▪ Formatos, cores e tamanhos diferentes ▪ Produção de diferentes figuras 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integridade dos átomos ▪ Formação e quebra de ligações químicas ▪ Diferentes tipos e tamanhos dos átomos ▪ Integridade dos átomos
Prateleira de supermercados	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. e classificação dos produtos numa prateleira 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. dos elementos químicos na TP
Biblioteca	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. e classificação de livros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organização da TP
Gavetas de um guarda-roupa	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. e classificação de roupas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organização da TP
Catálogo telefônico	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. de números de telefone 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organização da TP
Galáxia	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formato de uma galáxia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tabela Periódica de Philip Stewart
Coleções de selos ou CDs	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. e classificação de selos ou CDs 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Org. e classificação de elementos químicos
Parafuso	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica da posição do parafuso em torno de uma espiral 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Oitavas musicais	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica do nome das notas musicais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Fases ou Ciclos da Lua	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica das fases da Lua 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Publicação de Jornais e revistas	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Publicação periódica de jornais e revistas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Padrão de desenhos em calçadas	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica do padrão de desenhos de uma calçada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Comércio de produtos sazonais	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica das estações do ano e oferta de produtos sazonais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Batidas do coração	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica das batidas do coração 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Oscilações de um pêndulo de relógio	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica das oscilações de um pêndulo de relógio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas

ANÁLOGOS	ALVOS	ATRIBUTOS COMPARADOS	
		DO ANÁLOGO	DO ALVO
Estações do ano	Periodicidade	▪ Repetição periódica das estações do ano	▪ Repetição periódica de propriedades químicas e físicas
Degrau	Níveis de energia	▪ Altura dos degraus de uma escada	▪ Energia dos níveis eletrônicos
Camada	Níveis de energia	▪ Extensão de algo sobre uma superfície	▪ Distribuição espacial da carga eletrônica
Nobreza	Baixa reatividade	▪ Pouca afinidade com o povo	▪ Baixa reatividade, dificuldade de formação de ligações químicas
Família	Grupo de elementos	▪ Semelhanças ou afinidades entre as pessoas	▪ Grupo de elementos com propriedades semelhantes
Laboratório	Lavoura	▪ Transformações químicas num laboratório	▪ Formações de substâncias nos vegetais, a partir de átomos de elementos presentes no solo
Menino fazendo força para arrancar elétrons (pictórica)	Energia de ionização	▪ Força para remover elétrons (pictórica)	▪ Energia de ionização
Pintor (combinação de cores)	Ligações químicas	▪ Combinação de cores	▪ Combinação de átomos
Amor e discórdia	Atração e repulsão entre átomos	▪ Aproximação e afastamento entre as pessoas	▪ Formação e quebra de ligações químicas
Blindagem	Carga nuclear efetiva (Z_{ef})	▪ Ocultação ou camuflagem de algo	▪ Atenuação de carga nuclear pela interposição de elétrons

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A tabela apresenta as características (atributos) estruturais e funcionais, das relações análogas que são exploradas pelos livros didáticos.

Pela tabela acima, podemos verificar que apenas na analogia do Lego foram exploradas as similaridades de mais de um atributo correspondente entre o alvo e o análogo.

4.1.3 Tipo de relação analógica

Após a identificação dos atributos compartilhados entre os alvos e os análogos, nós procedemos a análise das relações analógicas de acordo com o tipo de comparação estabelecida entre o domínio do alvo e o domínio do análogo, de modo que elas podem ser classificadas em: *estrutural*; *funcional* e; *estrutural-funcional*.

Lembramos que **as RAs são classificadas como estruturais quando são compartilhados atributos físicos entre o análogo e o alvo**. Assim, na analogia da *Tabela Galáxia*, por exemplo, a comparação que se faz é entre a forma da *Via Láctea* e o formato da Tabela Periódica de Philip Stewart, cuja organização espiral dos elementos químicos em ordem crescente de números atômicos, lembra a disposição das estrelas em torno de um núcleo na referida galáxia.

Quando a comparação ocorre entre as funções desempenhadas pelo alvo e aquelas do análogo, a RA é classificada como funcional. Assim, no caso da analogia do Laboratório, por exemplo, as reações químicas realizadas num laboratório são comparadas com as transformações que ocorrem numa lavoura, onde vegetais produzem diferentes substâncias a partir de nutrientes do solo.

Nas relações analógicas estruturais-funcionais há comparações tanto de atributos físicos quanto funcionais. Como exemplo, citamos a analogia do Lego que compara as funções de encaixe e desencaixe das peças do brinquedo, o que dá origem a diferentes figuras, com a formação e quebra de ligações químicas entre os átomos, formando novas substâncias químicas. Ao mesmo tempo, a analogia faz comparações estruturais dos diferentes formatos e cores do brinquedo com a diversidade de elementos químicos existentes, cujos tamanhos e “arranjos estruturais” também são diferentes.

As relações analógicas estruturais-funcionais são as que proporcionam o maior número de comparações válidas entre alvo e análogo, sendo que uma única analogia pode auxiliar na compreensão de diferentes atributos do alvo, como no caso das peças do Lego.

Apresentamos a seguir (TABELA 6), todas as relações analógicas encontradas e a classificação de cada uma delas quanto ao Tipo de Relação Analógica.

TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO DOS ANÁLOGOS DE ACORDO COM O TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA

ANÁLOGOS	TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA		
	ESTRUTURAL	FUNCIONAL	ESTRUTURAL-FUNCIONAL
Ingredientes		X	
Alfabeto		X	
Lego			X
Prateleira de supermercado		X	
Biblioteca		X	
Coleções de selos ou CDs		X	
Gavetas de um guarda-roupa		X	
Catálogo telefônico		X	
Galáxia	X		
Parafuso	X		
Oitavas musicais		X	
Fases da Lua		X	
Publicação de jornais e revistas		X	
Padrão de desenhos em calçadas		X	
Comércio de produtos sazonais		X	
Batidas do coração		X	
Oscilações do pêndulo de um relógio		X	
Estações do ano		X	
Degrau		X	
Camada		X	
Nobreza		X	
Família		X	
Laboratório		X	
Menino “puxando” elétrons (pictórica)			X
Pintor (combinação de cores)		X	

ANÁLOGOS	TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA		
	ESTRUTURAL	FUNCIONAL	ESTRUTURAL-FUNCIONAL
Amor e discórdia		X	
Blindagem		X	
TOTAL	2	23	2

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A tabela apresenta a natureza das comparações exploradas em cada uma das relações analógicas, as quais são consideradas estruturais quando se baseiam em propriedades físicas e funcionais quando se baseiam no tipo de atividade desempenhada. Assim, apenas em dois casos foram explorados tanto atributos estruturais quanto funcionais.

Pela tabela acima, nós podemos observar que 23 relações analógicas apresentadas nos livros didáticos são do tipo funcional e somente duas são estruturais e duas se enquadram na classificação estrutural-funcional. Estes resultados também se assemelham àqueles encontrados por Monteiro e Justi (2000) e Francisco Júnior (2010), já mencionados no capítulo 1.

Os dados da Tabela 6 foram plotados no Gráfico 5 em valores percentuais para facilitar a visualização da proporção de cada um dos três tipos de relação analógica utilizadas pelos livros didáticos.

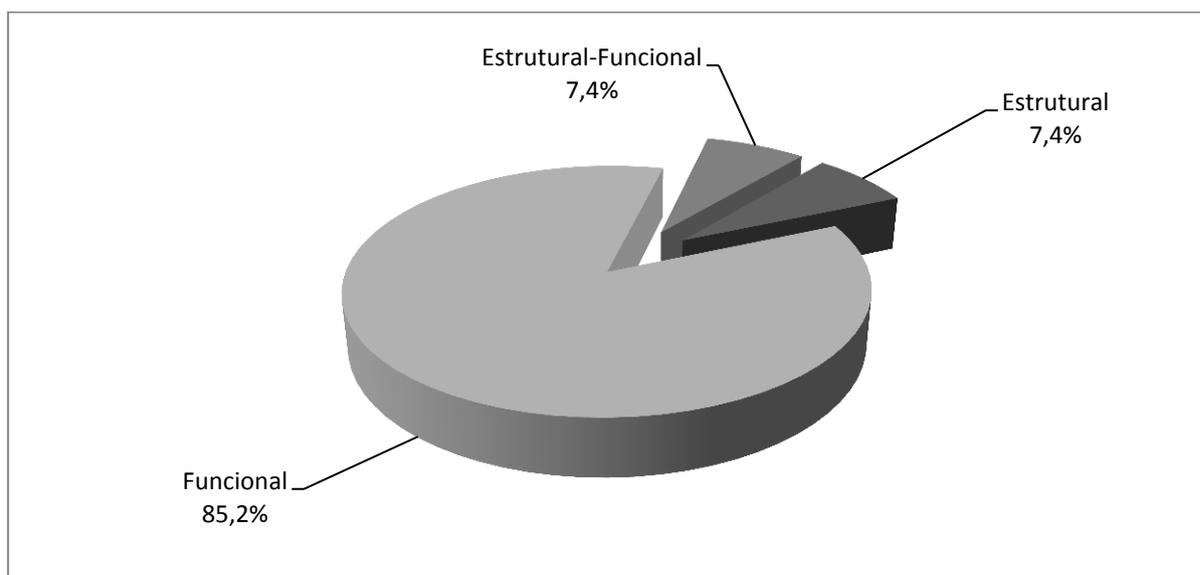


GRÁFICO 5 - TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA

FONTE: O AUTOR (2014)

NOTA: A maioria das relações analógicas compara, entre o análogo e o alvo estudado, apenas o tipo de atividades desempenhadas (atributos funcionais).

Assim, podemos constatar que mais de 85% das relações analógicas comparam apenas atributos funcionais entre o alvo e o análogo, enquanto que só 7,4% fazem comparações entre atributos estruturais e outras 7,4% são mistas, fazendo os dois tipos de comparações.

Entendemos que predomínio das relações analógicas do tipo funcional se dá devido ao objetivo para o qual elas são utilizadas, que conforme mencionamos, é para facilitar a compreensão de conteúdos considerados abstratos que, em geral, apresentam maiores dificuldades do que os outros. Em tais conteúdos, de um modo geral, não há informações sobre a forma física nem características estruturais que possam ser comparadas com os análogos, restando apenas comparações sobre as funções desempenhadas pelos dois domínios.

4.1.4 Nível de enriquecimento das relações analógicas

Em relação ao nível de enriquecimento das relações analógicas, estas **podem ser classificadas como simples quando há um único atributo compartilhado entre o alvo e o seu análogo**, como é o caso, por exemplo, da *altura dos degraus de uma escada* que no livro L2 são comparados com a *energia dos níveis eletrônicos*. Neste caso, um único atributo do análogo, a sua altura, foi utilizado para comparar com a quantidade de *energia dos níveis eletrônicos*.

Uma relação analógica só **é considerada enriquecida quando há mais de um atributo compartilhado entre o alvo e o análogo**, como ocorre, por exemplo, na já citada analogia do Lego. Neste caso, dentre os atributos do brinquedo, estão o encaixe e o desencaixe das peças que são comparados com a formação e a quebra de ligações entre os átomos. Os outros atributos citados são os diferentes formatos e cores responsáveis pela diferenciação de uma peça da outra, e que são comparados com os diferentes tipos e tamanhos dos átomos.

Para que uma relação analógica seja considerada estendida, não importa quantos atributos estão sendo comparados entre o análogo e o alvo, mas sim quantos análogos diferentes são utilizados. Em geral, isso ocorre

quando os análogos escolhidos têm baixa similaridade com o alvo e uma única RA não dá conta da sua complexidade.

Um exemplo de relação analógica *estendida* é a comparação realizada no livro L1 da alternância das *fases da lua*, que ocorre em intervalos de tempo regulares, com a *periodicidade* das propriedades dos elementos na Tabela Periódica. Para complementar a explicação esse livro usa mais quatro comparações com atributos semelhantes: *publicação de jornais e revistas*; *o padrão de desenhos em calçadas*; *parafuso* e; *oitavas musicais*.

É importante observar que o *Nível de Enriquecimento*, para uma mesma relação analógica, pode variar de um livro para outro porque depende como estas são apresentadas. Assim, uma analogia considerada simples em um livro pode ser classificada como estendida ou enriquecida em outro, caso esse utilize mais de um análogo para explicar o mesmo alvo, ou explore mais de um atributo semelhante entre os dois domínios comparados.

A Tabela 7 apresenta as relações analógicas classificadas de acordo com o nível de enriquecimento que elas são exploradas em cada um dos livros didáticos analisados.

TABELA 7 – CLASSIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO EXPLORADO PELOS LIVROS DIDÁTICOS

LIVRO	ANÁLOGO	ALVO	NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO
L1	Prateleira de supermercado	Átomos e elementos químicos	Enriquecida
L1	Parafuso	Periodicidade	Estendida
L1	Oitavas musicais	Periodicidade	Estendida
L1	Fases da Lua	Periodicidade	Estendida
L1	Publicação de Jornais e revistas	Periodicidade	Estendida
L1	Padrão de desenhos em calçadas	Periodicidade	Estendida
L1	Nobreza	Baixa reatividade	Simples
L1	Camada	Níveis de energia	Simples
L1	Família	Grupo de elementos	Simples
L2	Parafuso	Periodicidade	Estendida
L2	Oitavas musicais	Periodicidade	Estendida

LIVRO	ANÁLOGO	ALVO	NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO
L2	Nobreza	Baixa reatividade	Simple
L2	Degrau	Níveis de energia	Simple
L2	Camada	Níveis de energia	Simple
L3	Parafuso	Periodicidade	Estendida
L3	Oitavas musicais	Periodicidade	Estendida
L3	Comércio de produtos sazonais	Periodicidade	Estendida
L3	Batidas do coração	Periodicidade	Estendida
L3	Oscilações de um pêndulo de relógio	Periodicidade	Estendida
L3	Estações do ano	Periodicidade	Estendida
L3	Nobreza	Baixa reatividade	Simple
L3	Família	Grupo de elementos	Simple
L3	Galáxia	Tabela Periódica	Simple
L3	Blindagem	Carga nuclear efetiva (Z_{ef})	Simple
L4	Parafuso	Periodicidade	Estendida
L4	Oitavas musicais	Periodicidade	Estendida
L4	Nobreza	Baixa reatividade	Simple
L4	Família	Grupo de elementos	Simple
L4	Laboratório	Lavoura	Simple
L4	Alfabeto	Átomos e elementos químicos	Simple
L4	Gavetas de um guarda-roupa	Tabela Periódica	Estendida
L4	Catálogo telefônico	Tabela Periódica	Estendida
L4	Camada	Níveis de energia	Simple
L5	Parafuso	Periodicidade	Estendida
L5	Oitavas musicais	Periodicidade	Estendida
L5	Nobreza	Baixa reatividade	Simple
L5	Biblioteca	Tabela Periódica	Simple
L5	Família	Grupo de elementos	Simple
L5	Camada	Níveis de energia	Simple
L6	Nobreza	Baixa reatividade	Simple
L6	Família	Grupo de elementos	Simple
L6	Coleções de selos ou CDs	Tabela Periódica	Simple
L6	Menino fazendo força para arrancar elétron (pictórica)	Energia de ionização	Simple

LIVRO	ANÁLOGO	ALVO	NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO
L6	Camada	Níveis de energia	Simple
L7	Pintor (combinação de cores)	Ligações químicas	Simple
L7	Ingredientes	Átomos e elementos químicos	Estendida
L7	Lego	Átomos e elementos químicos	Enriquecida / Estendida
L7	Amor e discórdia	Atração e repulsão entre átomos	Simple

FONTE: O autor (2014)

NOTA: As RAs são classificadas como *simples* quando apenas uma característica (atributo) do análogo é comparada com o alvo e, *enriquecidas* quando mais de uma característica é explorada. Nos casos em que são utilizados mais de um análogo para explicar o mesmo alvo, elas são consideradas como *estendidas*.

Conforme a Tabela 7, diversas relações analógicas foram classificadas como *estendidas* porque o livro didático em questão empregou dois ou mais análogos diferentes para o estudo de um único alvo, reforçando assim, as características comparadas. Por exemplo, no livro L1 o estudo da *periodicidade* é comparado a cinco análogos diferentes: *parafuso*, *oitavas musicais*, *fases da lua*, *publicação de jornais e revistas* e, *padrão de desenhos em calçadas*. Porém, em casos como este e, apenas nesta categoria, os análogos utilizados serão considerados como uma única relação analógica *estendida*.

No livro L1 foram utilizados 9 análogos para um total de 5 alvos estudados. Como o alvo *periodicidade* foi comparado a 5 análogos diferentes a relação analógica foi classificada como *estendida*. Neste livro, apenas uma RA foi classificada como *enriquecida*, porque o análogo *alfabeto*, utilizado para o estudo de *átomos e elementos químicos*, compartilha mais de um atributo com o alvo em questão. As demais RAs foram classificadas como *simples* porque empregaram apenas um análogo para cada alvo.

No caso do livro L2, foram empregados 5 análogos no estudo de 3 alvos diferentes, sendo que duas RAs foram classificadas como *estendidas*. Uma delas utilizou 2 análogos para o estudo da *periodicidade* e a outra que também usou 2 análogos os empregou no estudo dos *níveis de energia*. Houve apenas uma RA simples.

O livro L3 foi o que utilizou a maior quantidade de análogos. Para o estudo de 5 alvos foram utilizados 10 análogos diferentes, sendo que 6 destes foram empregados só no estudo da *periodicidade*, de modo que esta RA enquadra-se na categoria *estendida*. Os outros 4 análogos foram empregados para alvos distintos e portanto, as RAs foram classificadas como *simples*.

No livro L4 para a abordagem de 7 alvos foram empregados 9 análogos diferentes, sendo que 2 destes foram no estudo da *periodicidade* e outros 2 para *Tabela Periódica*. Portanto, houve duas RAs *estendidas* e cinco *simples*.

O livro L6 apresentou 5 análogos diferentes para o estudo de 5 alvos, todos compartilhando apenas um atributo entre si, de modo que todas as relações analógicas foram classificadas como *simples*.

No livro L7 foram empregados 4 análogos para 3 alvos distintos. A analogia do *Lego* foi classificada como *enriquecida* porque este análogo compartilha mais de um atributo com o alvo e, ao mesmo tempo também foi classificada como *estendida*, porque os *átomos e elementos químicos* também foram comparados com os *ingredientes* de uma receita. Assim, apenas uma RA foi considerada *simples*.

Na tabela a seguir (TABELA 8), nós apresentamos uma síntese da quantidade de relações analógicas, em cada livro analisado, que se enquadra em cada uma das classificações comentadas acima.

TABELA 8 – QUANTIDADE DE RELAÇÕES ANALÓGICAS CLASSIFICADAS DE ACORDO COM O NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO

LIVRO	QTDE DE ANÁLOGOS	QTDE DE ALVOS	NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO		
			SIMPLES	ENRIQUECIDAS	ESTENDIDAS
L1	9	5	3	1	1
L2	5	3	1	0	2
L3	10	5	4	0	1
L4	9	7	5	0	2
L5	6	5	4	0	1
L6	5	5	5	0	0
L7	4	3	2	1	1
TOTAL			24	2	8

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Na maioria dos casos é utilizado apenas um análogo para cada alvo e apenas um atributo é explorado (analogia simples), mesmo nos casos em que ambos compartilham mais de um.

É importante lembrar que embora os análogos e os alvos estudados possam ser os mesmos na comparação de um livro com outro, a exploração dos atributos pode diferir bastante, por isso, optamos em apresentar a classificação separada por livro.

De acordo com a Tabela 8, foram utilizadas 24 RAs *simples*, 8 *estendidas* e apenas 2 *enriquecidas*. Lembrando que a analogia do *Lego* foi classificada como *enriquecida* e *estendida*, já que há comparação de mais de um atributo entre o análogo e os *átomos e elementos químicos*, o que a inclui na categoria de analogia *enriquecida* e, ao mesmo tempo, o livro utiliza outro análogo (*ingredientes*) para auxiliar na compreensão dos mesmos atributos.

No Gráfico 6, os dados apresentados na Tabela 8 são tabulados em valores percentuais, no qual fica bem nítida a preferência da maioria dos livros didáticos pelas comparações simples.

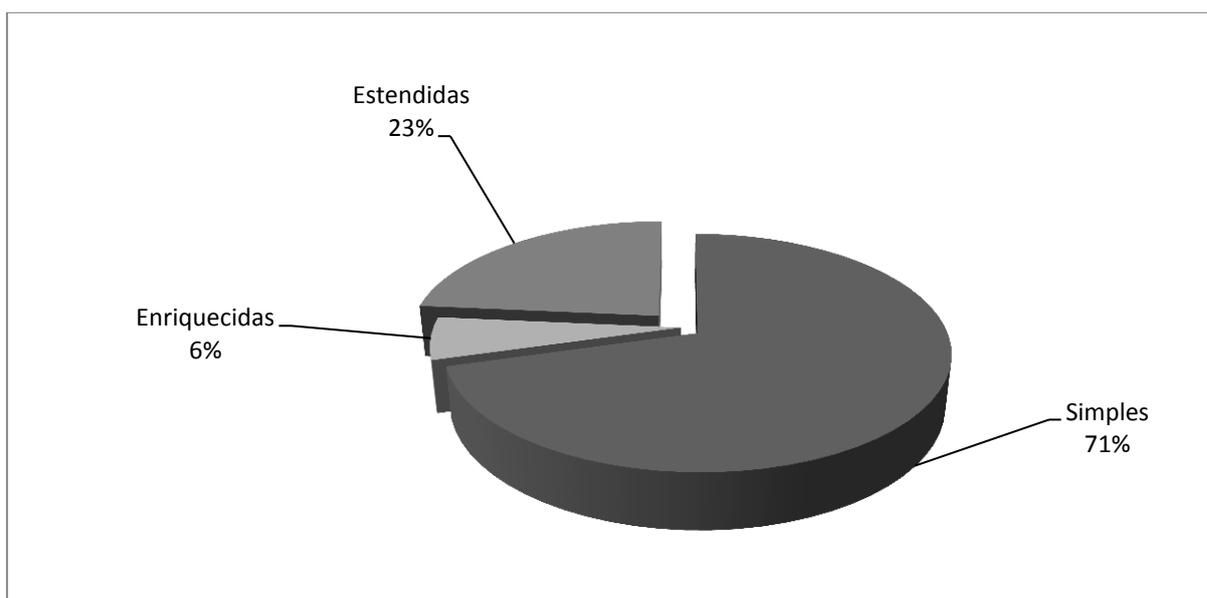


GRÁFICO 6: NÍVEL DE ENRIQUECIMENTO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

FONTE: O autor (2014)

NOTA: São classificadas como *simples* as RAs que exploram apenas uma característica correspondente entre o alvo e o análogo. Quando há mais de uma característica explorada elas são consideradas *enriquecidas*. No caso de mais de um análogo para estudar um mesmo alvo, classifica-se a RA como *estendida*.

Conforme o gráfico acima, 71% das relações analógicas comparam apenas um atributo entre o alvo e o análogo e, apenas 6% são enriquecidas. Um dos motivos da pouca incidência de relações analógicas enriquecidas, provavelmente, é

pela dificuldade de se encontrar análogos com alto nível de similaridade e que possam compartilhar mais de um atributo com o alvo, por isso acaba-se por optar por comparações em que apenas um atributo é explorado.

Por outro lado, mesmo que em menor quantidade, a proporção de relações analógicas classificadas como *estendidas* (23%) é bastante significativa, assinalando uma possível preocupação dos autores dos livros didáticos, de que estas possam não ser suficientes para explicar o alvo estudado.

No entanto, lembramos que mesmo que haja só um atributo similar entre o alvo e o análogo, isto não impede que o estudante possa, equivocadamente, fazer outras comparações, acarretando em problemas de compreensão que se não forem corrigidos podem atrapalhar o seu desenvolvimento futuro. Outra possibilidade é que haja mais de um atributo similar entre os dois domínios, mas que só um deles seja explorado pelo livro didático.

4.1.5 Origem das relações analógicas

As relações analógicas encontradas nos livros utilizados para o estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas também foram classificadas quanto à sua origem, porque consideramos importante para a compreensão dos estudantes a familiaridade que eles têm com a linguagem empregada na abordagem.

As RAs foram classificadas como de *uso da Ciência*, quando sua utilização já está consagrada na linguagem científica, seja pela frequência em que é empregada, seja pelo seu papel no próprio desenvolvimento de leis e teorias da Ciência. **Quando as comparações são desenvolvidas e apresentadas, exclusivamente, para auxiliar na aprendizagem dos estudantes elas são classificadas aqui como de *uso didático***. Portanto, na Tabela 9, nós apresentamos cada uma das relações analógicas, já classificadas de acordo com a sua origem.

TABELA 9 – CLASSIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS DE ACORDO COM A SUA ORIGEM

ANÁLOGOS	ORIGEM DA RELAÇÃO ANALÓGICA	
	USO DIDÁTICO	USO DA CIÊNCIA
Ingredientes	X	
Alfabeto	X	
Lego	X	
Prateleira de supermercado	X	
Biblioteca	X	
Coleções de selos ou CDs	X	
Gavetas de um guarda-roupa	X	
Catálogo telefônico	X	
Galáxia		X
Parafuso		X
Oitavas musicais		X
Fases da Lua	X	
Publicação de jornais e revistas	X	
Padrão de desenhos em calçadas	X	
Comércio de produtos sazonais	X	
Batidas do coração	X	
Oscilações do pêndulo de um relógio	X	
Estações do ano	X	
Degrau	X	
Camada		X
Nobreza		X
Família	X	
Laboratório	X	
Menino “puxando” elétrons (pictórica)	X	
Pintor (combinação de cores)	X	
Amor e discórdia		X
Blindagem		X
TOTAL	20	7

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Das RAs empregadas, apenas 7 têm seu uso consagrado na linguagem científica, sendo classificadas como de *uso da Ciência*, sendo que, a maioria é utilizada especificamente com fins didáticos (*uso didático*).

De acordo com a Tabela 9, das 27 relações analógicas apresentadas nos livros didáticos, 22 são classificadas como de *uso didático* e apenas 7 são consideradas como de *uso da Ciência*.

Em geral, as relações analógicas de uso didático são desenvolvidas com a finalidade de favorecer a compreensão e a aprendizagem de conteúdos considerados de difícil compreensão, dada a sua complexidade e o alto grau de abstração exigido. Portanto, é desejável que tais recursos utilizem análogos conhecidos pelos estudantes e que a linguagem empregada esteja próxima do seu cotidiano, não que se restrinja a ela, mas que promova a aproximação desta com a linguagem científica. No entanto, as relações analógicas de uso da Ciência não têm o compromisso de facilitar a aprendizagem dos estudantes, mas sim de auxiliar no desenvolvimento de teorias científicas e por isso, podem se utilizar de análogos complexos que mesmo que sejam familiares aos cientistas, podem não ser conhecidos pelos estudantes.

Nagem e colaboradores (2003) citam o exemplo da analogia do *elevador em queda livre*, considerada como um *insight* de Einstein na elaboração do Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia. Uma analogia como esta pode até não ser tão difícil de compreender, mas certamente um *elevador em queda livre* não faz parte do rol de experiências na vida de um estudante e por isso, exige muito da imaginação para entender o significado da queda livre. Nestes casos, é importante estender a analogia fazendo comparações com outras situações que tenham maior probabilidade de o estudante já ter experimentando, como exemplo, uma Montanha Russa ou outro brinquedo de um parque de diversões, no qual se simule a queda livre.

Os mesmos dados já apresentados na Tabela 9 também foram plotados em valores percentuais, sendo exibidos no Gráfico 7 a seguir.

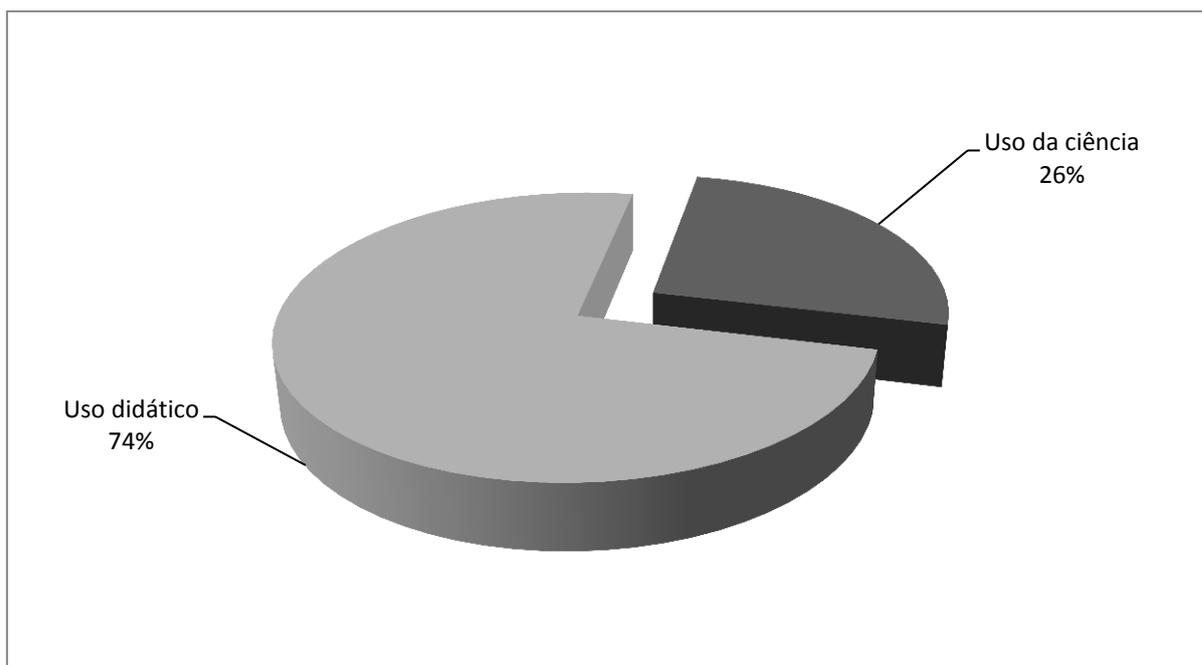


GRÁFICO 7 - ORIGEM DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Considera-se de *uso da Ciência* as RAs que tiveram algum papel no desenvolvimento de teorias científicas ou que seu uso foi incorporado à linguagem científica. As RAs desenvolvidas exclusivamente com fins educacionais são classificadas como de *uso didático*.

Pelo gráfico acima, percebemos que nos livros utilizados, embora 74% das relações analógicas sejam de *uso didático*, a proporção de 26% para aquelas consideradas de *uso da Ciência* é uma quantidade bastante expressiva, que confirma o papel destas no processo de desenvolvimento científico.

Porém, apesar das relações analógicas utilizadas pela Ciência serem importantes para esta, sempre há o risco de que elas sejam empregadas em sala de aula sem a devida discussão, como no caso de *camada*, *gases nobres* e *blindagem*, por exemplo, cujas RAs foram citadas diversas vezes nos livros didáticos analisados, mas nem sempre explicadas, levando os estudantes a diversas interpretações, muitas vezes equivocadas, conforme veremos adiante.

4.1.6 Nível de mapeamento das relações analógicas

Conforme apresentamos no Capítulo 1, uma das metodologias mais empregadas no estudo sobre uso de analogias em situações de ensino é o modelo TWA que enfatiza a importância do “mapeamento” da analogia para a adequada compreensão dos estudantes. De forma semelhante, na concepção bakhtiniana entende-se que o sentido das palavras empregadas na comunicação, depende do contexto no qual a linguagem se processa. Assim, no uso das relações analógicas, torna-se necessário descrever adequadamente os análogos utilizados e discutir as similaridades com o seu alvo para que o estudante possa compreender o contexto em que elas são usadas e fazer as associações desejadas.

Portanto, nesta seção nós classificamos as relações analógicas, de acordo com o Nível de Mapeamento que é apresentado em cada um dos livros analisados, segundo três categorias: *descreve o análogo*; *discute similaridades e*; *insuficiente*.

A Tabela 10 mostra o Nível de Mapeamento das relações analógicas, em cada um dos livros individualmente e, o total de RAs classificadas em cada categoria, possibilitando uma visão global de como elas são apresentadas aos estudantes.

TABELA 10 - NÍVEL DE MAPEAMENTO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS NOS LIVROS DIDÁTICOS

LIVRO	ANÁLOGO	NÍVEL DE MAPEAMENTO		
		DESCREVE O ANÁLOGO*	DISCUTE SIMILARIDADES**	INSUFICIENTE***
L1	Prateleira de supermercado	X		
L1	Parafuso			X
L1	Oitavas musicais			X
L1	Fases da Lua	X	X	
L1	Publicação de Jornais e revistas	X		
L1	Padrão de desenhos em calçadas	X		
L1	Nobreza			X
L1	Camada			X

LIVRO	ANÁLOGO	NÍVEL DE MAPEAMENTO		
		DESCREVE O ANÁLOGO*	DISCUTE SIMILARIDADES**	INSUFICIENTE***
L1	Família			X
L2	Parafuso			X
L2	Oitavas musicais			X
L2	Nobreza			X
L2	Degrau			X
L2	Camada			X
L3	Parafuso			X
L3	Oitavas musicais		X	
L3	Comércio de produtos sazonais	X	X	
L3	Batidas do coração			X
L3	Oscilações de um pêndulo de relógio			X
L3	Estações do ano			X
L3	Nobreza			X
L3	Família			X
L3	Galáxia			X
L3	Blindagem			X
L4	Parafuso			X
L4	Oitavas musicais			X
L4	Nobreza			X
L4	Família			X
L4	Laboratório		X	
L4	Alfabeto	X	X	
L4	Gavetas de um guarda- roupa	X	X	
L4	Catálogo telefônico	X	X	
L4	Camada			X
L5	Parafuso			X
L5	Oitavas musicais		X	
L5	Nobreza			X
L5	Biblioteca	X	X	
L5	Família			X
L5	Camada			X
L6	Nobreza			X
L6	Família			X

LIVRO	ANÁLOGO	NÍVEL DE MAPEAMENTO		
		DESCREVE O ANÁLOGO*	DISCUTE SIMILARIDADES**	INSUFICIENTE***
L6	Coleções de selos ou CDs	X	X	
L6	Menino fazendo força para arrancar elétron (pictórica)			X
L6	Camada			X
L7	Pintor (combinação de cores)	X	X	
L7	Ingredientes	X	X	
L7	Lego	X	X	
L7	Amor e discórdia	X	X	
TOTAL	48	14	14	31

FONTE: O AUTOR (2014)

* Descreve o análogo: quando este é apresentado previamente para favorecer a compreensão do estudante.

** Discute similaridades: quando as semelhanças entre alvo e análogo são bem explicitadas.

*** Insuficientes: quando, ou a descrição do análogo ou a discussão de similaridades estão ausentes, ou ainda, quando elas são muito superficiais.

NOTA: O total de RAs classificadas aqui excede a quantidade apresentada na seção 4.1 porque algumas vezes elas são utilizadas por mais de um livro didático e, com diferentes níveis de mapeamento entre eles.

Conforme já apresentamos na Tabela 1 (seção 4.1), foram identificadas 27 relações analógicas utilizadas no estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas, no entanto, na Tabela 10, a quantidade de relações analógicas ultrapassa esse número e, isso se dá porque nesta categoria nós precisamos analisar o mapeamento realizado por cada um dos livros didáticos, os quais, muitas vezes utilizam as mesmas RAs, de forma que algumas destas são contadas mais de uma vez, de acordo com a quantidade de livros em que aparecem. Assim, na Tabela 10 são apresentadas 48 relações analógicas, utilizadas nos livros didáticos, sem considerar a quantidade de citações das mesmas que chega a 82, segundo a Tabela 3 (subseção 4.1.1), quando contamos todas as vezes que elas aparecem em cada livro analisado.

Dentre as 48 relações analógicas apresentadas na Tabela 10, nós identificamos 14 que apresentam *descrição do análogo* e 14 que discutem as *similaridades* com o alvo, sendo que 12 delas fazem as duas coisas. Assim, de

modo geral, para as RAs que se descrevem os análogos, também há discussões das similaridades. Porém, em 31 RAs o mapeamento foi classificado como *insuficiente* porque não há descrição nem discussão ou porque elas foram feitas muito superficialmente.

A constatação de que na apresentação da maioria das RAs o mapeamento é insuficiente, corrobora com a afirmação de Duarte (2005) de que as divulgações dos resultados de inúmeras pesquisas que apontam as deficiências no uso das analogias não têm grande impacto nos livros didáticos.

De acordo com a Tabela 10, no livro L2 nenhuma das quatro RAs exploradas apresenta descrição do análogo e tampouco a discussão das similaridades entre os domínios do alvo e do análogo. Caso semelhante acontece no livro L3, no qual o mapeamento de 8 RAs, entre as 10 utilizadas, foi classificado como insuficiente. Por outro lado, no Livro L7, que é um livro paradidático, as quatro analogias utilizadas foram devidamente mapeadas com a descrição do análogo e a discussão das similaridades entre os domínios.

Considerando os dados da Tabela 10, nós plotamos o Gráfico 8 que é apresentado abaixo em valores percentuais, de modo que possamos observar a proporção de RAs apresentadas em que há ou não o devido mapeamento.

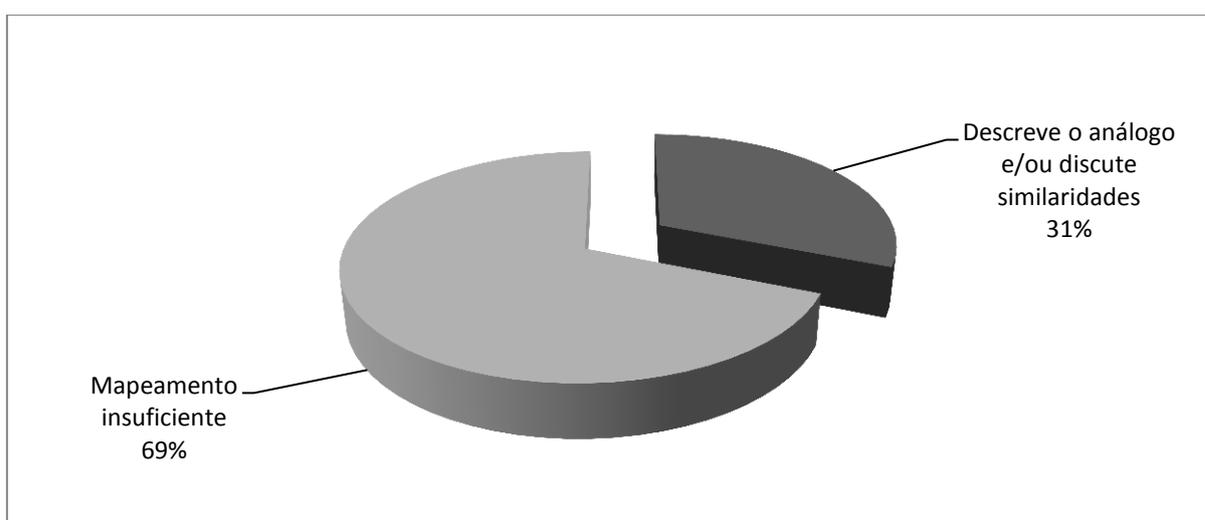


GRÁFICO 8 - DESCRIÇÃO DO ANÁLOGO E DISCUSSÃO DE SIMILARIDADES

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Somando-se as apresentações de RAs que descrevem o análogo com aquelas que discutem as similaridades com o alvo, percebemos que esse mapeamento ocorre em apenas 31% dos casos, sendo insuficiente nos demais.

Conforme o Gráfico 8, nós podemos observar que em mais de dois terços (69%) das apresentações de relações analógicas não há preocupação com a descrição do análogo nem com a discussão das similaridades.

Sem descrição do análogo os estudantes podem não compreendê-lo adequadamente, principalmente se este não for algo do seu cotidiano, como é o que ocorre com *galáxia* e *oitavas musicais*, por exemplo, que apesar de não serem análogos desconhecidos, nem todos os estudantes conseguem identificar os atributos comparados.

No exemplo das *oitavas musicais*, para entender o significado de *periodicidade*, há que se conhecer que esta é formada por um conjunto de sete notas organizadas numa sequência predefinida, cujo som torna-se gradativamente mais agudo até sua frequência atingir o dobro da primeira nota, repetindo-se então a nota inicial e a respectiva sensação auditiva. De modo semelhante, a compreensão da analogia da *galáxia* também não é algo evidente.

Segundo Oliva (2004), quando o estudante não compreende o análogo, ele não é capaz de perceber as similaridades com o domínio alvo, e a analogia perde a sua função de ferramenta auxiliar da aprendizagem. É pelo mesmo motivo que as relações analógicas não podem ser mais complexas do que o alvo.

Porém, mesmo que o estudante conheça bem o análogo, ainda há necessidade de que sejam discutidas as semelhanças com o alvo. Quando as similaridades entre os dois domínios não são devidamente explicitadas, o estudante pode ter dificuldades em encontra-las e pode fazer associações incorretas entre atributos que não coincidem, gerando compreensões inadequadas que podem ser difíceis de serem superadas e até dificultar o aprendizado futuro.

Segundo a concepção bachelardiana, no processo de aquisição do conhecimento científico, há uma tendência dos sujeitos em se vincularem àquilo que já sabem ou que acreditam saber, de modo que a superação de uma concepção errônea torna-se muito difícil, principalmente porque muitas vezes ela também envolve fatores emocionais.

Certamente, são dificuldades como as apresentadas aqui que levam diversos pesquisadores, conforme discutimos no Capítulo 1, a questionarem a eficácia das relações analógicas como ferramentas de aprendizagem. No entanto, nós consideramos que uma melhor compreensão do funcionamento da linguagem no Ensino de Ciências, será a melhor saída para resolver este impasse.

4.1.7 Discussão de limitações das relações analógicas

Conforme apresentamos na seção anterior, são poucos os casos em que os livros descrevem o análogo e discutem as similaridades entre os domínios comparados. No entanto, além dessas discussões, há a discussão dos limites de similaridade que no modelo TWA, assim como em outros trabalhos, já apresentados no Capítulo 1, são consideradas tão importantes quanto essas, mas que em geral, também são negligenciadas.

Sendo assim, nesta categoria nós investigamos a presença de discussões e alertas quanto aos limites de similaridade, classificando as relações analógicas em: *discute*, quando o livro esclarece quais comparações são válidas e quais são inválidas; *reconhece, mas não discute*, quando há apenas um alerta para o estudante tomar cuidado com atributos não correspondentes, sem uma discussão dos que são ou não válidos e; *não reconhece* quando o livro não apresenta nenhum alerta sobre os limites de similaridade.

A Tabela 11 apresenta, para cada um dos livros analisados, a quantidade de relações analógicas em que ocorre discussão sobre as suas limitações.

TABELA 11 - DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

LIVRO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES		
	DISCUTE	RECONHECE MAS NÃO DISCUTE	NÃO RECONHECE
L1	-	-	9
L2	-	-	5
L3	-	-	10
L4	1	-	8
L5	-	-	6
L6	-	-	5
L7	-	-	4
TOTAL	1	0	47

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Dentre todas as apresentações de RAs realizadas pelos livros didáticos analisados, em apenas uma, no livro L4, ocorreu a discussão dos limites de similaridade entre o análogo e o alvo em estudo.

Observamos pela Tabela 11, que das 48 relações analógicas identificadas nos livros utilizados, apenas na apresentação de uma delas houve a discussão das suas limitações. Neste caso, a analogia foi apresentada pelo livro L4, comparando os *átomos* com as *letras do alfabeto*, os quais se agrupam para formar as substâncias, assim como as letras formam as palavras. Quanto às limitações, o livro alerta para a diferença nas “regras” válidas na combinação das *letras do alfabeto* e naquelas válidas para a combinação dos *átomos*, conforme podemos observar no trecho a seguir:

LIVRO L4: “As letras dão origem às palavras. Os átomos dos diferentes elementos químicos são unidades que, agrupadas em diferentes proporções, originam todas as substâncias, levando em conta obviamente que **as regras de união das letras para formar palavras são totalmente diferentes das que unem os átomos para formar substâncias.**” (grifo nosso).

Mesmo que diversos pesquisadores, como Souza, Justi e Ferreira (2006), por exemplo, apontem as dificuldades dos estudantes em reconhecer as limitações das relações analógicas e reconheçam que os estudantes podem fazer comparações de atributos não correspondentes entre o alvo e o análogo, com exceção do caso citado acima, em todas as demais apresentações de RAs não houve sequer um alerta quanto aos limites de similaridade, tampouco a sua discussão.

Em valores percentuais, a falta de discussão dos limites de similaridade ocorre em 98% dos casos, nos quais são utilizadas relações analógicas, conforme apresentado no Gráfico 9.

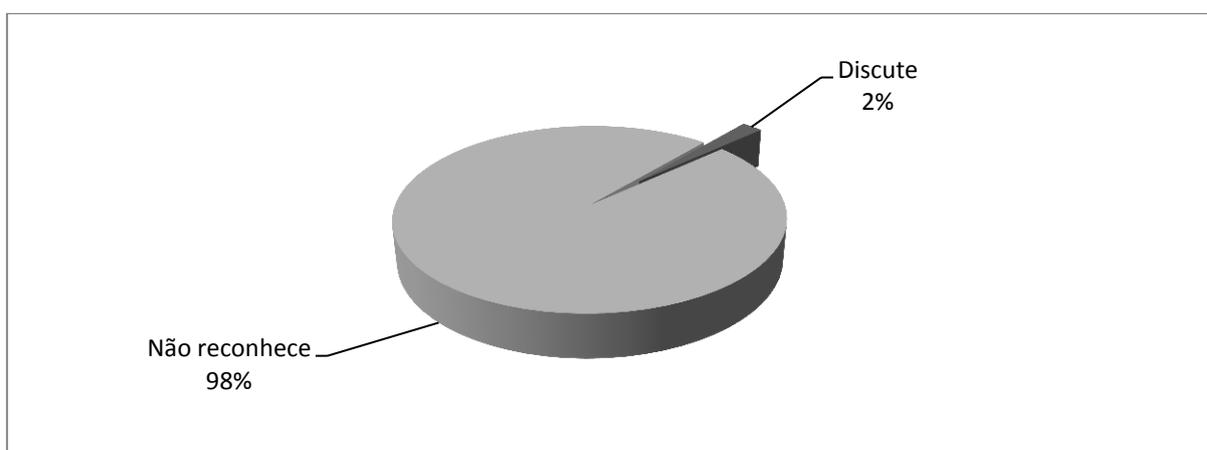


GRÁFICO 9 - DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A quantidade apresentações de RAs em que ocorreu discussão dos limites de similaridade entre o alvo e o análogo, representa apenas 2% do total.

A falta de descrição do análogo e discussão das similaridades entre este e o alvo, associadas à falta de discussão dos limites da relação analógica, conduzem o estudante a interpretações espontâneas que são baseadas nos seus referenciais que muitas vezes limitam-se ao cotidiano.

Sem compreender adequadamente as comparações realizadas e tampouco os atributos correspondentes entre o análogo e o alvo, não é de se estranhar que o estudante extrapole os limites de similaridade fazendo comparações equivocadas. Pode ocorrer inclusive, a comparação de atributos estruturais para uma analogia funcional ou o contrário, a comparação de atributos funcionais numa analogia apenas estrutural.

Considerando que a aprendizagem de ciências exige uma ressignificação das palavras empregadas na linguagem cotidiana, este processo pode ser facilitado pelo uso das relações analógicas, possibilitando que o estudante vislumbre o seu significado na linguagem científica. Da mesma forma, quando uma nova palavra se apresenta, as relações analógicas também podem auxiliar o estudante a compreender sua função na linguagem.

Adotando uma concepção wittgensteiniana da linguagem, podemos imaginar o ensino de conteúdos de Química como se fossem múltiplos jogos, nos quais é necessário, por exemplo, descrever processos, fazer conjecturas, expor ou refutar hipóteses e agir segundo determinados comandos. Assim, as relações analógicas também podem ser entendidas como ferramentas que favorecem a apropriação das “regras do jogo”.

Para compreender os diferentes “jogos de linguagem”, é necessário que o estudante veja os jogos em execução e, por imitação, comece a dar os primeiros lances. Nesse caso, o papel do professor e dos livros didáticos é apresentar o jogo e as suas regras, indicando ao estudante quais lances são permitidos e quais são proibidos.

Segundo Wittgenstein, no jogo de xadrez ninguém aprende a jogar apenas olhando para o tabuleiro ou alguma peça em especial. Pode-se no máximo movimentar as peças aleatoriamente, sem que isso signifique jogar xadrez (WITTGENSTEIN, p.38, 2008). Para jogar efetivamente, é necessário o conhecimento de todas as regras e mais do que isso, exige-se prática, porque o conhecimento das regras por si só, não fazem de ninguém um campeão.

Não basta apontar para uma peça no tabuleiro de xadrez e dizer: “este é o rei”. A simples definição de uma peça do jogo ou elucidação ostensiva, para usar uma expressão wittgensteiniana, não elucida o seu uso ou o seu significado, se já não estiver claro o papel que esta deve desempenhar. Da mesma forma, não basta dizer aos estudantes que a tabela de elementos químicos é como as *oitavas musicais*, por exemplo, esperando que eles compreendam o significado de *periodicidade* implícita nessa comparação. Há que se ir além, descrever o análogo, mostrar aos estudantes o que de fato está sendo comparado e como que ele funciona nesse contexto.

4.2 O USO DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS PELOS ESTUDANTES

Nesta seção nós discutimos as relações analógicas utilizadas pelos estudantes em cada uma das atividades aplicadas, de modo que possamos observar como eles se utilizam destas durante a aprendizagem. Com esse objetivo nós adotamos duas categorias de análise que serão discutidas com o auxílio das classificações já realizadas na seção anterior quando discutimos como as RAs são apresentadas pelos livros didáticos. Assim, nós apresentaremos aqui uma compilação daquelas discussões para subsidiar as que se seguem a partir das duas categorias abaixo.

(1) Relações analógicas utilizadas

(2) Compreensão de similaridades

Ambas as categorias de análise foram discutidas na subseção 3.2.1, porém, consideramos importante enfatizar que elas têm por objetivo identificar *quais* RAs são mais utilizadas durante o aprendizado nas oficinas e, principalmente, *como* os estudantes se apropriam destas. Assim, investigaremos qual a correspondência entre os atributos explorados pelos livros didáticos e aqueles compreendidos pelos estudantes, os quais muitas vezes podem apresentar diferenças bastante significativas, conforme veremos adiante.

Para compreender melhor o uso das relações analógicas pelos estudantes, nós optamos por apresentá-las na sequência em que elas foram utilizadas em cada uma das atividades realizadas e, também, por separá-las por oficina quando houver alguma diferença nas questões ou forma como foram executadas. Assim, cada atividade é identificada por uma sigla composta por duas letras e um número, como A1A, por exemplo, onde a primeira parte da sigla (A1) indica o número da atividade e, a segunda parte (A ou B), indica se ela foi realizada na Oficina Eureka I ou Oficina Eureka II, respectivamente.

4.2.1 O uso das relações analógicas na atividade A1A

A atividade A1A foi a primeira realizada pelos estudantes da Oficina Eureka I e envolveu a leitura e a discussão de um texto contendo fragmentos sobre a *Teoria dos Quatro Elementos*, da filosofia grega e da *Teoria Atomista de Demócrito*, todos extraídos do livro *O Mundo de Sofia* (GAARDER, 1995). Complementando a atividade, os estudantes discutiram e responderam individualmente três questões que foram entregues ao final da aula, conforme descrito na subseção 3.1.1.

As três questões respondidas pelos estudantes são apresentadas a seguir:

- (1) Antes de Demócrito, como os filósofos explicavam a Natureza?**
- (2) Baseado nas ideias de Demócrito explique o que é um elemento químico.**
- (3) O que mudou com Demócrito?**

Durante a discussão realizada em sala de aula foram identificadas quatro relações analógicas que foram apresentadas pelo livro do qual se extraíram os fragmentos mencionados acima, sendo que todas elas já foram classificadas na seção 4.1 de acordo com as categorias de análise apresentadas na subseção 3.2.1. Assim, apresentamos a seguir uma tabela (TABELA 12) para o estudo da categoria de análise “Relações Analógicas Utilizadas”. Nessa tabela apresentamos apenas RAs utilizadas pelos estudantes, junto com as classificações obtidas na seção anterior, acrescido da quantidade de vezes que cada analogia foi utilizada na atividade. Nosso objetivo é que esses dados possam auxiliar nas discussões que se seguem sobre a influência da forma de apresentação das RAs no uso que os estudantes fazem das mesmas.

TABELA 12 - RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A1A

ANÁLOGOS	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Pintor (combinação de cores)	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	3

ANÁLOGOS	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Ingredientes	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	0
Lego (brinquedo)	Estrutural-funcional	Enriquecida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	7
Amor e discórdia	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	2

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Compilação das classificações das RAs realizadas na seção 4.1, com o acréscimo da informação sobre a quantidade de citações das mesmas realizadas pelos estudantes.

Dentre as quatro relações analógicas identificadas, apenas a do *pintor*, a do *Lego* e a do *amor e discórdia* foram citadas pelos estudantes da Oficina Eureka I, sendo que a dos *ingredientes* não recebeu nenhuma citação.

A analogia do *Lego* foi a que obteve o maior número de referências, totalizando sete citações. Esta analogia é enriquecida e, dentre as cinco, é a que compara o maior número de atributos entre os dois domínios, sendo também a única que faz comparações estruturais e funcionais, simultaneamente. Quanto ao fato de ser a mais utilizada pelos estudantes, podemos inferir que isto se deu pela grande familiaridade que os estudantes têm com o análogo, facilitando a compreensão dos seus atributos e, pela possibilidade de se comparar vários atributos com o alvo, o que faz dela uma analogia bem completa.

A analogia dos *ingredientes* não foi citada nenhuma vez na Oficina Eureka I, talvez porque ela seja uma extensão da analogia do *pintor* a qual possivelmente tenha despertado maior interesse pela experiência dos estudantes com a combinação de cores nas aulas de Arte, enquanto que a experiência deles com ingredientes na preparação de massas é algo incerto. Mesmo que a preparação de massas não seja uma novidade, não podemos afirmar que esta seja uma atividade já experimentada por um grande número de estudantes adolescentes.

A seguir nós apresentamos uma tabela (TABELA 13) para o estudo da categoria de análise “Compreensão de Similaridades”, apenas com as relações analógicas usadas pelos estudantes nessas atividades, junto com os atributos do alvo e do análogo que foram explorados pelo livro e, somado aos atributos efetivamente utilizados pelos estudantes durante as atividades, os quais nem

sempre são concordantes, revelando algumas falhas no uso da linguagem em sala de aula.

TABELA 13 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A1A

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Pintor (combinação de cores)	Ligações químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Combinação de cores • Produção de novas cores 	<ul style="list-style-type: none"> • Combinação de átomos • Formação de novos materiais e substâncias 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de substâncias ou materiais diferentes a partir dos elementos químicos
Lego (brinquedo)	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Peças sólidas e impenetráveis • Diversidade de formatos • Diversidade de tamanhos • Encaixe e separação das peças • Produção de diferentes figuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridade dos átomos • Elementos diversos • Tamanhos diversos • Formação e quebra de ligações • Produção de subst. diferentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indestrutibilidade • Indivisibilidade • Formação e quebra de ligações (combinações) • Formação de novos materiais (substâncias)
Amor e discórdia	Atração e repulsão interatômica	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximação e afastamento entre pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação e quebra de ligações quím. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forças de atração e repulsão.

FONTE: O autor (2014)

NOTA: As características atribuídas pelos estudantes aos alvos em estudo, nem sempre são as mesmas exploradas pelo livro.

A analogia do *pintor*, conforme apresentado na Tabela 12, foi citada três vezes pelos estudantes e, de acordo com a Tabela 13 acima, os atributos do alvo, que são a *combinação de elementos químicos* e a *formação de novas substâncias*, foram bem explorados nessa atividade.

Na afirmação do estudante EB1, por exemplo, ambos os atributos da analogia do *Pintor* são explorados: “[os filósofos] **concordavam que os 4 elementos eram importantes juntos ou separados, pois como um pintor só com a cor vermelha ele não poderá pintar as árvores de verde**”. Não é possível concluir com essa afirmação, se o estudante compreende ou não como se dá a combinação de átomos, através das ligações químicas, no entanto, como esse também não era o objetivo da atividade, nós podemos considerar que a analogia cumpriu a sua missão.

Na analogia do *Lego*, os principais atributos a serem estudados no alvo são: diversidade de elementos; tamanhos diferentes; formação e quebra de ligações; produção de substâncias diferentes e; preservação da integridade dos átomos na quebra das ligações. De acordo com a Tabela 13 acima, os atributos mencionados parecem ter sido bem compreendidos pelos estudantes, porém, como não houve discussão dos limites de similaridade, ocorreram algumas extrapolações, a exemplo do que afirma o estudante LI1, considerando os átomos indivisíveis:

LI1: “[...] como o Lego, o mundo é formado por átomos que são *indivisíveis* e com eles pode se criar todo tipo de coisas e seres”. (grifo nosso).

Outra extrapolação das similaridades fica evidente na afirmação do estudante PK1 de que “[os átomos] **podiam se encaixar como Legos e assim criar inúmeras coisas**” (grifo nosso). Neste caso, a palavra *encaixar* pode ser entendida como uma metáfora para ligação química, porém, como é provável que o estudante ainda não tenha estudado ligações químicas, é razoável supor que ele tenha tomado a metáfora ao *pé da letra*, considerando que as combinações entre os átomos ocorram por simples *encaixe*, assim como fazem as peças do Lego.

Nestes dois fragmentos de discurso, assim como em outros apresentados a seguir, fica evidente que a compreensão de uma relação analógica também pode ocorrer de forma espontânea e assim, alguns atributos do análogo acabam sendo transferidos ao alvo, sem que essa tenha sido a intenção.

A elaboração de significados é um processo bastante complexo que depende não só do contexto em que se dá, mas também da bagagem cultural do estudante, por isso, esse processo se constitui num grande desafio para a linguagem no Ensino de Ciências e não é uma exclusividade das relações analógicas. Portanto, as dificuldades apresentadas não significam necessariamente uma falha da analogia ou da abordagem, mas são características do processo que devem ser levadas em conta durante a aprendizagem.

Consideramos que na analogia do *Lego* seria necessário alertar os estudantes que embora a integridade dos átomos seja preservada na quebra das ligações, não podemos afirmar que eles sejam indivisíveis, uma vez que são formados por prótons, nêutrons e elétrons, por exemplo, que podem ser separados em determinadas condições. Porém, numa abordagem inicial, como a que tivemos neste caso, o excesso de detalhes prejudicaria a compreensão inviabilizando o uso

da analogia. Assim, uma possibilidade é que as relações analógicas sejam revisitadas sempre que possível, para se discutir os aspectos não abordados da primeira vez, permitindo que o estudante vá aos poucos se familiarizando com a linguagem e compreenda quais comparações são válidas e quais devem ser descartadas.

Quando nos atentamos para essas características da linguagem, nos damos conta de que os cuidados com o uso das relações analógicas, os quais abrangem a discussão das similaridades e suas limitações, são responsabilidades a serem compartilhadas entre o professor e o livro didático e não relegadas apenas a este. Ambos são mediadores da aprendizagem.

Nesta Oficina, a mediação aconteceu de acordo com as necessidades das equipes, sempre respeitando a metodologia do colégio que incentiva a autonomia dos estudantes. Portanto, o professor interferiu o mínimo possível nas discussões, oportunizando o debate entre os estudantes, de forma a favorecer a apropriação da linguagem e estimular a criatividade na resolução de problemas. Uma possível limitação desta metodologia é que apesar de serem debatidos diferentes pontos de vista, não é possível garantir que todos os aspectos considerados importantes pelo professor, sejam igualmente discutidos em todas as equipes. Neste caso, muitas discussões são realizadas após a correção das atividades, onde os estudantes recebem um *feedback* do seu progresso.

Outra relação analógica utilizada foi a do *amor e da discórdia*, citada duas vezes pelos estudantes e, em ambos os casos, empregada apropriadamente, mesmo que os atributos do alvo tenham sido explorados apenas superficialmente. Talvez, uma exploração maior desta analogia pudesse auxiliar no esclarecimento de como as ligações químicas ocorrem e ajudar na superação da noção de *encaixe de peças*.

O estudante PK1, o mesmo que afirmou que os átomos podem *se encaixar* como o Lego, também afirmou que “[...] **na natureza duas forças diferentes agem, o ‘amor’ e a ‘discórdia’**”. Esta afirmação mais uma vez levanta a questão sobre o significado das palavras e expressões empregadas pelos estudantes que muitas vezes são contraditórias e podem ser resultado de uma confusão conceitual, mas também podem ser apenas falta de habilidade com a linguagem exigida.

Embora o estudante PK1 tenha mencionado a ação de forças na natureza, ele também afirma que a união dos átomos é um *encaixe de peças*, o que pode

indicar que a sua compreensão da ação de forças é diferente daquela de um estudante que já estudou ligações químicas e tem uma boa noção da atração eletromagnética, mas também pode ser que *encaixe de peças* seja apenas uma metáfora para ligação química, conforme já mencionamos acima.

Essas questões certamente não podem ser solucionadas apenas com base nas duas afirmações acima e demandariam uma investigação mais aprofundada das concepções do estudante, porém, são extremamente importantes para compreendermos o quão ineficiente pode ser a avaliação da aprendizagem quando realizada de forma pontual, sem a consideração do contexto interdiscursivo.

A seguir, apresentamos o Gráfico 10, que mostra o percentual de respostas dadas pelos estudantes que foi considerada satisfatória ou não satisfatória, levando-se em conta a exploração apropriada dos atributos compartilhados entre os alvos e os análogos.

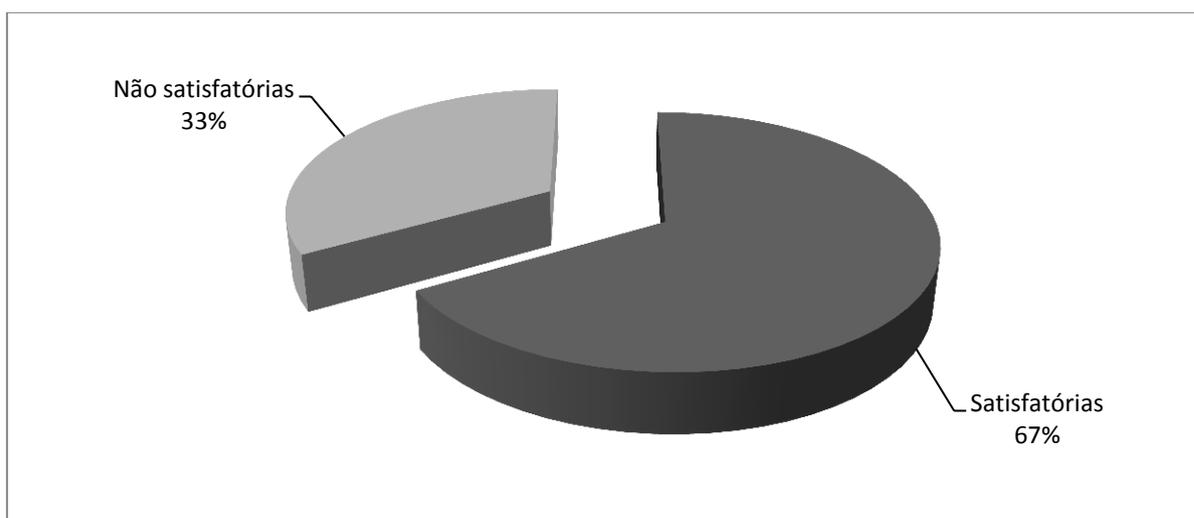


GRÁFICO 10 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS ÀS QUESTÕES DA ATIVIDADE A1A

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria das respostas dos estudantes foi considerada satisfatória porque explora de forma adequada as características compartilhadas entre os alvos e os análogos utilizados.

De acordo com o Gráfico 10, 67% das respostas dos estudantes demonstrou um uso apropriado da linguagem científica explorando adequadamente as principais características dos alvos, como por exemplo, a combinação de átomos na formação de ligações químicas e a transformação de substâncias dando origem a novos materiais. A percentagem de respostas não satisfatórias (33%) se refere a

comparações que extrapolam o limite de similaridade entre o alvo e o análogo, como por exemplo, a atribuição de indivisibilidade e indestrutibilidade aos átomos em comparação com a grande resistência física do análogo (Lego).

Portanto, conforme exposto acima, percebemos que as correlações não correspondentes entre o alvo e o análogo, bem como o uso não apropriado da linguagem, ocorrem quando não se dá a devida atenção aos significados que esta pode assumir em diferentes contextos, como são a vida cotidiana do estudante, a sala de aula e a produção do conhecimento científico na academia.

4.2.2 O uso das relações analógicas na atividade A1B

Na Oficina Eureka II, a primeira atividade realizada também foi através da leitura e discussão do texto *Os Elementos Químicos*, de forma semelhante àquela realizada na Oficina Eureka I apresentada acima. Porém, das três questões respondidas pelos estudantes ao final da aula, uma delas é diferente, já que foram formuladas de acordo com as discussões realizadas em cada uma das Oficinas, as quais tomaram rumos diferentes, conforme descrito na subseção 3.1.1.

As três questões respondidas pelos estudantes são apresentadas a seguir:

- (1) Antes de Demócrito, como os filósofos explicavam a Natureza?**
- (2) Baseado nas ideias de Demócrito explique o que é um elemento químico.**
- (3) Refletindo sobre o texto, diga se você acredita que de fato a Ciência é baseada em descobertas ou não.**

Durante as discussões sobre avanços científicos os estudantes desta Oficina utilizaram a expressão *descoberta científica* e nós consideramos que seria interessante a sua inclusão nesta atividade e assim, provocar o debate sobre a adequação ou não desta expressão. Por isso, a terceira questão da atividade A1B é diferente daquela da atividade A1A, apresentada na seção anterior.

Nesta atividade nós identificamos cinco relações analógicas, sendo que uma delas é a metáfora da *descoberta científica* e as outras quatro são as mesmas já apresentadas na discussão da atividade A1A. Porém, a quantidade de citações para cada uma foi diferente de uma Oficina para a outra.

Para o estudo da categoria de análise “Relações Analógicas Utilizadas”, nós apresentamos na Tabela 14 uma compilação das classificações das RAs realizadas na seção 4.1 e que são utilizadas nos fragmentos de texto desta atividade, juntamente com a classificação da metáfora da “descoberta científica” que foi citada pelos estudantes e discutida oralmente pelo professor. Também inserimos, na mesma tabela, a informação da quantidade de citações que cada RA recebeu dos estudantes.

TABELA 14 - RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A1B

ANÁLOGO	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Descoberta científica	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Discussão de similaridades	Sim	28
Pintor (combinação de cores)	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	0
Ingredientes	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	0
Lego (brinquedo)	Estrutural-funcional	Enriquecida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	2
Amor e discórdia	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	4

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Compilação das classificações das relações analógicas de acordo como elas são apresentadas no livro ou como são discutidas pelo professor, com o acréscimo da informação sobre a quantidade de citações das mesmas realizadas pelos estudantes.

Entre as cinco relações analógicas identificadas, apenas a do *Lego*, a do *amor e da discórdia* e, a metáfora da *descoberta científica*, foram citadas pelos

estudantes da Oficina Eureka II. No entanto, a metáfora da *descoberta científica*, foi citada explicitamente na terceira questão, de modo que, obrigatoriamente, foi mencionada por todos os estudantes que responderam esta questão.

A analogia do *Lego* que foi citada sete vezes na Oficina Eureka I, foi mencionada apenas duas vezes nesta Oficina e a do *pintor* que apareceu três vezes na anterior, nesta não foi lembrada. Desta forma, excetuando-se *descoberta científica* que fazia parte de uma questão e foi citada 28 vezes, observamos que na Oficina Eureka II o uso voluntário de analogias foi bem menor. Enquanto que na Oficina anterior as demais relações analógicas foram citadas doze vezes, aqui elas apareceram apenas seis vezes.

Entre os possíveis motivos para a diferença na quantidade de relações analógicas utilizadas pelos estudantes, está o tempo destinado à execução da atividade que foi menor na Oficina Eureka II. Conforme já comentamos na subseção 3.1.1, nesta Oficina os estudantes tiveram apenas duas aulas de 50 minutos, enquanto que na Oficina anterior, foram três aulas dedicadas a esta finalidade.

Também houve diferença quanto ao direcionamento das discussões que permitiu que nesta Oficina fizéssemos a discussão da metáfora da descoberta científica, mas por outro lado, reduziu o tempo de discussão das outras questões.

A Tabela 15 mostra as compreensões dos estudantes quanto às similaridades entre o alvo e o análogo, nas relações analógicas utilizadas na realização da atividade A1B.

TABELA 15 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A1B

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Lego (brinquedo)	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Peças sólidas e impenetráveis • Diversidade de formatos • Diversidade de tamanhos • Encaixe e separação das peças • Produção de diferentes figuras 	<ul style="list-style-type: none"> • Integridade dos átomos • Elementos diversos • Tamanhos diversos • Formação e quebra de ligações • Produção de subst. diferentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indestrutibilidade

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Amor e discórdia	Atração e repulsão interatômica	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximação e afastamento entre pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação e quebra de ligações quím. 	<ul style="list-style-type: none"> • União de “coisas”
Descoberta científica	A Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Revelação de algo • Produção conhecimento, tornar fatos e teorias disponíveis para a Ciência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de conhecimento • Torna fatos e teorias disponíveis para a Ciência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revelação ou Achado (28)¹ • Criação (3)¹ • Invenção (2)¹

FONTE: O autor (2014)

¹Quantidade de citações.

NOTA: Há importantes divergências entre as características atribuídas pelos estudantes aos alvos em estudo e aquelas exploradas pelo livro ou pelo professor.

O fato de esta atividade contemplar questões diferentes daquelas aplicadas na Oficina Eureka I, nos impede de fazer comparações entre ambas, quanto à escolha e à quantidade de analogias citadas. Todavia, a análise do uso das mesmas é imprescindível para acompanharmos a evolução na aprendizagem dos estudantes. Assim, observando como os estudantes usaram a analogia do *Lego*, nós podemos perceber que eles ignoraram algumas das similaridades comparadas pelo texto e, focaram no atributo da grande resistência física das peças do brinquedo extrapolando-a para o alvo, considerando os átomos como indestrutíveis.

Sobre esta analogia, o estudante PS2 afirma que “**Um elemento químico é uma substância eterna que pode passar de geração para geração**” (grifo nosso) e, não faz nenhuma referência aos demais atributos que são comparados. O único atributo explorado foi a solidez e a aparente indestrutibilidade das peças do *Lego* que o estudante comparou com a preservação da integridade dos átomos, os quais foram erroneamente considerados como eternos. O estudante NC2 parece ter uma compreensão equivalente a PS2 afirmando que “[...] **um elemento químico é algo que não muda [...]**”.

Esses exemplos acima demonstram que durante a aprendizagem sempre podem ocorrer extrapolações de similaridades das relações analógicas, mas ao contrário do que normalmente se postula, não consideramos isto como uma falha da analogia, mas como uma característica da natureza da linguagem que não é e nem pode ser lógica, mas que adquire significado pelo seu uso. Acreditamos que compreender esse processo implica numa mudança de postura em relação ao papel das relações analógicas para a aprendizagem.

Em geral, as conclusões a que se chegam, quanto ao uso das relações analógicas no Ensino de Ciências são de que apesar das suas potencialidades, elas são mal empregadas e acabam causando dificuldades na aprendizagem (DUARTE, 2005). No entanto, quando abordamos o seu estudo sob a ótica da linguagem, compreendemos que o que se espera de uma relação analógica é a elaboração de significados que é um processo dialógico. Ou seja, os significados não estão prontos, mas eles se constituem pela interação entre um locutor e um interlocutor e por isso, demandam mediação constante.

Usando a ilustração dos *jogos de linguagem* de Wittgenstein, entendemos que no processo de aprendizagem o estudante sempre dará lances já conhecidos, cabendo ao professor propor os lances que são permitidos e esclarecer aqueles proibidos.

Na concepção bakhtiniana a compreensão é um fenômeno ativo que sempre deve esboçar o princípio de uma resposta às indagações (BAKHTIN, 2006, p.135). Há um constante diálogo entre a compreensão e a enunciação, ou seja, aquilo que é dito por outrem. Nas palavras de Bakhtin: “Compreender é opor à palavra do locutor uma *contrapalavra*”. Desta forma, podemos escolher o que ensinamos, mas é uma ilusão imaginarmos que podemos ter controle sobre o que o outro aprende.

A compreensão de um signo pode se dar pela aproximação deste com outros já conhecidos. Dito de outra forma, a compreensão envolve um processo analógico, baseado na comparação entre os signos. Assim, se o novo tiver alguma semelhança com o que já se conhece, o processo de significação fica facilitado. Nesse processo, o papel do professor seria realçar as semelhanças e também, as dissemelhanças, tornando conhecidas do estudante, as regras pelas quais ele deve se guiar nos primeiros lances.

Quando mudamos o foco, para uma abordagem fundamentada na linguagem, percebemos que a concepção mentalista busca muitas vezes ideais inatingíveis para a aprendizagem, seja ela por analogias ou não, pelo simples fato de que a linguagem depende do contexto e da visão de mundo do estudante e, nunca será suficientemente clara e objetiva. Portanto, as dificuldades que se apresentam são características da natureza da linguagem e fazem parte do processo. O problema não é a analogia, mas a nossa concepção de significado que cria estes impasses.

A analogia do *Lego* que nos pareceu bem completa e familiar aos estudantes da Oficina Eureka I, talvez não tenha sido suficientemente discutida com os estudantes da Eureka II, o que justificaria a quantidade bem menor de citações. Como já afirmou Francisco Júnior (2009), uma analogia enriquecida não é por si só garantia de sucesso na aprendizagem.

No uso da relação analógica, *amor e discórdia*, não ficou claro se os estudantes compreendem ou não como ocorrem as ligações químicas, mas lembramos que esse também não era o seu objetivo, uma vez que se pretendia apenas dar uma noção de que os diferentes materiais que conhecemos são formados pela combinação entre os átomos e, que estes podem se separar para novamente se combinarem dando origem a outros materiais. Por isso, consideramos satisfatória, a afirmação do estudante BB2 sobre a origem da matéria na concepção dos antigos filósofos gregos: **“Acreditava-se que existia duas forças diferentes: o amor que unia as coisas e a discórdia que as desagrega”**.

No uso da metáfora da *descoberta científica* percebemos que dos 28 estudantes que responderam a questão, a maioria tem dificuldade em perceber a diferença de *invenção* ou *produção científica* de *descoberta científica* e, mesmo aqueles que percebem, ainda consideram os avanços científicos prioritariamente como resultados de uma *revelação* ou um *achado*.

Certamente que um acesso direto ao pensamento dos estudantes é algo impossível, portanto, não podemos decidir como eles entendem os avanços científicos, mas é possível encontrar alguns indícios pelo contexto enunciativo. Assim, pelo modo como os estudantes se expressam, percebemos uma tendência em considerar os avanços científicos segundo uma concepção empirista baconiana, de que as *descobertas* científicas se dão através de observações que são realizadas com o pensamento livre de conhecimentos anteriores, de suposições ou quaisquer preconceitos. Mesmo quando os estudantes utilizam palavras como *produção* e *invenção* para designar os avanços da Ciência, ainda assim percebemos pelo modo como estas são empregadas, a influência do pensamento empirista-indutivista.

Analisando o exposto acima sob uma perspectiva da filosofia da linguagem, lembramos que para Wittgenstein “a significação de uma palavra é seu uso na linguagem” (*IF* § 43) e, de modo semelhante, Bakhtin (2006) afirma que a palavra é neutra em relação a qualquer função ideológica, adquirindo significado apenas dentro de um contexto, ou seja, ela não pode expressar nada por si só.

Portanto, a simples escolha de palavras não é suficiente para indicar esta ou aquela concepção, mas a análise do contexto em que foi empregada pode ser bastante reveladora. Assim, analisando as afirmações que os estudantes fazem, somos levados a acreditar que na maioria das vezes e, indiferente de quais palavras sejam escolhidas, elas expressam uma ideologia empirista-indutivista sobre a Ciência, a qual parece ser ainda muito influente na sociedade contemporânea.

Por exemplo, o estudante BS2 tem dificuldade em admitir que haja uma *invenção* científica: “[...] **tudo que existe hoje foi descoberto de algum jeito, e as coisas da Ciência também, pois nada foi inventado do nada**”.

O estudante LF2 parece entender os avanços científicos como resultados de uma investigação que culmina numa descoberta, acreditando também na possibilidade de se descobrir puramente ao acaso:

LF2: “[...] é feito [*sic*] estudos onde se começa a procurar alguma coisa diferente, sendo assim podendo descobrir algo pelo estudo. Mas também pode-se descobrir alguma coisa diferente *tendo sorte de achar*, por exemplo, alguma espécie nova de animal em florestas.”. (grifo nosso).

Apenas três estudantes admitem a possibilidade de uma criação científica, como por exemplo, o estudante TC2 que afirma: “**Em geral a Ciência descobre coisas, mas ela também cria, isso é um fato**”. Da mesma forma, apenas dois estudantes consideram que os avanços científicos podem ocorrer através de invenções, conforme fica evidente nas palavras de BK2: “**As ciências são descobertas e invenções [...]**”.

Percebemos que os estudantes, com poucas exceções, ainda não estavam prontos para compreender a Ciência como uma produção humana e, o tempo dedicado a esse debate durante a aula, não foi suficiente para que eles pudessem compreender a diferença entre considerar os avanços científicos como *descobertas* ou como *achados* e, de considera-los como resultado de investigações e organizações sistemáticas do conhecimento.

Conforme já exposto acima, o uso por si só, da palavra *descoberta* para explicar os avanços científicos, não caracteriza uma compreensão inadequada deste processo, porque ela pode ser utilizada com diferentes significados, inclusive como uma metáfora para *produção* ou *criação* científica. De acordo com Bakhtin a significação nunca é exclusiva de uma palavra ou de um signo em especial, mas o resultado da interação entre o locutor e o interlocutor, podendo variar de acordo com

o contexto ou pelo modo como foi expressa. Nesta atividade, porém, os elementos apresentados são suficientes para que cheguemos à conclusão de que os estudantes utilizam a palavra *descoberta* com o significado de achado e não apenas como uma metáfora, a exemplo de LF2 que afirma que o cientista pode ter *sorte de achar*. Além disso, a influência do uso cotidiano da palavra *descoberta* com este mesmo significado também não pode ser desprezada.

Parece que na metáfora da *descoberta*, os significados dicionarizados que correspondem a revelar, achar ou, remover uma cobertura (FERREIRA, 1986), são comumente tomados como se fossem os atributos do processo de produção científica que, pelo contrário, tem como atributos, entre outros, a investigação, a inferência e a sistematização dos conhecimentos alcançados.

Os estudantes parecem estar habituados a ouvir a metáfora da *descoberta* sem que haja uma discussão sobre as similaridades comparadas e os seus limites, dessa forma, eles têm dificuldade em diferenciar este análogo (a metáfora) do seu alvo, que é a produção científica e, tomam um pelo outro.

A seguir, apresentamos o Gráfico 11, que mostra o percentual de respostas dadas pelos estudantes que foi considerada satisfatória ou não satisfatória, levando-se em conta a exploração dos atributos compartilhados entre os alvos e os análogos. Assim, percebemos que na maioria dos casos (83%) os estudantes atribuíram aos alvos estudados características não coincidentes, como por exemplo, a indestrutibilidade para os átomos e noção de desenvolvimento científico, entendida literalmente como uma descoberta.

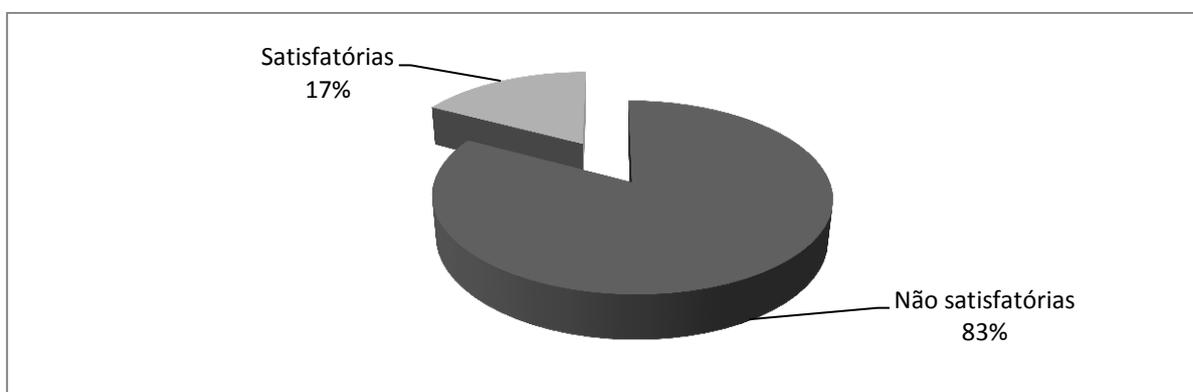


GRÁFICO 11 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS ÀS QUESTÕES DA ATIVIDADE A1B

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria das respostas dos estudantes foi considerada não satisfatória porque extrapola os limites de similaridade entre os análogos e os alvos estudados, atribuindo a estes características do análogo que não coincidem.

Conforme o Gráfico 11, apenas 17% das respostas foram consideradas satisfatórias, revelando-se um resultado bem diferente daquele conseguido para a mesma atividade aplicada na Oficina Eureka I. Porém, como as discussões foram conduzidas de forma diferente, não é possível fazer uma comparação adequada, sobretudo porque a maioria das respostas consideradas não satisfatórias refere-se à concepção de desenvolvimento científico como uma descoberta ou um achado, envolvendo um assunto que não foi abordado na primeira Oficina, cuja noção é extremamente popular no cotidiano dos estudantes e por isso, difícil de modificar numa única atividade.

Entretanto, os argumentos apresentados são importantes para desmitificar o uso de relações analógicas que tende a considerar as analogias e, sobretudo as metáforas, pelo seu caráter implícito, como prejudiciais à aprendizagem. Temos que assumir que as dificuldades na elaboração de significados são características da linguagem e que se acentuam no Ensino de Ciências devido ao maior distanciamento da linguagem cotidiana.

Na concepção bakhtiniana da linguagem, a compreensão é um fenômeno ativo que exige certo esforço para que se concretize e, ela só será completa se esboçar o princípio de uma resposta às indagações. Portanto, não pode haver uma compreensão completa se não houver um questionamento ou um desequilíbrio interno de nossas concepções. Assim, no caso da metáfora da *descoberta científica*, o estudante tem a necessidade de primeiro tomar conhecimento de que há uma diferença entre os atributos do alvo e do análogo e só então, ele poderá fazer indagações e chegar a uma resposta. Para participar dos *jogos de linguagem* o estudante sempre dará lances já conhecidos e só quando conhecer as novas regras é que passará a arriscar novos lances.

4.2.3 O uso das relações analógicas na atividade A2

A atividade A2 foi realizada, conforme já apresentado na subseção 3.1.2, através da leitura do texto “Elementos Químicos e os Vegetais” (SANTOS; MÓL,

2010), na qual se discute os elementos químicos essenciais ao crescimento dos vegetais e as funções de cada um deles neste processo.

Após a leitura e a discussão do texto os estudantes responderam cinco questões, das quais nós selecionamos apenas a primeira delas, apresentada a seguir, que consideramos mais relevante para nosso trabalho:

(1) Após a leitura, justifique a afirmação a seguir, retirada do texto “Elementos Químicos e os Vegetais”: “Uma lavoura é como um laboratório de química em franca produção”.

A questão acima foi respondida por 12 equipes, dentre as 14 existentes, sendo que duas delas não fizeram a atividade porque os estudantes estavam envolvidos numa atividade externa.

Nesta atividade apenas a analogia do laboratório foi empregada pelo livro supracitado, sendo mencionada 12 vezes pelos estudantes. Assim, para explorar a categoria de análise “Relações Analógicas Utilizadas”, apresentamos a seguir uma tabela (TABELA 16) com a compilação das classificações realizadas na seção 4.1 e incluímos a informação da quantidade de citações da analogia realizada pelos estudantes.

TABELA 16 - RELAÇÃO ANALÓGICA UTILIZADA NA ATIVIDADE A2

ANÁLOGO	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Laboratório	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Discute similaridades	Não reconhece	12

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Compilação das classificações da analogia realizadas na seção 4.1 e a quantidade de citações da mesma pelos estudantes.

Conforme a Tabela 16, a analogia do *laboratório* foi classificada como simples quanto ao Nível de Enriquecimento apresentado no texto utilizado, ou seja, houve a comparação de um único atributo, entre o alvo e o análogo que é a transformação das substâncias. Também, há uma breve discussão das similaridades, mas não se faz nenhum alerta quanto às limitações da analogia.

Quanto aos atributos utilizados pelos estudantes, estes são apresentados na Tabela 17, para o estudo da categoria de análise “Compreensão de Similaridades”, em comparação com os atributos explorados pelo livro didático.

TABELA 17 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DA RELAÇÃO ANALÓGICA EMPREGADA NA ATIVIDADE A2

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES	QTDE DE CIT.
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO		
Laboratório	Transformações químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Transformação de substâncias • Diversidade de reagentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de novas substâncias. • Diversidade de átomos de elementos presentes no solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidade de elementos químicos. 	11
				<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de grandes quantidades de produtos químicos. 	2

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Somando-se as citações para cada tipo de atributo explorado, o total excede a quantidade de citações realizadas porque em alguns casos os estudantes exploraram mais de um atributo da relação analógica numa mesma citação.

Os dois atributos comparados pelo livro didático entre o *laboratório* e a *lavoura*, foram a transformação das substâncias e a diversidade de substâncias ou elementos envolvidos. No entanto, os estudantes fizeram outras comparações, como a quantidade de substâncias químicas gastas na forma de adubos e defensivos agrícolas e, curiosamente, nenhuma equipe mencionou as transformações químicas que eram o alvo principal da analogia.

A equipe EFD2 respondeu da seguinte forma:

EFD2: “[...] uma lavoura é um lugar que é constituído de muitos *vegetais que contêm substâncias formadas por átomos de vários elementos químicos* que são retirados do solo.”.

Observamos no enunciado acima, que o foco está na diversidade de elementos químicos que formam as substâncias presentes nos vegetais e não nas transformações químicas que eles sofrem. Também é interessante observar que a equipe afirma que *os vegetais contêm substâncias* químicas em vez de dizer que eles são formados por elas.

No enunciado acima também podemos perceber uma questão ideológica permeando o discurso dos estudantes e interferindo no modo como eles

compreendem as substâncias químicas. Devido à conotação negativa da química que é muitas vezes veiculada na mídia e nas propagandas de produtos naturais ou da chamada “agricultura orgânica”, os estudantes têm dificuldade em compreender que os vegetais e os animais *são formados por substâncias químicas* e “preferem” entender que *há algumas substâncias químicas* que participam da sua constituição como se fossem impurezas contaminando um produto natural que é considerado como se fosse de qualidade superior, evidenciando assim, uma forma de pensamento considerada substancialista na epistemologia bachelardiana.

Certamente o significado de substância química para um estudante é bastante diferente daquele do professor, ou de um profissional da química. Um dos motivos disso é que enquanto a química é associada a fatos negativos como “armas químicas” e “dependência química”, por exemplo, são louvadas as qualidades dos produtos “orgânicos” e “sem química”. Diante dessa imagem negativa, fica difícil para o estudante não associar as substâncias químicas com tudo o que é artificial, que é tóxico ou pernicioso.

A equipe ELT1 não menciona *substâncias químicas*, mas *produtos químicos* e mais uma vez as substâncias químicas assumem a característica de aditivos, que neste caso são os adubos e defensivos agrícolas conforme podemos ver no enunciado:

ELT1: “[...] nas lavouras a necessidade de produtos químicos é tão grande assim cria-se um laboratório a seu [sic] aberto, e como os alimentos são produzidos, fala-se em franca produção, porque está produzindo alimentos.”.

Percebemos que a equipe não mencionou as substâncias químicas do solo, do ar e da água, como importantes para o crescimento dos vegetais, mas apenas aquelas utilizadas como adubos e defensivos.

A equipe EET1 faz afirmações muito semelhantes:

EET1: “[...] são usados alguns [sic] elementos químicos nas plantas que ajudam as mesmas a crescer [sic], e alguns produtos servem para manter a lavoura sem insetos ou pragas que a danificam.”.

O foco da discussão da equipe EET1 também ficou na quantidade de substâncias e na diversidade de elementos químicos, igualmente considerando as substâncias químicas como aditivos (química aditiva). Não houve menção às transformações químicas, que era o alvo principal da analogia, o que aponta uma possível dificuldade em compreender a química envolvida nos fenômenos naturais.

Talvez essa dificuldade seja o motivo pelo qual nove equipes, dentre as 12 que responderam a questão, tenham evitado a discussão e optado pela citação direta do seguinte fragmento do texto utilizado: “[...] os vegetais são constituídos de substâncias formadas por átomos de vários elementos químicos retirados do solo” (SANTOS; MÓL, 2010). Sendo assim, o foco da comparação dirigiu-se à diversidade dos elementos, já que os outros atributos não foram mencionados neste trecho. Portanto, na maioria dos casos não houve discussão ou interpretação dos estudantes que pudesse demonstrar um uso apropriado da linguagem e a correlação adequada dos atributos comparados pela analogia, uma vez que eles optaram pelo *discurso direto* (DD).

No Gráfico 12 nós apresentamos o percentual de respostas dadas pelos estudantes que foram consideradas *satisfatórias* e *não satisfatórias*, levando em consideração a elaboração de significados e o uso apropriado da linguagem. Assim, são consideradas satisfatórias apenas 25% das respostas nas quais os estudantes discutiram o enunciado apresentado pelo livro didático e realizaram uma interpretação do mesmo, correlacionando adequadamente os atributos do análogo (lavoura) com aqueles do alvo (laboratório de química).

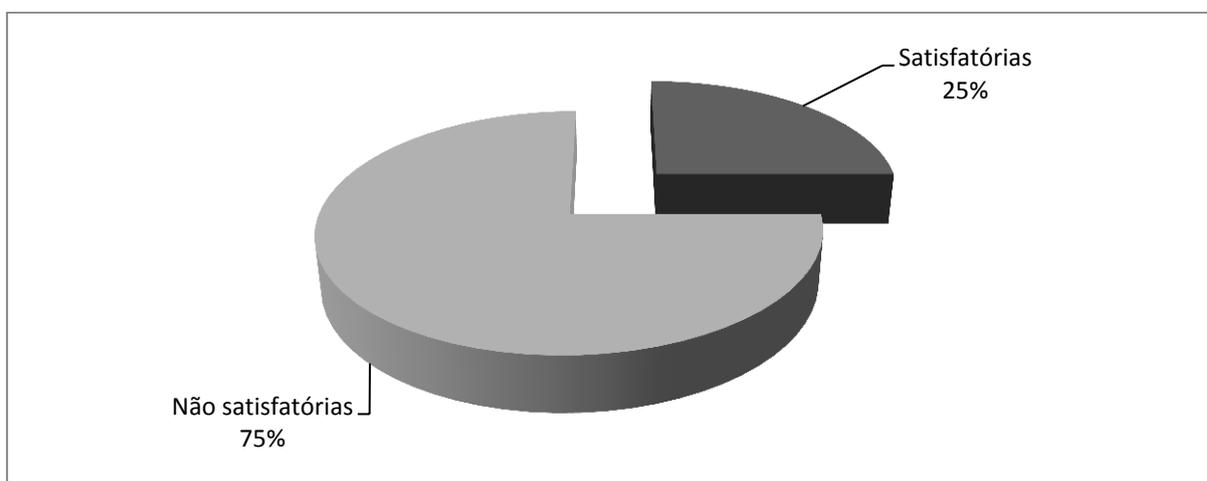


GRÁFICO 12 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 1 (A2)

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria das respostas dos estudantes foi considerada não satisfatória porque apenas cita literalmente um trecho do enunciado do livro sem uma interpretação e uma discussão do mesmo. Dessa forma, exploram um único atributo da analogia, deixando de lado outro que era de grande importância na atividade.

A maioria das respostas (75%) foi considerada não satisfatória porque os estudantes se limitaram ao *discurso direto*, citando literalmente um pequeno trecho do livro didático sem uma interpretação do mesmo que pudesse indicar uma apropriação do conhecimento. Soma-se a isso, o fato de que o trecho selecionado pelos estudantes explora apenas uma das características compartilhadas entre o alvo e o análogo que é a diversidade de substâncias presentes no solo de uma lavoura e num laboratório de química. A transformação das substâncias que seria a principal característica explorada pela analogia, provavelmente não foi compreendida pelos estudantes, ou foi considerada de menor importância, já que não foi citada.

Lembramos, porém, que mesmo não considerando satisfatória a citação do discurso do livro, nenhum estudante foi penalizado porque entendemos que houve falhas que podem ser corrigidas com uma nova discussão em que se dê maior atenção ao uso da linguagem na sala de aula. A preferência dos estudantes pelo *discurso direto*, pode ser um indicativo do distanciamento entre a sua linguagem e a do discurso científico, conforme já discutimos na seção 2.2. Quando o discurso é inacessível ou pouco significativo ao estudante, este pode se limitar a repetir os enunciados sem que estes sejam o resultado de uma reflexão ou que aquilo que se diz interfira na sua forma de pensar. Dessa forma a aprendizagem não avança.

Quando o estudante está em dúvida, a citação direta pode lhe parecer a forma mais sensata de dar uma resposta, mesmo que ele não esteja totalmente certo dos significados que esta possa apresentar. Todo discurso se dá por um processo dialógico de apreensão do discurso de outrem, sucedido de uma reelaboração pelo falante (enunciatório). Nesse processo, tomando o estudante como o falante e o professor como seu interlocutor, o estudante dá as repostas de acordo com o que ele acredita que o professor espera. Nunca o discurso será neutro ou totalmente autêntico, ele sempre será o resultado desta interação. Na falta de uma opinião ou de uma compreensão, o caminho mais seguro é citar um discurso de autoridade, seja ela o livro didático ou o próprio professor. No entanto, esse distanciamento do estudante com a linguagem científica é algo que pode ser superado através de novas abordagens que facilitem a familiarização do estudante, inclusive com o uso de novas analogias.

A química dos vegetais pode ser um assunto muito complexo para o estudante que ainda não tenha um bom conhecimento de química e a analogia

utilizada certamente não esclarece muita coisa a respeito dos fenômenos envolvidos. Além disso, a atividade realizada anteriormente nesta Oficina focou na discussão das diferentes concepções de elementos químicos e avanços científicos, assuntos bastante diferentes de transformações químicas. Portanto, essa analogia explora assuntos que são periféricos no estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas.

Assumindo que a significação depende do contexto e, dado o assunto principal da Oficina e a atividade anterior que focou nos elementos químicos, é de certa forma justificável o foco dos estudantes sobre os elementos e a pouca atenção às transformações químicas.

4.2.4 O uso das relações analógicas na atividade A3

A atividade A3 foi igualmente aplicada nas duas Oficinas e consistiu no estudo da Tabela Periódica através de leitura e anotações individuais sobre o capítulo correspondente no livro didático. Fizeram parte da bibliografia utilizada todos os seis livros didáticos citados no capítulo 3, ficando a critério dos estudantes escolherem um ou mais livros de acordo com as suas necessidades.

A atividade A3 desenvolveu-se de acordo com o descrito na seção 3.1.3 e ao final os estudantes responderam individualmente as três questões, sobre a Tabela Periódica, que são apresentadas a seguir:

- (1) Escreva entre 10 e 20 linhas, sobre a Tabela Periódica. Nesse texto explique para quê é utilizada, como foi construída e que tipo de informações podemos obter a partir dela.**
- (2) O que significa a palavra *periódica*? Por que a Tabela dos Elementos Químicos é chamada de periódica? Dê exemplos se for necessário.**
- (3) Escreva sobre a relação que você vê entre os Quatro Elementos da filosofia grega e a Tabela Periódica.**

Com esta atividade nós procuramos provocar uma reflexão sobre a diversidade de elementos químicos constantes na TP atual em oposição aos Quatro Elementos da filosofia grega. Além disso, queríamos observar como os estudantes se apropriam da linguagem durante o estudo da organização dos elementos químicos e qual o papel das relações analógicas neste processo.

As discussões sobre as questões acima, foram realizadas em equipe e, para acompanharmos melhor como estas ocorreram, nós apresentamos a seguir, alguns trechos da conversa entre os estudantes e o professor.

Na equipe ETM1 os estudantes estavam com dificuldade para entender o significado de periodicidade expresso na questão 2 e, pedem auxílio ao professor:

ET1: “É porque ela é dividida em períodos?”.

PROFESSOR: “Está dividida em períodos, mas o que significa ser periódico ou ter períodos?”.

Constatamos que a ideia apresentada por ET1, era compartilhada pelos estudantes de pelo menos cinco equipes dentre as 14 participantes da atividade. Certamente, um dos motivos é que, em geral, os estudantes aprendem que a Tabela Periódica é dividida em grupos e em períodos, sem que, no entanto, reflitam sobre o significado dessa palavra. Assim, parecem contentar-se com a resposta de que a Tabela de elementos é periódica “porque tem períodos” e não se preocupam em entender o que seriam os períodos.

Continuando a discussão, o professor enfatiza a necessidade de se entender o significado de *periódico*, fazendo que o estudante perceba a fragilidade de sua resposta e arrisque um novo palpite:

ET1: “É a quantidade... a medida de cada... do número atômico... é isso?”.

PROFESSOR: “Sem pensar em Tabela Periódica, o que significa periódico?”.

ET1: “É período... pra mim é período.”.

PROFESSOR: “E o que é período?”.

WO1: “Cada fase... tem um período.”.

ET1: “Cada tempo?”.

O professor tenta ajudar no raciocínio sugerindo que o estudante ET1 pense de uma forma mais geral, o que possivelmente o remeteria a uma compreensão da palavra “periódico”, tal como ela é usada em seu cotidiano. No entanto, o estudante continua afirmando que *periódico* é *período*, sem conseguir avançar. O professor insiste na questão, mas nem ET1, nem WO1 que tenta ajudar o colega, consegue

desenvolver as suas ideias, sobre a relação de *período* com *fase* e *tempo*, respectivamente.

O professor tenta fazê-los se recordarem de alguma analogia:

PROFESSOR: “Tem algum exemplo de alguma coisa que vocês lembram que seja periódico?”.

ET1: “Tem alguma coisa a ver com... tipo... arroz que você tá fazendo?”.

PROFESSOR: “Mas isso é periódico?”.

ET1: “Ah, sei lá? É período.”.

ET1 sugere a cocção de arroz, mas não consegue explicar a relação de periodicidade nesse exemplo. Então, o professor sugere a analogia da semana:

PROFESSOR: “A semana, ela é periódica?”.

ET1: “É, porque tem dias.”.

PROFESSOR: “E o que acontece com esses dias?”.

ET1: “Eles são divididos em horas.”.

PROFESSOR: “Mas, onde que está a periodicidade aí?”.

ET1: “Não sei.”.

Mesmo usando a analogia da semana o estudante ET1 ainda não consegue compreender o significado da periodicidade. De fato, os atributos comparados nem sempre são tão óbvios como se poderia pensar e, em geral, eles precisam ser descritos para que os estudantes o compreendam.

Ao invés de fornecer de imediato uma definição para *periódico*, o professor faz os estudantes perceberem que os dias da semana se repetem sempre com mesmo intervalo de tempo, só então, os estudantes demonstram compreender:

PROFESSOR: “Toda semana tem segunda-feira?”.

ET1: “Todas.”.

PROFESSOR: “Toda semana tem terça?”.

ET1: “Sim.”.

PROFESSOR: “Então, a cada sete dias, aqueles dias que já passaram vão se repetir. Então... isso que a gente chama de periódico.”.

WO1: “De acordo com certo tempo, está se repetindo?”.

PROFESSOR: “É alguma coisa que está se repetindo com uma certa frequência... com certo intervalo de tempo, no caso dos dias da semana.”.

Percebemos, portanto, que uma palavra ou expressão que possa até parecer óbvia do ponto de vista do professor, nem sempre o é para os estudantes. Às vezes, as dificuldades se apresentam porque a palavra usada no cotidiano dos estudantes, quando empregada num contexto de Ensino de Ciências, assume significado muito diverso, outras vezes, a palavra nem faz parte do seu vocabulário, o que parece ser o caso no exemplo acima.

Por outro lado, na equipe EHK1 os estudantes já demonstram uma boa compreensão de *periodicidade*, conforme fica evidente na fala de IR1:

IR1: “Porque... sabe as famílias? São as colunas, não são? Nessas colunas, o número de elétrons que estão nelas... o número de elétrons da última camada se repete em todos [movimenta a mão de cima para baixo], é igual. É isso não é?”.

O estudante IR1 não fornece uma definição, mas apresenta um exemplo do que seria a *periodicidade* na Tabela Periódica. Assim, demonstra não só compreender o significado geral da palavra, mas também a sua aplicação nesse contexto.

Após as discussões realizadas, das quais apresentamos apenas um pequeno recorte acima, os estudantes entregaram as respostas das questões, possibilitando que identificássemos o uso de sete relações analógicas que são listadas na Tabela 18. Nesta tabela nós apresentamos uma compilação das classificações realizadas na seção 4.1 para auxiliar na discussão da categoria de análise “Compreensão de Similaridades” e incluímos também, a informação da quantidade de citações das RAS realizada pelos estudantes. Porém, não contabilizamos as citações orais realizadas durante as discussões.

TABELA 18 - RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A3

ANÁLOGO	TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Família	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Insuficiente	Não reconhece	1
Manual	...	...	Explicativa	Espontânea do estudante	...	...	1
Medicamento de uso contínuo	...	...	Explicativa	Espontânea do estudante	...	...	1
Fases da Lua	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	1
Batidas do coração / Gráficos de um eletrocardiograma	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Insuficiente	Não reconhece	1

ANÁLOGO	TIPO DE RELAÇÃO ANALÓGICA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Dias da semana	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Insuficiente	Não reconhece	1
Ingredientes	Funcional	Estendida	Explicativa	Uso didático	Descreve o análogo Discute similaridades	Não reconhece	4

FONTE: O autor (2014)

NOTA 1: (...) Categorias de análise não aplicáveis às relações analógicas espontâneas.

NOTA 2: Compilação das classificações das RAs realizadas na seção 4.1 e a quantidade de citações das mesmas pelos estudantes.

Conforme a tabela acima, das sete relações analógicas utilizadas, cinco foram classificadas como de uso didático e duas delas como espontâneas, porque foram empregadas pelos estudantes sem ter sido identificadas no material didático utilizado em sala de aula, embora seja possível que tenham sido citadas em outras fontes a que eles tenham tido acesso. Quanto ao mapeamento realizado pelos livros didáticos, apenas a analogia das *fases da Lua* e a dos *ingredientes* foram bem descritas e tiveram as similaridades com o análogo discutidas. Quanto às suas limitações, em nenhuma delas houve esta discussão. No entanto, dentre aquelas utilizadas apenas a analogia dos *ingredientes* foi citada quatro vezes, sendo que as outras seis receberam apenas uma citação cada.

Apresentamos na Tabela 19, os atributos do alvo e do análogo que foram explorados pelos livros didáticos em cada uma das relações analógicas e, comparamos os mesmos com os atributos citados pelos estudantes, de acordo com a categoria de análise “Compreensão de Similaridades”.

TABELA 19 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A3

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Família	Grupos de elementos	<ul style="list-style-type: none"> Semelhanças e afinidades entre pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> Semelhanças nas propriedades de um Grupo de elementos 	<ul style="list-style-type: none"> Grupos de elementos com propriedades semelhantes Impossibilidade de ligações entre os elementos de um

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
				mesmo grupo
Manual	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> • Livro que reúne informações sobre um assunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reunião de informações sobre elementos químicos 	...
Medicamento de uso contínuo	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Continuidade • Duração 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuidade • Duração 	...
Fases da Lua	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Periodicidade das fases 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular das propriedades dos elementos 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular das propriedades dos elementos
Batidas do coração / Gráficos de um eletrocardiograma	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Periodicidade nas batidas do coração 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular das propriedades dos elementos 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular das propriedades dos elementos
Dias da semana	Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> • Periodicidade nos dias da semana 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular das propriedades dos elementos 	<ul style="list-style-type: none"> • Repetição regular de um evento
Ingredientes	Átomos e elementos químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade limitada de ingredientes • Produção de diferentes tipos de massas alimentícias 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade limitada de elementos • Produção de diferentes subst. quím. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de “novos” elementos químicos a partir dos Quatro Elementos de Empédocles.

FONTE: O autor (2014)

NOTA: (...) Categoria de análise não aplicável às relações analógicas espontâneas.

Para facilitar a nossa discussão, classificamos as respostas dadas pelos estudantes, em cada uma das questões desta atividade, em *satisfatórias* e *não satisfatórias*, considerando para tal que os estudantes deveriam se expressar de modo a ficar evidente que tinham ciência que a distribuição dos elementos na Tabela Periódica obedece a uma organização lógica e, que a Tabela Periódica também é uma importante fonte de informação sobre os mesmos.

O Gráfico 13, a seguir, mostra o percentual de respostas da primeira questão consideradas *satisfatórias* e *não satisfatórias*.

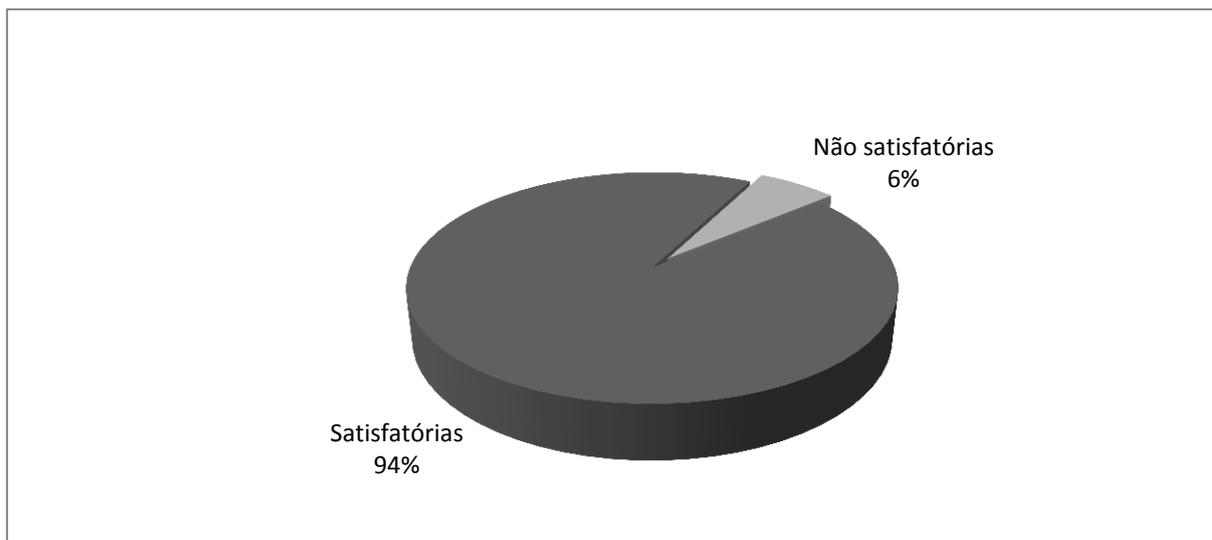


GRÁFICO 13 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 1 (A3)

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria (94%) das respostas dos estudantes foi considerada satisfatória.

De acordo com o gráfico acima, 94% dos estudantes deram respostas satisfatórias à questão, o que demonstra que os objetivos esperados foram atingidos. Para exemplificar, apresentamos a seguir um fragmento da resposta dada pelo estudante AH2:

AH2: “Os elementos da tabela são dispostos, um em cada quadradinho, em ordem crescente de número atômico a partir do hidrogênio ($Z=1$). [...] A tabela periódica é um importante instrumento de consulta e, entre outras coisas, ela informa o número de elétrons de valência.”.

O estudante CC1, para auxiliar na sua explicação, compara a Tabela Periódica a *manual* e, embora não dê maiores detalhes sobre a metáfora empregada, deixa implícito um entendimento de que a TP é uma fonte organizada de informações sobre os elementos químicos:

CC1: “Podemos tirar milhões de informações da tabela periódica, saber os elementos químicos que existem e suas respectivas famílias, onde são localizados e a quantidade que os encontramos na natureza. Ela é um manual onde podemos desvendar mistérios da Ciência que com o surgimento de novas doenças, prevenções para elas, podemos entender como acontece essa criação entre outros.”.

Observamos que a segunda parte desse enunciado é bastante evasiva e não revela nada sobre quais são os atributos que estão sendo comparados pela metáfora citada, no entanto, quando analisamos todo o enunciado, nós percebemos

que o estudante está ciente sobre a organização dos elementos químicos e sobre o potencial de informações da Tabela Periódica.

Acreditamos que o enunciado acima representa bem as dificuldades com o uso da linguagem científica que aparecem na maioria das respostas dadas pelos estudantes, mas que apesar da falta de prática, elas são bastante satisfatórias para esta atividade.

Ainda como parte da resposta à primeira questão, também encontramos a relação analógica *família*, que foi utilizada por BC2 para explicar os Grupos de Elementos. Nesta comparação percebemos que o estudante extrapolou o limite de similaridade entre o alvo e o análogo, chegando a conclusões errôneas sobre os elementos químicos:

BC2: “[...] em cada família todos os elementos dela tem estrutura parecida, porém eles não podem se interligar entre eles mesmos, apenas com outras famílias dependendo do seu número de elétrons.”.

A recusa pela possibilidade de uma ligação química entre elementos de um mesmo grupo possivelmente se deu pela comparação de atributos do análogo que não são correspondentes com os do alvo. Neste caso, quando o análogo (*família*) se refere a seres humanos, a ideia de união consanguínea é repulsiva.

A segunda questão desta atividade se refere à palavra *periódica* utilizada para definir a tabela de elementos químicos. Nesta questão, nós adotamos como critério de classificação, a existência de comparações, palavras ou expressões que indicam a compreensão do significado de *periodicidade* usado na descrição das propriedades dos elementos da TP.

O Gráfico 14, apresentado a seguir, mostra o percentual de respostas consideradas satisfatórias para a segunda questão.

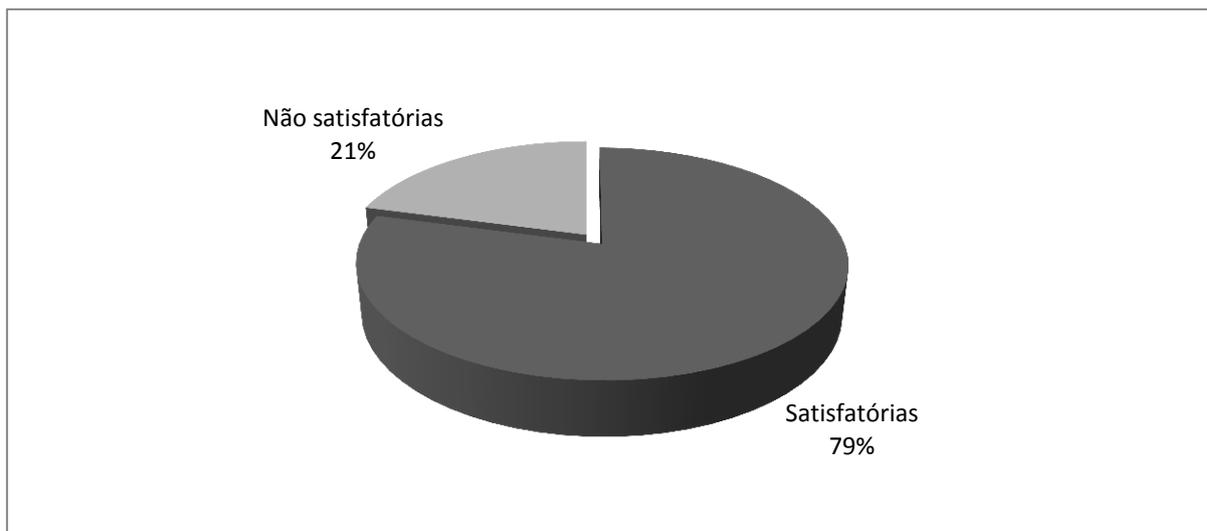


GRÁFICO 14 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS À QUESTÃO 2 (A3)

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria das respostas da segunda questão revelou um uso apropriado da linguagem para expressar a noção de periodicidade conforme ela é empregada na Tabela Periódica.

Conforme o gráfico acima, 79% das respostas expressam o uso apropriado da palavra *periódica*, conforme utilizado nesta atividade. Dentre estas, nós selecionamos aquelas em que os estudantes se utilizam de relações analógicas para complementar a sua explicação.

O estudante GP1 faz uma comparação com as *fases da lua*:

GP1: É devido a periodicidade, ou seja, a repetição de propriedades, de intervalos em intervalos, como por exemplo, ocorre com as fases [*sic*] da lua, que mudam durante o mês e se repetem mês após mês.”.

De forma semelhante, o estudante JE2 explica o que entende por *periodicidade* citando a analogia dos *dias da semana*:

JE2: “A palavra periódica quer dizer que é quando um determinado evento se repete regularmente. Por exemplo um evento que é determinado sua prática somente as terças-feiras, os dias que forem determinados seriam alternativos então essa atividade seria periódica.”.

Nos dois enunciados acima percebemos que os estudantes exploram adequadamente os atributos da analogia ao explicar o significado de *periodicidade* utilizado neste contexto, porém, não é possível afirmar se eles conseguiriam discriminar quais são os “eventos” ou propriedades que são periódicas na TP, já que estes não foram mencionados.

O estudante BB2 cita como exemplo de eventos periódicos as *batidas do coração* e os *gráficos de um eletrocardiograma*, relacionando-os com as propriedades dos elementos químicos na Tabela Periódica:

BB2: “Dizemos que um evento é periódico quando ele se repete regularmente em função de determinado parâmetro. [...] É devido à existência de periodicidade em várias propriedades dos elementos e das substâncias simples que a tabela contém a relação completa de todos os elementos químicos conhecidos é denominada tabela periódica. Como exemplo de eventos periódicos podemos citar as batidas do nosso coração. Os gráficos dos exames de eletrocardiograma apresentam curvas periódicas.”.

Notamos que o estudante BB2 não descreve os atributos dos análogos apresentados como exemplo, talvez porque não ache necessário, já que o significado de evento periódico é explicado no início do enunciado.

Dentre as respostas não satisfatórias, nós selecionamos como exemplo a resposta dada por MJ1 que atribui à palavra *periódica* o significado de um evento de *longa duração* e não de um evento que se repete com regularidade, conforme o sentido em que a palavra é empregada no contexto. Em sua explicação, MJ1 utilizou-se de uma analogia espontânea, na qual ele enfatiza o uso contínuo de um medicamento comparando-o com o que ele entende por periódico:

MJ1: “Período longo, contínuo. Chamando-a assim percebemos que ela tem um período longo na vida, estando sempre presente no dia-a-dia. Como uma pessoa que necessita tomar leite de magnésia por problemas de saúde, o leite estará presente na sua vida durante um longo período, sendo assim periódico.”.

Percebe-se que os atributos do análogo que foram usados para explicar a *periodicidade* foram mal escolhidos nesta comparação. Provavelmente a analogia poderia ter sido utilizada com maior sucesso se o estudante tivesse se apropriado da linguagem empregada neste contexto. Assim, por exemplo, ele poderia focar nos horários pré-estabelecidos para a ingestão do medicamento e que normalmente se repetem com a mesma regularidade. Porém, excetuando-se o caso desse estudante, os demais empregaram apropriadamente a palavra *periodicidade*, tal como ela é utilizada para explicar a organização da Tabela Periódica, embora apresentemos apenas os quatro enunciados que fizeram alguma relação analógica.

A terceira questão propunha que os estudantes discutissem a relação entre a Tabela Periódica e os Quatro Elementos da filosofia grega e, como observamos

que as respostas dadas foram bastante variadas, nós achamos conveniente classifica-las em: *satisfatórias*, *não satisfatórias* e *outras*.

Foram consideradas *satisfatórias* todas as respostas nas quais os estudantes demonstraram perceber as diferenças e as semelhanças entre a concepção de elemento químico na filosofia grega e de acordo com o conhecimento científico atual. E, como *não satisfatórias* nós classificamos aquelas respostas nas quais os estudantes não discutiram as diferenças citadas acima e, curiosamente, consideraram que todos os elementos químicos apresentados na TP são formados pelos *quatro elementos* da filosofia grega.

As respostas classificadas como *outras*, são aquelas nas quais os estudantes parecem não ter compreendido a questão e fizeram afirmações sem relação com o tema proposto.

O Gráfico 15, a seguir, exhibe o percentual de respostas dos estudantes de acordo com cada uma das classificações mencionadas acima:

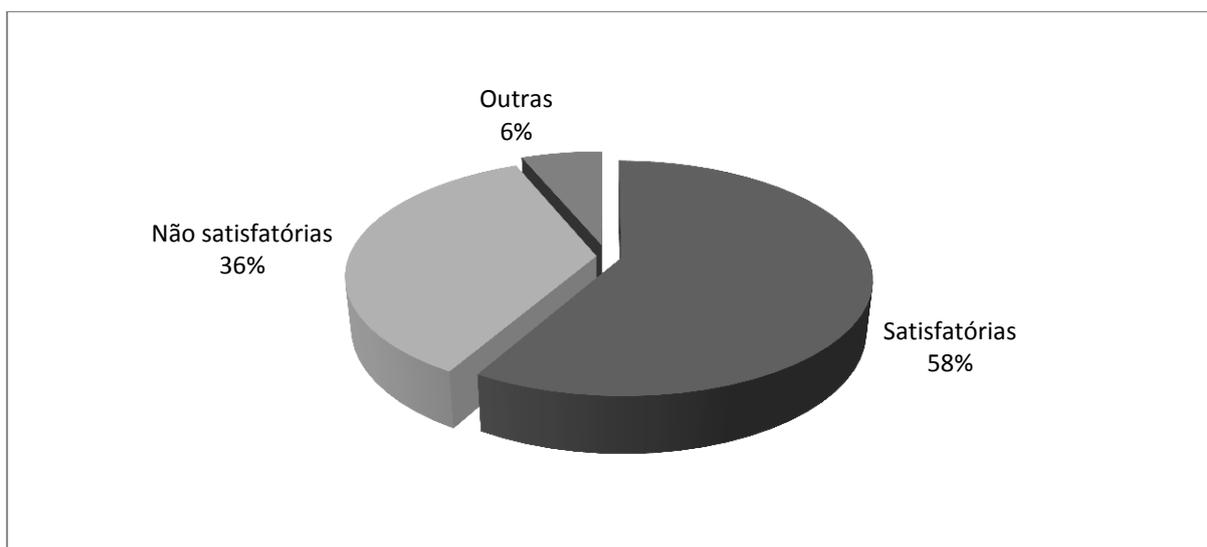


GRÁFICO 15 - CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS À QUESTÃO 3 (A3)

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A maioria das respostas para a terceira questão foi considerada satisfatória, embora este percentual seja menor se comparado com as respostas dadas à primeira e à segunda questão.

De acordo com o Gráfico 15, a maioria das respostas (58%) dadas à questão foi considerada satisfatória e, apenas para exemplificar as respostas obtidas, nós apresentamos a seguir as afirmações feitas por NF2:

NF2: “Tanto os filósofos gregos quanto a tabela periódica tentam explicar a existência da matéria através da combinação dos elementos, a diferença é que os gregos acreditavam que existiam apenas 4 elementos, hoje na tabela periódica existe muito mais.”.

Nesse enunciado percebemos que, apesar de algumas incorreções, o estudante aponta que a filosofia grega e a Ciência atual têm em comum a busca pela explicação da matéria e, também destaca a diferença na quantidade de elementos químicos que são conhecidos atualmente, contra apenas quatro da filosofia grega. As demais respostas consideradas satisfatórias também apresentam entendimentos semelhantes, embora os estudantes se utilizem de outras formas para se expressarem.

Dentre as respostas dadas, 36% foram consideradas não satisfatórias porque os estudantes demonstraram não ter compreendido que a antiga teoria dos *Quatro Elementos* foi superada pelo conhecimento atual. Ao contrário, eles parecem acreditar que elas são complementares. Essa confusão entre as concepções de elementos químicos fica bem clara nos enunciados escritos por quatro estudantes, nos quais eles utilizaram a analogia dos *ingredientes*, mas explorando atributos que não correspondem aos elementos químicos como eles são conhecidos atualmente:

JV1: “A partir dos quatro elementos surgem os outros, cada elemento possui um pouco de todos, com vários ingredientes podemos fazer muitas coisas, é o que acontece através da água, do ar, da terra e do fogo, surgem os outros elementos.”.

O parágrafo acima foi escrito por JV1, mas os estudantes SK1, FM1 e FS1 também fazem afirmações quase idênticas, deixando evidente a confusão entre a combinação dos elementos para a formação de diversas substâncias químicas, com a combinação dos *Quatro Elementos Primordiais* para a produção dos demais elementos. Parece que os estudantes não compreenderam que essa teoria de origem filosófica foi superada com o conhecimento atual sobre os elementos químicos.

Apenas 6% das respostas dadas pelos estudantes foram classificadas como outras. Dentre estas, nós encontramos afirmações sem qualquer relação com a questão proposta e, também, um caso em que o estudante deixou de responder a questão. Portanto, considerando o exposto acima, nós percebemos de modo geral, um avanço na compreensão dos estudantes sobre elementos químicos, Tabela Periódica e o significado de periodicidade.

Na seção 4.1, quando discutimos as relações analógicas empregadas pelos livros didáticos, constatamos que esses mesmos assuntos citados acima, receberam juntos 72% das relações analógicas e 82% do total das citações realizadas, sendo por isso, considerados como alvos prioritários, conforme demonstra a Tabela 4, a qual nós rerepresentamos a seguir.

TABELA 4 – PROPORÇÃO DE ANÁLOGOS E DE CITAÇÕES PARA CADA ALVO PRIORITÁRIO

ALVOS	PERCENTUAL DE ANÁLOGOS (%)	PERCENTUAL DE CITAÇÕES (%)
Periodicidade	33	55
Tabela Periódica	26	18
Átomos e elementos químicos	13	9
Total	72	82

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Os assuntos que receberam a maior quantidade de relações analógicas, também foram aqueles em que elas também foram as mais citadas, confirmando os mesmos como alvos prioritários.

Analisando cada um dos alvos separadamente, de acordo com a tabela acima, nós constatamos que o maior número de citações de relações analógicas foi para *periodicidade* com 55% do total, seguida por *Tabela Periódica* com 18% e *átomos e elementos químicos* com 9%.

Comparando os valores acima com os percentuais de respostas satisfatórias nesta atividade, que foram 94% para a primeira questão sobre Tabela Periódica, 79% para a segunda sobre periodicidade e, 58% para elementos químicos na terceira questão, percebemos que o menor percentual de respostas satisfatórias foi para elementos químicos que curiosamente também recebeu a menor quantidade de citações de relações analógicas. Portanto, esses dados sugerem uma proporcionalidade entre a quantidade de relações analógicas utilizadas e o percentual de respostas satisfatórias, de modo que o alvo que recebeu a menor quantidade de comparações e citações destas pelos livros didáticos também foi o que obteve a menor quantidade respostas satisfatórias.

Outra constatação interessante é que a maioria das respostas consideradas não satisfatórias foi para a questão sobre elementos químicos, possivelmente

porque os estudantes não conseguiram diferenciar as concepções da filosofia grega e da Ciência contemporânea. Quando analisamos melhor cada uma destas respostas, percebemos que na maioria foi citada a analogia dos *ingredientes* que, conforme já comentamos na subseção 3.1.1, foi utilizada para explicar a concepção de elementos químicos na filosofia grega. Assim, percebemos a grande influência das analogias nas respostas dadas pelos estudantes, ainda que neste caso ela seja negativa.

Tais constatações nos fazem refletir sobre a importância das relações analógicas para o Ensino de Química e, da escolha adequada para cada alvo estudado. No caso apresentado acima, o estudo dos *elementos químicos* foi o alvo que recebeu o menor número de relações analógicas nos livros didáticos e, ao mesmo tempo, a maioria destas foram utilizadas para explicar a concepção de elementos químicos da filosofia grega, por isso, não é de estranhar que esta concepção tenha exercido grande influência na compreensão dos estudantes.

De acordo com Bakhtin, um enunciado sempre é uma resposta a todos os outros enunciados pronunciados anteriormente. Segundo o filósofo, compreender a enunciação “significa orientar-se em relação a ela, encontrar o seu lugar adequado no contexto adequado” (BAKHTIN, 2006, p.135). Assim, a forma que os estudantes compreendem os elementos químicos, por exemplo, é uma resposta a outros enunciados, apresentados nos livros didáticos, pelo professor e demais interlocutores. Em seu próprio enunciado o estudante pode concordar, discordar ou até complementar os anteriores, mas isso sempre implica num posicionamento em relação ao enunciado de outro.

Se os estudantes deram respostas baseadas na analogia dos *ingredientes* foi porque os enunciados correspondentes auxiliaram na elaboração destes significados. Portanto, o desafio é encontrar as relações analógicas que sejam significativas para os estudantes e, melhor expressem os conteúdos desejados sem, no entanto, acreditar na analogia perfeita, dadas as características da linguagem.

Concordamos com Bachelard que o uso indiscriminado de relações analógicas pode trazer prejuízos ao estudante, pela formação de concepções errôneas que podem ser difíceis de serem modificadas e por isso, comprometer o aprendizado futuro. Porém, o Ensino de Ciências sem o uso das relações analógicas seria impraticável.

4.2.5 O uso das relações analógicas na atividade A4

Conforme descrito na subseção 3.1.4, nesta atividade os estudantes realizaram uma pesquisa bibliográfica em equipe e na sequência fizeram uma apresentação oral dos resultados obtidos. Durante a mesma, foram explorados os seguintes assuntos referentes ao estudo da Classificação Periódica: Grupos de Elementos, Períodos, Elementos Representativos, Elementos de Transição, Grupo 18, Metais e Propriedades Periódicas.

As apresentações tiveram duração máxima de cinco minutos e, puderam ser feitas por apenas um representante de cada equipe, com a condição de que os demais participassem nas discussões. Essa atividade foi realizada igualmente nas duas Oficinas, totalizando 14 apresentações, todas consideradas satisfatórias porque elas atingiram o objetivo proposto que era de cada equipe compartilhar os conhecimentos adquiridos com o grande grupo.

Nesta atividade os estudantes não entregaram nenhum material escrito, mas todas as apresentações foram gravadas em áudio e vídeo para que pudéssemos identificar as relações analógicas empregadas e de que forma estas são utilizadas na elaboração de significados.

Para auxiliar nas discussões da categoria de análise “Relações Analógicas Utilizadas”, nós apresentamos a Tabela 20, com a quantidade de citações que os estudantes fizeram para cada uma das RAs, além de uma compilação das respectivas classificações realizadas na seção 4.1.

TABELA 20 - RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A4

ANÁLOGO	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Nobreza (gases nobres)	Funcional	Simples	Explicativa	Uso da Ciência	Insuficiente	Não reconhece	5
Família	Funcional	Simples	Explicativa	Uso didático	Insuficiente	Não reconhece	2

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Classificação das RAs de acordo como elas são apresentadas nos livros didáticos e, a quantidade de citações das mesmas pelos estudantes.

De acordo com a tabela acima, os estudantes citaram as metáforas da *nobreza* para os elementos do Grupo 18 (Gases Nobres) e da *família* para definir Grupos de Elementos. Ambas já são bastante corriqueiras e muitas vezes nem são consideradas como tais, sendo muitas vezes entendidas como se fossem sinônimas dos domínios a que se referem devido ao seu uso frequente. No entanto, dadas as suas origens metafóricas e ao fato de também serem passíveis de confusões quanto aos atributos comparados, nós achamos pertinente incluí-las em nossa análise.

Para auxiliar na discussão da “Compreensão de Similaridades”, nós comparamos os atributos dos análogos e dos alvos explorados pelos livros didáticos com aqueles utilizados pelos estudantes, os quais são apresentados pela Tabela 21.

TABELA 21 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A4

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Nobreza (gases nobres)	Elementos do Grupo 18	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca afinidade com o povo 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa reatividade • Dificuldade de formação de ligações químicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa reatividade. • Dificuldade para se combinarem com outros elementos
Família	Grupos de elementos	<ul style="list-style-type: none"> • Semelhanças e afinidades entre pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de elementos com propriedades semelhantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de elementos com propriedades semelhantes

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Compilação das classificações das RAs realizadas na seção 4.1, de acordo como elas são apresentadas nos livros didáticos e, a quantidade de citações das mesmas pelos estudantes.

Conforme já discutimos na seção 4.1, em nenhuma das metáforas acima, quando exploradas pelos livros didáticos, houve uma discussão suficiente dos atributos que estão sendo comparados entre os alvos e os análogos, tampouco das suas limitações. No entanto, a tabela 21 demonstra que os atributos explorados pelos estudantes para cada uma das relações analógicas citadas, são condizentes àqueles comparados pelos livros didáticos. Provavelmente isso se deu devido às diversas discussões realizadas em sala de aula e a atenção especial dada ao uso da linguagem.

De acordo com a Tabela 20, a metáfora da *família* foi citada duas vezes e, em nenhuma delas os estudantes falam de impossibilidade de ligações químicas

entre elementos do mesmo grupo, como aconteceu na atividade anterior, o que consideramos bastante positivo.

Na Oficina Eureka I, o estudante CC1 fala das semelhanças entre os elementos de um mesmo grupo:

CC1: “[...] é um conjunto onde você... tipo... une as semelhanças de cada elemento... é você pegar as semelhanças de massa atômica ou quantidade de prótons e nêutrons e reunir [...] numa família.”

Nesse fragmento, observamos que apesar do estudante afirmar que há semelhanças entre os elementos de um mesmo grupo, os exemplos citados estão incorretos. No entanto, lembramos que esta atividade aconteceu num momento cuja preocupação principal era entender como a Tabela Periódica está organizada, por isso, essas incorreções são aceitáveis e inclusive, serviram de pretexto para que discutíssemos melhor com os estudantes sobre as semelhanças que de fato existem, entre os elementos de um mesmo grupo.

Na Oficina Eureka II, o estudante OO2 também explica a metáfora da *família* dando como exemplo de semelhança entre os elementos, os elétrons de valência e outras propriedades: “[...] **representa as semelhanças [...] uma delas é a quantidade de elétrons [...] alguns têm as características físicas ou químicas parecidas**”.

Conforme a Tabela 20 houve cinco citações para a metáfora da *nobreza* e em todas elas os estudantes compararam atributos equivalentes àqueles explorados pelos livros didáticos. O estudante CC1, por exemplo, afirma que os elementos do Grupo 18 são chamados *gases nobres* “**porque eles não se misturam**”, o que expressa uma ideia próxima daquela intencionada pela metáfora, embora a linguagem não seja a mais apropriada, considerando que ligação química e mistura são fenômenos diferentes. Porém, não é possível exigir este nível de correção na linguagem usada neste momento, considerando que ligação química é um assunto que não foi abordado nesta Oficina e que provavelmente ainda não tivesse sido estudado por CC1. Outra possibilidade que não pode ser descartada é que o estudante tenha se utilizado da expressão *não se misturam* como uma metáfora e assim, evitado dar explicações sobre as ligações químicas. Portanto, o que a princípio parece uma concepção inadequada pode ser apenas uma dificuldade do estudante em se expressar de acordo com a linguagem científica. Neste caso, a saída seria estimular o estudante a exercitar mais os diferentes *jogos de linguagem*.

Para decidir a questão apresentada acima, seria necessário investigar o assunto mais a fundo, dando ao estudante a oportunidade de se expressar através de novas abordagens, o que neste caso acabou não acontecendo, devido à necessidade em mantermos o foco no estudo da Classificação Periódica.

Pelo enunciado de outros estudantes, nós percebemos que eles, em geral, compreendem a dificuldade dos elementos do Grupo 18 em formar ligações químicas, mas alguns se equivocam e generalizam, afirmando, por exemplo, que **“eles não fazem nenhuma ligação”** (FA1) ou que **“eles se mantêm isolados”** (FM1). Assim, somos levados a crer que estes estudantes desconhecem a existência dos raros compostos formados por esses elementos.

Portanto, entendemos que até aqui as relações analógicas têm desempenhado um papel importante, aproximando a linguagem científica da linguagem cotidiana dos estudantes e, embora a aprendizagem também envolva outros fatores, ela não pode prescindir da elaboração de significados.

4.2.6 O uso das relações analógicas na atividade A5

A atividade A5, conforme descrito na subseção 3.1.5, foi um miniseminário que ocorreu após uma pesquisa bibliográfica sobre as Propriedades Periódicas dos Elementos, na qual, cada uma das equipes se responsabilizou por uma das propriedades, previamente definida por sorteio.

Durante as apresentações os estudantes podiam contar com os recursos didáticos disponíveis no colégio, como por exemplo, a lousa, o projetor de slides, caixas de som, laboratório de informática e laboratório de química, além de outros materiais que podiam ser providenciados por eles. Quanto ao tempo destinado às apresentações, cada equipe podia usar até quinze minutos e, mais cinco destinados para responder perguntas dos colegas ou do professor.

Foram realizadas 14 apresentações, sete em cada Oficina e, todas foram consideradas bastante satisfatórias no que diz respeito à exploração dos conteúdos estudados, ao uso da linguagem e às relações analógicas empregadas. Ao todo,

foram utilizadas seis RAs diferentes, das quais duas foram citadas duas vezes cada uma e, quatro foram citadas uma única vez, totalizando oito citações.

Na Tabela 22 nós apresentamos cada uma das relações analógicas utilizadas e uma compilação das classificações realizadas na seção 4.1, considerando como são exploradas nos livros didáticos, exceto aquelas apresentadas pelos estudantes que também foram classificadas, mas eliminando-se as categorias *nível de enriquecimento*, *nível de mapeamento* e *discussão de limitações* que não se aplicam neste caso. Incluímos ainda, a quantidade de citações que os estudantes fizeram para cada uma das RAs.

TABELA 22 - RELAÇÕES ANALÓGICAS UTILIZADAS NA ATIVIDADE A5

ANÁLOGO	TIPO DE RA	NÍVEL DE ENRIQ.	FUNÇÃO	ORIGEM	NÍVEL DE MAPEAMENTO	DISCUSSÃO DE LIMITAÇÕES	QTDE DE CIT.
Roubo	Funcional	...	Explicativa	Espontânea	...	...	1
Reação à invasão do espaço pessoal	Funcional	...	Explicativa	Espontânea	...	...	1
Blindagem	Estrutural	Simple	Explicativa	Uso da Ciência	Insuficiente	Não reconhece	2
Camada	Estrutural	Simple	Explicativa	Uso da Ciência	Insuficiente	Não reconhece	2
Ímã	Funcional	...	Explicativa	Espontânea	...	...	1
Galáxia	Estrutural	Simple	Explicativa	Uso didático	Insuficiente	Não reconhece	1

FONTE: O autor (2014)

NOTA 1: Compilação das classificações realizadas na seção 4.1 para cada uma das RAs utilizadas pelo livro didático e citadas pelos estudantes nesta atividade, incluindo a classificação daquelas que foram citadas espontaneamente.

NOTA 2: (...) Categorias de análise não aplicáveis às relações analógicas apresentadas espontaneamente pelos estudantes.

O que nos chama a atenção nesta atividade é que para serem compreendidos por seus colegas, os estudantes utilizaram três RAs espontâneas, representando 38% das RAs citadas, conforme demonstrado no Gráfico 16. Nas atividades anteriores quase 100% das RAs citadas foram retiradas dos livros didáticos, no entanto, possivelmente, nesta atividade, foi a dúvida dos colegas aliada

à dificuldade de se expressarem adequadamente, a respeito das Propriedades Periódicas que forçou os estudantes a fazerem comparações espontâneas.

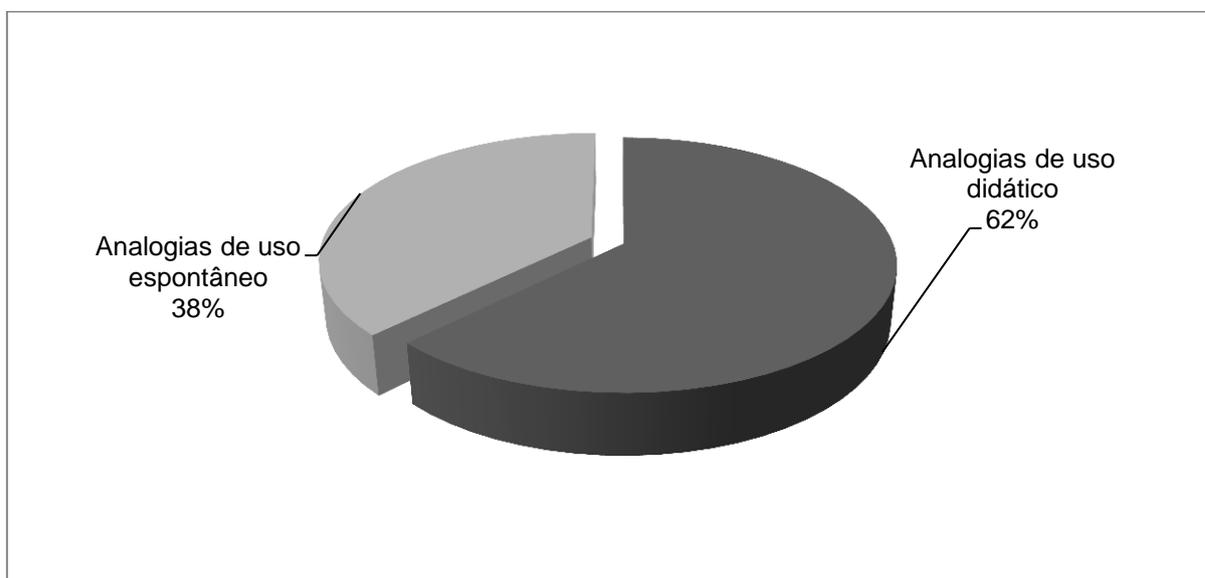


GRÁFICO 16 - ORIGEM DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS CITADAS NA ATIVIDADE A5

FONTE: O autor (2014)

NOTA: Uma quantidade bastante expressiva (38%) das RAs utilizadas pelos estudantes foi considerada espontânea, já que não foi citada por nenhum dos livros didáticos identificados nesta atividade.

Quanto ao uso das relações analógicas e a Compreensão de Similaridades, apresentamos a Tabela 23 que mostra os alvos para os quais as analogias foram utilizadas e os atributos explorados em cada caso.

TABELA 23 – O USO DA LINGUAGEM A PARTIR DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS EMPREGADAS NA ATIVIDADE A5

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Roubo	Ionização	<ul style="list-style-type: none"> • Subtração forçada de algo 	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de elétrons • Formação de íon 	...
Invasão do espaço pessoal	Repulsão intereletrônica	<ul style="list-style-type: none"> • Tendência a distanciamento para defesa ou preservação do espaço pessoal 	<ul style="list-style-type: none"> • Repulsão e afastamento entre partículas de mesma carga 	...

ANÁLOGO	ALVO	ATRIBUTOS COMPARADOS		ATRIBUTOS CITADOS PELOS ESTUDANTES
		ATRIBUTOS DO ANÁLOGO	ATRIBUTOS DO ALVO	
Blindagem	Atenuação de carga nuclear	<ul style="list-style-type: none"> • Ocultação ou camuflagem de algo 	<ul style="list-style-type: none"> • Atenuação de carga nuclear pela interposição de elétrons 	<ul style="list-style-type: none"> • Atenuação de carga nuclear pela interposição de elétrons
Camada	Distribuição espacial da carga eletrônica	<ul style="list-style-type: none"> • Extensão de algo sobre uma superfície 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga eletrônica distribuída em torno do núcleo do átomo 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga eletrônica distribuída em torno do núcleo do átomo
Ímã	Atração elétron-núcleo	<ul style="list-style-type: none"> • Atração entre dipolos • Campo magnético inversamente proporcional à distância 	<ul style="list-style-type: none"> • Prótons e elétrons se atraem mutuamente • Intensidade de atração decresce com a distância 	...
Galáxia	Tabela Periódica	<ul style="list-style-type: none"> • Forma de uma galáxia 	<ul style="list-style-type: none"> • Formato da TP de Philip Stewart 	<ul style="list-style-type: none"> • Formato da TP de Philip Stewart

FONTE: O autor (2014)

NOTA: (...) Categorias de análise não aplicáveis às relações analógicas apresentadas espontaneamente pelos estudantes.

A Tabela 23 mostra que nas RAs utilizadas pelos estudantes foram explorados atributos equivalentes àqueles utilizados pelos livros didáticos, o que sugere uma boa apropriação da linguagem empregada. Porém, como no caso das RAs espontâneas não é possível fazer essa comparação, estas foram classificadas como categoria não aplicável.

Uma das RAs espontâneas foi a metáfora do *roubo* empregada pelo estudante BG1 na sua fala sobre Potencial de Ionização, usada para exemplificar o fenômeno e facilitar a compreensão pelos seus colegas.

BG1: “[...] vamos supor, tá... ele tem trinta e sete elétrons, veio um outro átomo e roubou... roubou um deles, esse elétron ele é negativo, como o número de elétrons é o mesmo tanto do número de prótons no núcleo, ele vai perder um elétron e vai ficar... [confere na lousa] com 37 prótons... e o próton é positivo, daí ele vai ficar positivo porque 37 menos 36 vai ficar um [refere-se à carga], ou seja, vai ficar positivo.”.

Embora o emprego de metáforas possa ser uma alternativa usada para driblar os detalhes quanto à origem e à natureza dos fenômenos, nesta atividade a metáfora foi utilizada como um reforço dos argumentos logo após a explicação. Outra observação que também nos parece particularmente interessante, é a descrição do raciocínio utilizado por BG1 para encontrar a carga do íon formado.

O estudante ET1 também recorre espontaneamente a uma analogia, utilizando a *invasão do espaço pessoal* como um exemplo, durante a explicação da Repulsão Intereletrônica.

ET1: “[...] eles não ficam juntos assim, tipo eu e a FA1 aqui [fica de frente à colega e afasta-se]. É ruim quando isso acontece, você vai colocar um perto do outro e não consegue, ele vai... ele vai [sic] empurrando um ao outro e vai [sic] indo mais longe [afasta-se].”.

Embora haja riscos de extrapolações inadequadas como em toda analogia, essa escolhida por ET1 exprime bem a noção de repulsão intereletrônica pela dificuldade que há na aproximação entre dois elétrons, mas ao mesmo tempo não exclui esta possibilidade, assim como acontece no análogo: mesmo que seja desconfortável a aproximação excessiva entre duas pessoas, na qual uma invade o espaço pessoal da outra, ainda assim ela é possível, como num ônibus lotado ou, até desejável entre um casal de namorados, por exemplo.

Na apresentação sobre Eletronegatividade, o estudante GV2 utilizou a relação analógica da *blindagem* para explicar Carga Nuclear Efetiva (Z_{ef}):

GV2: “A blindagem é uma espécie de tipo... que... de blindagem, né? Então assim: ele [a blindagem] vai impedir, não que ele vai impedir, ele vai diminuir a força de elétrons que estão aqui na última camada de entrar... de entrar nessa outras camadas que estão aqui dentro [aponta um desenho do nível eletrônico interno do átomo].”.

Justificamos a inclusão dessa RA em nossa análise porque, embora a palavra *blindagem* já tenha sido incorporada à linguagem científica para explicar a atenuação da carga nuclear pelos elétrons internos, ela deriva de *blindar* que é de origem indo-europeia e significava *tornar algo indistinto* ou *confuso*, e era empregada principalmente no meio militar para designar pessoa ou veículo que pudesse se deslocar sem ser visto pelo inimigo. Assim, o uso da expressão *blindagem eletrônica*, não deixa de ser uma metáfora que compara o núcleo de um átomo com os veículos militares que eram ocultados do inimigo.

Na fala de GV2 é perceptível que, embora a expressão tenha sido empregada adequadamente, ele encontrou dificuldades ao explicá-la, porque na linguagem cotidiana *blindagem* é constantemente associada com revestimento ou proteção (DICIONÁRIO UNIVERSAL, 2013), cujo sentido é diferente daquele empregado na expressão *blindagem eletrônica*, o qual se assemelha mais a uma

camuflagem. Como não fica claro o que os elétrons estão “protegendo”, surgem essas dificuldades.

O estudante JK1 usa a expressão *camada de elétrons* que também é uma relação analógica que muitas vezes passa despercebida, devido seu uso bastante corriqueiro no Ensino de Química. No entanto, essa expressão é empregada no Modelo Atômico de Rutherford-Bohr e como tal, também é uma relação analógica.

Conforme já discutimos no Capítulo 1, os modelos também são comparações explícitas assim como as analogias e, diferem destas apenas porque nos modelos o alvo é comparado com uma imagem ou objeto, enquanto que nas analogias a comparação é essencialmente descritiva.

Como em todas as relações analógicas, a compreensão desse Modelo Atômico requer que se distinga bem o domínio alvo do seu respectivo análogo, assim como o limite das similaridades válidas entre ambos. O estudante JK1 demonstrou essas preocupações ao fazer o comentário abaixo:

JK1: “[...] não é uma camada, tipo uma coisa estrutural definida [faz um semicírculo com o dedo indicador], é só os... os elétrons [gesticulando] geralmente ficam mais... na região onde há uma maior chance deles estarem.”.

Observamos que JK1 tem consciência de que se trata de um modelo quando diz que a *camada eletrônica* não é “**uma coisa estrutural definida**” e a seguir ensaia uma descrição do Modelo Quântico ao fazer referência aos *orbitais eletrônicos*: “**região onde há uma maior chance deles (os elétrons) estarem**”.

Uma camada bem definida, provavelmente é a primeira ideia que os estudantes têm quando estudam o Modelo de Rutherford-Bohr, já que o significado usual da palavra *camada* é o de uma porção de coisas estendidas sobre uma superfície (DICIONÁRIO UNIVERSAL, 2013). Assim, embora seja muito comum o uso da expressão *camada eletrônica*, lembramos que ela nem sempre é devidamente tratada como um modelo e, em geral, esquece-se que ela é válida somente nos casos em que o Modelo de Rutherford-Bohr é suficiente para a sua descrição.

O mesmo estudante, JK1, ainda recorre a outra analogia para explicar a variação na intensidade da atração elétron-núcleo com a distância: “**É... tipo, como se fosse um ímã, quanto mais perto você tá, mais...** [junta os dedos indicadores]”.

Mesmo que o estudante não tenha dado mais detalhes sobre as similaridades entre o domínio alvo e o análogo, essa analogia citada espontaneamente comunica bem a ideia de que a intensidade da atração entre o elétron e o núcleo do átomo diminui com a distância, assim como ocorre nos ímãs.

A analogia possui algumas limitações, como exemplo, alguns fatores como a *blindagem eletrônica* que não são considerados, porém, a analogia nos parece bem simples e de fácil compreensão, embora não se possam descartar possíveis dificuldades apresentadas para um estudante que nunca tenha manipulado ímãs.

Uma terceira RA citada pelo estudante JK1 foi a analogia da *galáxia* para explicar a Tabela Periódica proposta por Philip Stewart: **“Essa aqui é chamada Tabela Galáxia, que ele [sic] faz em forma de espiral, seguindo a ordem que é o número atômico dos elementos.”** Nesta analogia, como nas outras acima, também percebemos que o atributo explorado está de acordo com a comparação realizada pelos livros didáticos.

Nesta atividade ocorreram 14 apresentações com duração entre 10 e 15 minutos cada uma e, como podemos ver pela Tabela 17, apresentada acima, nós identificamos apenas cinco relações analógicas, incluindo as duas espontâneas, totalizando apenas sete citações. Comparando com a atividade A4, percebemos que a quantidade foi exatamente a mesma, porém, na anterior as apresentações foram menos aprofundadas e bem mais rápidas, com duração de no máximo cinco minutos cada uma.

Constatamos que nesta atividade os estudantes recorreram às relações analógicas por três motivos diferentes: quando houve dificuldade com o uso da linguagem científica; quando a RA já faz parte da linguagem científica e; para garantir a compreensão dos colegas.

Como exemplo de uso para suprir as dificuldades com a linguagem científica, nós temos a metáfora do *roubo* e a analogia da *invasão do espaço pessoal*. No caso de RA incorporada à linguagem científica, temos a metáfora da *blindagem eletrônica*, e da *camada* de elétrons. Por fim, temos o caso da analogia do *ímã*, como exemplo de uso de RA para facilitar a compreensão dos colegas.

Portanto, assim como na atividade anterior, constatamos que os estudantes fizeram o uso apropriado da linguagem e estabeleceram comparações adequadas entre os análogos e os assuntos estudados, de modo que podemos afirmar que as

apresentações realizadas foram 100% satisfatórias, descontando apenas alguns deslizes menores que não comprometem a elaboração de significados.

4.2.7 O uso das relações analógicas na atividade A6

Esta atividade, conforme já apresentamos na seção 3.1.6, foi realizada no laboratório de química e envolveu a discussão de um texto sobre as contribuições de Lavoisier para o estudo dos elementos químicos e a realização de um experimento de eletrólise da água.

Após a leitura do texto fornecido, os estudantes acompanharam a montagem do experimento e a discussão feita pelo professor, a qual durou pouco mais de dez minutos. No entanto, nós apresentamos aqui apenas alguns trechos da fala do professor considerados mais importantes para a análise desta atividade. Assim, também não reproduzimos as conversas que se seguiram à discussão do experimento, as quais não só versaram sobre este, mas também sobre diversos outros assuntos correlatos e, que fogem ao interesse deste trabalho.

Inicialmente, o professor recorda com os estudantes a discussão ocorrida na primeira aula do bimestre, sobre a teoria dos Quatro Elementos, a qual seria contestada, por Lavoisier:

PROFESSOR: “Vocês lembram... como que os gregos explicavam a matéria?”.

ESTUDANTES: “Terra, Água, Fogo e Ar.”.

O professor busca resgatar as informações de aulas anteriores, questionando os estudantes para se certificar de que eles se recordam daquelas discussões. Os estudantes se lembram dos quatro elementos e o professor prossegue:

PROFESSOR: “[...] eles imaginavam que toda a matéria que a gente conhece... era formada pela união desses quatro elementos [...] Lavoisier começou a contestar isso [...] ele chegou à conclusão de que não existia apenas um tipo de substância no ar. [...] Então, ele vai falar de vários ares diferentes...”.

Ele introduz o assunto novo, sobre os trabalhos de pesquisa de Lavoisier e usa o recurso da narração para apresentar aos estudantes exemplos de situações que já eram conhecidas daquela época e que poderiam ter contribuído para que os cientistas se dessem conta da existência dos *diferentes ares*.

PROFESSOR: “[...] os mineiros lá, que vão extrair... o carvão, [...] eles levavam sempre alguns... é... pássaros, porque a hora que os pássaros morriam... significava que tinha... que o ar já estava impróprio para eles respirarem e eles saíam antes que eles morressem também. [...] às vezes [...] percebiam isso porque as lamparinas se apagavam...”.

O professor não chega a comentar sobre as diferentes interpretações sobre o fenômeno da combustão que levaram à teoria do flogisto, concentra-se apenas na interpretação lavoisierana de que o ar não podia ser um elemento, mas sim uma mistura de substâncias diferentes. Porém, o papel de outros cientistas também é lembrado:

PROFESSOR: “[...] um cientista inglês conhecido [Priestley] e, fala um pouquinho dele aqui [mostra o texto], fez alguns estudos sobre o oxigênio [...] [Lavoisier] sugeriu então o nome desse elemento químico. [...] descobriu-se depois que a Água e o Ar que eram considerados como elementos químicos, eram formados por vários desses elementos químicos.”.

Assim como nos trechos anteriores, no fragmento acima, o professor recupera informações do texto e das discussões já realizadas em sala de aula e depois se volta para o experimento de decomposição da água que foi um dos argumentos usados para contestar a teoria dos Quatro Elementos:

PROFESSOR: “Quem lembra o experimento que Lavoisier fez?”.

ESTUDANTE 1: “Sobre os elementos...”.

MJ1: “Ah, ele... tirou, é... transformou a água em vapor depois colocou, é... fez a segunda vez para descontar a água... é... alguma coisa assim.”.

Percebemos que os estudantes, quando questionados pelo professor, têm dificuldade para descrever o experimento da decomposição da água. O estudante 1 lembra-se apenas que foi sobre os elementos, o que parece óbvio e, MJ1 consegue se lembrar que Lavoisier usou vapor de água, mas as suas ideias não são claras.

Diante da dificuldade dos estudantes o professor explica o experimento e continua questionando os estudantes:

PROFESSOR: “[...] ele fez o vapor de água passar sobre o ferro aquecido, né? E aí, ele conseguiu decompor as moléculas de água. Qual é a fórmula da água?”.

ESTUDANTE 2: “H₂O.”.

PROFESSOR: “[...] a gente conhece a fórmula da água hoje, mas até essa época aí, ainda não se conhecia. [...] Quando esse vapor de água [...] passava sobre o metal aquecido, acontecia a decomposição da água, ou seja, quebrava a ligação química separando hidrogênios e oxigênios. Então, a molécula de água formava dois gases diferentes.”

O professor descreve o experimento de forma simplificada, afirmando que ocorria a formação de dois gases diferentes, embora, no experimento original apenas o hidrogênio fosse liberado, enquanto que o oxigênio reagia com o ferro formando um óxido.

Na sequência ele apresenta as conclusões de Lavoisier sobre o experimento:

PROFESSOR: “Então, o que Lavoisier disse? Que a água não era um elemento químico como os gregos acreditavam e sim, que era formada por elementos químicos por ele chamados de... hidrogênio e oxigênio. Para provar isso, ele pegou os gases resultantes da decomposição, juntou esses gases de novo, misturou os gases e, com uma faísca elétrica ele produziu a queima desse gás, a explosão desse gás. O que formou quando queimou o gás?”

ESTUDANTE 3: “Água!”

PROFESSOR: “Formou água de novo!”

Dada a explicação acima, o professor faz uma comparação do experimento realizado por Lavoisier com a eletrólise da água. Nessa analogia ele esclarece os estudantes de que a eletrólise da água não foi o experimento realizado por Lavoisier, mas que funciona de modo semelhante, provocando também, a decomposição da água.

PROFESSOR: “Na eletrólise da água [...] está acontecendo a mesma coisa que Lavoisier fez, só que ao invés de usar o ferro aquecido, nós estamos usando aqui... a eletricidade. [...] fazendo com que as ligações químicas entre hidrogênio e oxigênio sejam quebradas, e está decompondo as moléculas produzindo os gases.”

O professor chama a atenção dos estudantes para as diferenças e as semelhanças entre os dois experimentos, enfatizando a quebra das ligações químicas, na molécula de água. A seguir, o professor levanta várias questões para auxiliá-los na identificação dos gases presentes em cada um dos tubos de ensaio:

PROFESSOR: “O que tem mais gás aqui dentro, é o que tem hidrogênio ou o que tem oxigênio? São quantos átomos de hidrogênio na molécula de água? [...] Num dos tubos, a quantidade de gás liberado foi bem maior do que outro... olha! Este aqui tem só um pouquinho de gás e esse tem bastante gás. Qual deles tem hidrogênio?”

Ele tenta fazer os estudantes acompanharem o seu raciocínio fazendo várias perguntas, mas os estudantes parecem pensativos. Um deles se arrisca, mas não conclui sua resposta e, só depois da insistência do professor é que os estudantes chegam a uma conclusão:

FN1: “O hidrogênio é o que tem...”.

PROFESSOR: “Tem mais ou tem menos?”.

ESTUDANTES: “Mais!”.

PROFESSOR: “É o que tem mais! [...] são dois átomos de hidrogênio para cada um de oxigênio.”.

Embora o experimento realizado não seja o mesmo de Lavoisier, os resultados levam à mesma conclusão que chegou Lavoisier quando afirmou que a água é formada por dois elementos diferentes:

PROFESSOR: “Se a gente pegar os dois gases, o hidrogênio e oxigênio e juntar eles, provocar uma reação química, ou seja, uma faísca elétrica, por exemplo, ou um palito de fósforo... vai queimar e vai formar água de volta.”.

Depois das conclusões acima, o professor procedeu à identificação dos gases, aproximando um palito de fósforo aceso do tubo contendo hidrogênio, o qual se inflamou instantaneamente produzindo um estampido. No outro tubo foi aproximado um palito em brasa, observando-se um rápido avivamento da chama, provocado pela alta concentração de gás oxigênio.

Quando nos detemos um pouco mais na interação do professor com os estudantes, podemos perceber a dimensão dialógica com que os significados são elaborados em sala de aula, não apenas nas perguntas e respostas trocadas, mas sob uma perspectiva bakhtiniana, que reconhece o papel das inúmeras vozes constitutivas do discurso. Conforme esclarece Brait (2007, p.69), esse “entrelaçamento de discursos” se dá “nas e pelas interações entre sujeitos”:

[...] o dialogismo diz respeito ao permanente diálogo, nem sempre simétrico e harmonioso, existente entre os diferentes discursos que configuram uma comunidade, uma cultura, uma sociedade. É nesse sentido que podemos interpretar o dialogismo como o elemento que instaura a constitutiva natureza interdiscursiva da linguagem. (BRAIT, 2007, p. 69).

Nessa perspectiva, algumas vozes são mais explícitas e identificáveis que outras, como por exemplo, os discursos apresentados pelos textos utilizados, os quais dão voz aos filósofos e cientistas mencionados em cada um dos enunciados, mas que também carregam a visão de mundo de seus autores. Do ponto de vista do estudante e do professor, também há muitas vozes em diálogo, que depende do

meio cultural em que vivem e da formação de cada um. Essa polifonia da linguagem se manifesta, implícita ou explicitamente, na sala de aula e é daí que emerge a compreensão dos estudantes.

Conforme discutimos na seção 2.2, numa perspectiva bakhtiniana, a compreensão articula-se em três atos, sendo que os dois primeiros são a percepção e o reconhecimento dos signos linguísticos que exigem que os estudantes compreendam o potencial de significação destes em sua língua. O terceiro é a compreensão dialógica ativa que depende de um contexto específico e requer que se forme um juízo de valor sobre o conhecimento novo, a partir de um ponto de vista pessoal, embora este também possa vir a ser modificado pelo próprio ato da compreensão.

Portanto, nesta atividade os estudantes precisam primeiro compreender os significados gerais das palavras e demais signos envolvidos. Porém, a compreensão só se dá efetivamente quando essa compreensão “primária” é confrontada com o seu contexto dialógico, o estudo dos elementos químicos, por exemplo, do qual emerge a significação, produzindo um sentido ao discurso. Nesse processo, as ideias pessoais, que por sua vez resultam de um constante diálogo com outras ideias, podem entrar em conflito ou se aliarem ao conhecimento novo, resultando num julgamento pessoal que vai determinar se o novo será aceito ou não, constituindo um novo repertório para o estudante.

Como conclusão desta atividade, os estudantes receberam uma última questão para ser discutida e respondida em equipe, a qual nós apresentamos aqui abaixo:

(1) Qual foi a contribuição de Lavoisier para a compreensão dos elementos químicos?

Essa questão cumpriu o papel de resumir as discussões realizadas e ao mesmo tempo nos forneceu subsídios para uma avaliação da atividade. A seguir, nós apresentamos alguns fragmentos das respostas obtidas e que são indicativos da compreensão dos estudantes sobre as contribuições de Lavoisier para o estudo dos elementos químicos.

Em resposta à questão, a equipe ENT1 reconhece a importância dos experimentos realizados por Lavoisier para a refutação da concepção grega:

ENT1: “Lavoisier realizou experimentos que provaram que a concepção grega dos quatro elementos (ar, água, terra, fogo) era errada, e que estes eram formados por outras substâncias, os elementos químicos. A partir de então, por causa do que foi dito por Lavoisier, foram realizadas pesquisas e experimentos para entender os elementos químicos, dando início à Química.”.

Também podemos perceber no enunciado acima, que a equipe entende que as conclusões de Lavoisier levaram a novas pesquisas sobre os elementos, possibilitando o desenvolvimento da Química. Porém, embora se possa afirmar que o trabalho de Lavoisier contribuiu para uma reestruturação da Química, a afirmação de que seu trabalho deu “início à Química”, certamente é exagerada e desconsidera o trabalho de outros cientistas. No entanto, essa afirmação demonstra bem o caráter polifônico na constituição dos enunciados, refletindo o discurso de grande parte dos livros didáticos que, segundo Vidal, Cheloni e Porto (2007), rotulam Lavoisier como o “Pai da Química”.

Assim como a equipe acima, as outras também apontam o papel de Lavoisier na refutação da teoria dos Quatro Elementos:

ETM1: Ele, através [*sic*] de experiências e experimentos conseguiu provar que o oxigênio e a água não eram somente 1 elemento. Mas sim uma junção de outros. Contribuindo assim para o aumento [*sic*] de outros elementos na tabela.

Talvez, pelas dificuldades com o uso da linguagem, e com a gramática, a equipe ETM1 não fornece maiores detalhes sobre suas conclusões. Assim, deixam em dúvida sobre o que se referem por “experiências e experimentos”. Poderíamos imaginar que é uma alusão às experiências vividas pelo cientista e aos experimentos realizados, respectivamente, porém, isso é apenas especulação, já que não há subsídios para essa análise.

A equipe ELT1 aponta a refutação da concepção grega e as contribuições de Lavoisier para uma nova nomenclatura química:

ELT1: “Ele contribuiu ao dar nome aos elementos e um elemento não é feito por um só elemento, ex: água é feita por oxigênio e hidrogênio.”.

Os estudantes demonstram uma apropriação parcial da linguagem quando explicam as conclusões de Lavoisier, no entanto, não se expressam de acordo com esta concepção quando afirmam que “um elemento não é feito por um só elemento”. Isso é uma característica da dificuldade com o uso da linguagem científica. Os estudantes conseguem perceber as diferenças entre uma concepção e outra, mas o

seu conhecimento da linguagem não é suficiente para que eles possam se expressar apropriadamente. A transição entre os diferentes jogos de linguagem exige o conhecimento e a aceitação das novas regras.

Eles afirmam que a água é formada por dois elementos químicos diferentes e, sendo assim não poderiam mais trata-la como elemento, tal como acontecia na concepção grega, mas parece que eles não percebem a contradição. Também, não se dão conta de que as expressões “não é feito” e “é feita” passam uma ideia de artificialidade e, por isso, são inadequadas na linguagem científica, para se referir à composição das substâncias.

A equipe EEN1, que também demonstra dificuldades com o uso da linguagem e da gramática, aponta como contribuições de Lavoisier a introdução de métodos quantitativos e o desenvolvimento de uma nova nomenclatura na química:

EEN1: “Ele resolveu uns estudos e contificou [*sic*] tudo na química explicando seus experimentos e definiu o que eram os fenômenos. Ele também criou algumas nomenclaturas da química orgânica.”.

O enunciado expressa uma ideia muito vaga sobre as contribuições de Lavoisier e com poucos detalhes sobre as afirmações realizadas, deixando evidente a dificuldade com o uso da linguagem. As expressões, “resolveu uns estudos”, “quantificou tudo”, “definiu o que eram os fenômenos” e, “criou algumas nomenclaturas”, assemelham-se com artifícios usados pelos estudantes para camuflar deficiências na aprendizagem, embora também possam indicar pressa e falta de atenção.

Lembramos que nesta atividade foram abordados os estudos sobre o fenômeno da combustão, as conclusões sobre os elementos químicos e a organização de uma nomenclatura na química. Mas, não foram mencionados os métodos quantitativos introduzidos por Lavoisier, os quais foram citados pela equipe EEN1. No entanto, como esse assunto é bastante difundido e, abordado praticamente por todos os livros didáticos de química, é provável que já fosse do conhecimento dos estudantes, mesmo antes desta atividade.

Portanto, nos fragmentos analisados acima, é possível perceber a dialogicidade que ocorre em sala de aula, onde os diferentes discursos, do professor, dos estudantes, dos livros didáticos e inúmeros outros, dialogam e se contrapõem, uns aos outros, numa disputa pelo significado de cada signo empregado.

Quanto ao uso de relações analógicas pelos estudantes, nós identificamos apenas o uso da metáfora da *descoberta* na resposta dada por uma das equipes:

EPG1: “Com a descoberta do oxigênio obteve-se incentivo [*sic*] para mais pesquisas, isso gerou descobertas de mais elementos. [...] com pesquisas sobre o fenômeno da combustão, a química percebeu que as coisas não são feitas só de 4 elementos, água, terra, ar e fogo, mas os 4 elementos são formados de mais elementos.”.

A primeira frase da resposta parece refletir uma visão empírico-indutivista da Ciência, porém, se analisamos todo o contexto, encontramos outros elementos que dão indícios de que o uso da metáfora se dá num sentido mais amplo. Um desses indícios é a afirmação de que “obteve-se incentivo para mais pesquisas”, na qual entendemos que por *incentivo* os estudantes estivessem se referindo à motivação dos cientistas, o segundo indício a que nos referimos, é a citação das pesquisas sobre o fenômeno da combustão. Ambas as afirmações expressam a compreensão de um processo ativo que envolve trabalho e disciplina. Portanto, analisando o uso que a equipe EPG1 faz da metáfora, entendemos que este se aproxima de uma visão da Ciência como produção humana, que reconhece o desenvolvimento científico como consequência de um trabalho de investigação e não apenas como resultado de *descobertas* ou *achados* ao acaso.

Considerando que as outras equipes se expressaram de modo semelhante à EPG1, podemos comparar esses resultados com aqueles encontrados na atividade A1B, na qual todos os estudantes expressavam o desenvolvimento científico como resultado de *descobertas* ou *achados* ao acaso. Sendo assim, consideramos que, de modo geral, houve uma ampliação da compreensão dos estudantes sobre o processo de desenvolvimento científico, que não mais se restringe à visão empírico-indutivista.

Das 14 equipes participantes desta atividade, apenas a EEN1 teve maiores dificuldades com o uso da linguagem de modo a comprometer mais seriamente as respostas dadas, sendo assim, podemos afirmar que 93% das respostas obtidas são consideradas satisfatórias, conforme apresentado no Gráfico 17, a seguir.

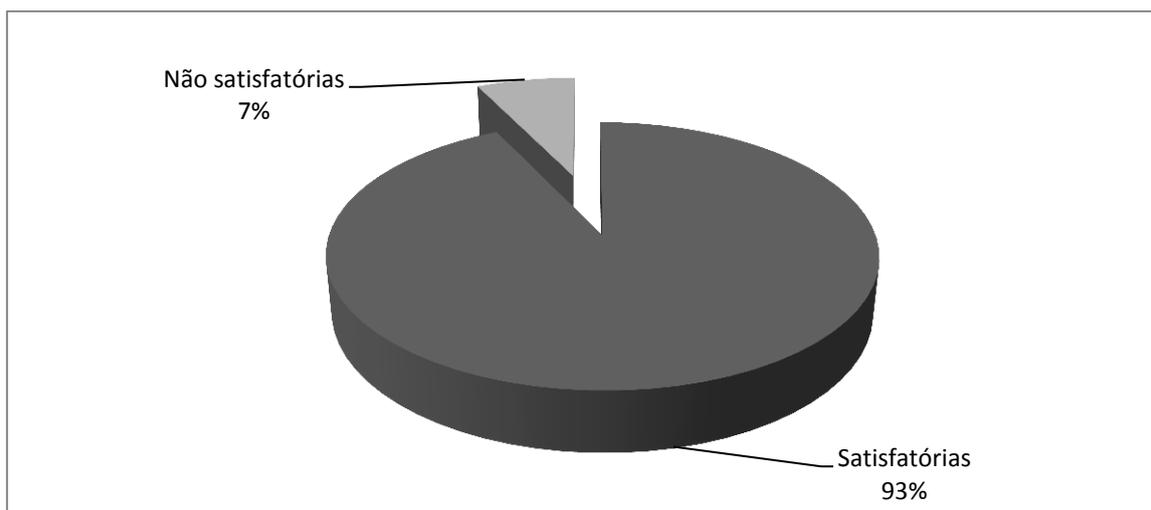


GRÁFICO 17 – CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ESTUDANTES À QUESTÃO 1 (A6)

NOTA: Na maioria dos casos os estudantes utilizaram a linguagem de modo apropriado e fizeram as correlações adequadas entre os análogos e os alvos estudados.

Nesta última atividade pudemos perceber que os estudantes conseguiram se expressar utilizando a linguagem de forma apropriada e sem nenhuma dependência das relações analógicas utilizadas ao longo do bimestre, o que confirma nosso pressuposto de que quando se dá uma maior atenção à linguagem utilizada na sala de aula, a elaboração de significados é facilitada e as relações analógicas funcionam como mediadoras deste processo, sem substituírem o conhecimento científico.

4.3 APROPRIAÇÃO DA LINGUAGEM E ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS

Percebemos nas atividades discutidas acima, que as relações analógicas são utilizadas nos enunciados dos estudantes como um recurso para suprir as suas dificuldades com o uso da linguagem científica ou para facilitar a apresentação de suas concepções aos colegas. Esta constatação corrobora com a nossa hipótese de que as RAs exercem a função de aproximar as linguagens cotidiana e científica, facilitando a inserção do estudante em novos *jogos de linguagem*.

Em todas as atividades realizadas as discussões giraram em torno dos elementos químicos, e sua organização na Tabela Periódica, de acordo com as respectivas propriedades químicas e físicas. Assim, os alvos principais das relações analógicas empregadas pelos livros didáticos, conforme já discutimos na seção 4.2, foram *periodicidade*, *Tabela Periódica* e *elementos químicos*. Conforme o esperado, esses mesmos alvos também foram prioritários nas RAs utilizadas pelos os estudantes nas atividades A1(A e B), A2 e A3. Porém, como demonstra a Tabela 24, nas atividades A4, A5 e A6, esses assuntos deixaram de receber citações de relações analógicas e, surgiram citações de RAs para outros alvos, como a *ionização* e a *atenuação de carga nuclear*, que não apareceram nas primeiras atividades.

TABELA 24 – QUANTIDADE DE RELAÇÕES ANALÓGICAS CITADAS PELOS ESTUDANTES EM CADA UMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS

ATIVIDADE	ASSUNTO	TIPO DE APRESENTAÇÃO	ALVOS	CIT. DE RA'S POR ALVO	TOTAL DE CIT.
A1	Elementos químicos	Escrita (individual)	• Ligações químicas	2	45
			• Átomos e elementos químicos	9	
			• Atração e repulsão intereletrônica	6	
			• A Ciência	28	

ATIVIDADE	ASSUNTO	TIPO DE APRESENTAÇÃO	ALVOS	CIT. DE RA'S POR ALVO	TOTAL DE CIT.
A2	Elementos químicos	Escrita (equipe)	• Transformações químicas	12	12
A3	Tabela Periódica	Escrita (individual)	• Grupos de elementos	1	10
			• Tabela Periódica	1	
			• Periodicidade	4	
A4	Organização da TP e Propriedades Periódicas	Apresentação oral (equipe)	• Átomos e elementos químicos	4	7
			• Elementos do Grupo 18	5	
A5	Propriedades Periódicas	Apresentação oral (equipe)	• Grupos de elementos	2	8
			• Ionização	1	
			• Repulsão intereletrônica	1	
			• Atenuação de carga nuclear	2	
			• Distribuição da carga eletrônica	2	
• Atração elétron-núcleo	1				
• Tabela Periódica	1				
A6	Lavoisier e a concepção de elementos químicos	Escrita (equipe)	• A Ciência	1	1

FONTE: O autor (2014)

NOTA: A tabela apresenta a quantidade de relações analógicas citadas pelos estudantes em cada uma das atividades realizadas, bem como, o assunto estudado e os alvos principais em cada uma destas, evidenciando uma diminuição no uso das RAs entre as primeiras e as últimas atividades.

A escolha dos alvos principais para o emprego das RAs pelos livros didáticos reflete a importância de cada um dos assuntos estudados em cada atividade, o que justificaria a mudança dos alvos nas atividades A5 e A6, cujos assuntos tornaram-se mais específicos, ao discutirem as propriedades periódicas em maiores detalhes. Assim, dos três alvos que foram prioritários nas atividades anteriores, notamos que apenas *Tabela Periódica* recebeu uma citação de RA, enquanto que os demais não receberam nenhuma, embora estes assuntos

continuassem envolvidos no contexto das atividades. Isso nos leva a crer que tais relações analógicas se tornaram desnecessárias neste estágio da aprendizagem.

Comparando o uso que os estudantes fazem das RAs em cada uma das atividades, percebemos que a sua frequência diminui à medida que os conteúdos abordados vão se tornando mais familiares e, a linguagem utilizada por eles torna-se mais próxima da linguagem científica. Este fato sugere que a aprendizagem atingiu outro nível, no qual o estudante não é mais dependente das relações analógicas para expressar suas ideias. É o que verificamos na atividade A5, quando eles se utilizam das RAs apenas nas situações em que estas já fazem parte da linguagem científica, como “blindagem” e “camada eletrônica”, por exemplo, ou quando queriam garantir que seriam compreendidos pelos colegas, como no caso das analogias espontâneas com o “ímã”, “roubo” e a “invasão do espaço pessoal”. Portanto, as RAs parecem cumprir o seu papel de mediadoras no processo de aprendizagem, sendo utilizadas quando necessárias, mas sem substituírem o conhecimento científico, o que é um dos temores expressos na epistemologia bachelardiana.

Consideramos que noção de obstáculo epistemológico representa uma importante contribuição ao Ensino de Ciências ao discutir as dificuldades que se apresentam na evolução do conhecimento. Porém, o processo de abstração, como é entendido na concepção bachelardiana, é muito idealizado, buscando uma pureza lógica que é impossível de ser alcançada, devido às características do pensamento e da linguagem humana. Bachelard considera que todo saber instalado pode exercer resistência contra o novo, afirmando que a cultura científica deve começar por uma “catarse intelectual e afetiva”, no sentido de desconstruir o conhecimento empírico que é baseado nos sentidos e na opinião, para construir um conhecimento científico genuíno assentado na razão e na abstração. No entanto, considerando que, sob uma perspectiva vigostskiana, a elaboração do conhecimento é um fenômeno social que se produz na interação entre os sujeitos e por intermédio da linguagem, essa pureza abstrata almejada na concepção bachelardiana, jamais poderá ser alcançada no Ensino de Ciências, ficando evidente a necessidade de um melhor entendimento do funcionamento da linguagem para a compreensão desse processo.

Nas concepções bakhtiniana e wittgensteiniana, a linguagem deve ser entendida nas situações concretas que se produzem em sua prática cotidiana, porque seu sentido é definido pelas circunstâncias, como a intenção e a entonação, entre outros fatores. Isso também implica que o conhecimento não pode ser

simplesmente *transferido* de um indivíduo a outro porque a sua aquisição passa por um processo de elaboração de significados que exige uma tomada de posição frente aos enunciados proferidos. Portanto, a resistência contra o conhecimento novo, discutida na epistemologia bachelardiana, ocorre porque a aprendizagem é um processo ativo que envolve fatores emocionais e depende da vontade daquele que aprende. Desta forma, é difícil para o sujeito que sempre usou determinada concepção para entender o mundo, e a si mesmo, num determinado momento passar a negá-la em favor de uma concepção nova. Além de mexer com a vaidade, o dispêndio de energia para reinterpretar o mundo sob uma nova perspectiva pode ser extremamente oneroso, fazendo com que o sujeito continue utilizando as concepções anteriores, mesmo que isso se dê de um modo inconsciente.

Bachelard considera que as concepções anteriores são preconceitos que entravam o conhecimento e, por isso, são obstáculos que devem ser ultrapassados para que o conhecimento avance. No entanto, Bachelard também admite que as experiências anteriores e as diferentes raízes culturais sempre vão exercer influência no pensamento de um indivíduo, determinando o seu *perfil epistemológico*, o qual é formado por zonas que vão do *realismo* e do *empirismo* aos diferentes níveis de *racionalismo* (*clássico, moderno e contemporâneo*), cada uma representando um grau diferente de complexidade e abstração.

Em sua crítica à concepção empírico-positivista da Ciência, Bachelard introduz a noção de ruptura no conhecimento científico e por isso, entende que o uso de analogias e metáforas pode dificultar a percepção da descontinuidade entre conhecimento comum e o conhecimento científico. Segundo ele, o encantamento causado pelas as imagens, pelo concreto e pelo natural, coloca a experiência acima da crítica, oferecendo uma satisfação imediata à curiosidade, acabando por substituir o conhecimento abstrato pela admiração, o que seria um entrave à evolução do conhecimento. Apesar disso, Bachelard admite que os entraves não sejam causados apenas pelo o uso das relações analógicas, mas sejam comuns a todo conhecimento.

A análise das atividades realizadas também nos permitiu constatar que a eficiência com que os estudantes usam as RAs aumenta na medida em que as atividades vão sendo desenvolvidas. Assim, se compararmos os usos apropriados das RAs nas atividades A1A, A1B e A2 cujas eficiências foram relativamente baixas, com as atividades A3 com eficiências relativamente médias, e as atividades A4 e A5

com eficiência total (100%), nós veremos que há um aumento progressivo e consistente, com exceções em A1A e a última questão de A3. Portanto, reconhecemos a importância das relações analógicas e consideramos que o Ensino de Ciências seria impraticável sem o uso dos modelos, metáforas e analogias. No entanto, o uso não deve ter um fim em si mesmo, devendo apenas ser o meio para se atingir o objetivo principal que é a compreensão dos conteúdos alvos. Em outras palavras, as RAs não devem substituir o conhecimento científico, mas atuarem como facilitadoras do processo de aprendizagem.

Em relação aos modelos de ensino com analogias como o TWA e os demais apresentados, consideramos que eles apresentam importantes direcionamentos que auxiliam na percepção das dificuldades de compreensão das relações analógicas, porém, a quantidade de etapas a serem seguidas pelo professor, demanda muito tempo de uma aula, o que se torna muito oneroso para o Ensino de Ciências, em especial o de Química que, no Ensino Médio já conta com uma carga horária bastante reduzida. Neste trabalho, por exemplo, nós identificamos 27 RAs utilizadas apenas para o estudo da Classificação e das Propriedades Periódicas, num único bimestre, sendo possível que se utilize uma quantidade muito maior para assuntos mais complexos. Considerando que na maioria dos colégios cada bimestre tem pouco mais de 20 horas-aula, trabalha-se mais de uma RA por aula. Talvez esse seja um dos motivos para que tais modelos tenham tão baixa adesão dos professores de Ciências.

Outro ponto a ser considerado é que mesmo que se tomem todos os cuidados propostos por essas metodologias, elas não garantem que os estudantes compreendam adequadamente os conteúdos abordados. No entanto, não consideramos isso como uma falha das RAs, mas como uma característica da linguagem, cuja elaboração de significados é dependente do contexto e das suas formas de uso, o que exige que se lhe dê uma atenção integral.

O modelo TWA e os demais que se inspiram nele baseiam-se numa concepção mentalista de aprendizagem que, sob a perspectiva de linguagem adotada neste trabalho, é considerada excessivamente idealizada porque pressupõe a elaboração de modelos mentais como uma representação do mundo real ou dos diferentes objetos em estudo. Ainda que assumíssemos a validade destes pressupostos, a elaboração dos modelos mentais não prescindiria da linguagem, de modo que não poderia resultar em modelos tão idealizados.

Entendemos que a principal contribuição da linguagem para o uso de relações analógicas no Ensino de Ciências é provocar uma mudança de postura frente às dificuldades apresentadas, aceitando-as como parte do processo. O que implica em perceber que as palavras não têm significados prontos, apenas um potencial de significação que é definido pelo seu uso em determinado contexto. Segundo Wittgenstein (2008), a linguagem não possui uma lógica matemática, mas conjuntos de regras aplicáveis de acordo com o contexto e, por isso, ela se assemelha aos jogos que possuem cada um as suas próprias regras. Assumindo essa perspectiva, a aprendizagem também pode ser entendida como a prática de diferentes jogos de linguagem, de modo que aprender compreende entender as regras e exercitar os diferentes jogos de linguagem.

Outra importante contribuição da linguagem tem origem na concepção bakhtiniana, segundo a qual, a compreensão é um processo ativo que exige o posicionamento do sujeito diante do discurso do seu interlocutor. Sendo assim, fica evidente que a produção de sentidos na aprendizagem se dá por um processo dialógico, no qual a linguagem ocupa um papel central e, portanto, não pode ser ignorada por nenhuma metodologia que se ocupe do aprendizado de Ciências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que durante a execução deste trabalho as atividades foram realizadas de modo a proporcionar aos estudantes um espaço de interação e de intenso diálogo conforme a proposta apresentada, o resultado da aprendizagem foi muito satisfatório. Assim, nossos dados apoiam a concepção de que quando se dá uma maior atenção à linguagem, permitindo que os estudantes interajam e se expressem mais sobre os conteúdos estudados, sobretudo oralmente, o temor de que as analogias e metáforas substituam o conhecimento científico não se concretiza, porque à medida que os estudantes elaboram melhor os significados dos conteúdos estudados, eles vão abandonando o uso das relações analógicas e passam a utilizar um discurso mais próximo da linguagem científica.

Assim, entendemos que não são as relações analógicas utilizadas que causam os “obstáculos epistemológicos” descritos por Bachelard, mas o excesso de “algoritmos” utilizados no Ensino de Ciências, tratando o estudante como um ouvinte que deve apenas memorizá-los e aplicá-los. Se o que se busca é um ensino que promova a emancipação dos estudantes, como cidadãos críticos, conscientes e autônomos, o Ensino de Ciências deve se preocupar que os estudantes compreendam mais amplamente os fenômenos e sejam capazes de relacioná-los com situações cotidianas, não apenas sejam treinados para resolver exercícios e passar em concursos que ainda cobram um conhecimento enciclopédico.

Portanto, consideramos fundamental que na formação de docentes se dê uma atenção especial ao papel da linguagem no Ensino de Ciências, porque as falhas na aprendizagem, mais do que qualquer outro motivo, parecem estar relacionadas à educação algorítmica, que prioriza um treinamento mecânico, em detrimento do exercício da linguagem necessária ao aprendizado de Ciências.

De modo geral, os estudantes têm pouco espaço em sala de aula para se expressarem sobre os conhecimentos trabalhados na disciplina de Química, o que de certa forma é reflexo de uma concepção de Ensino de Ciências como “alfabetização científica”. Porém, o aprendizado de Ciências exige muito mais do que se sugere com essa metáfora. No processo de alfabetização o estudante já conhece a língua e, portanto, consegue falar e compreender a fala de seus interlocutores, precisando apenas aprender ler e escrever para se considerar alfabetizado. A

educação científica vai muito além, porque o estudante precisa aprender também uma nova cultura ou um novo jeito de ver e interagir com o mundo.

Na aprendizagem de Ciências o estudante necessita de uma “imersão” na nova cultura, portanto, a forma tradicional de aulas expositivas com ênfase em algoritmos e exercícios de treinamento, não é um ambiente propício para que o estudante se aproprie do conhecimento científico. Há que se explorem outras formas de expressão dos estudantes, oportunizando a prática da linguagem de todos os modos possíveis, seja pela leitura ou pela escrita, mas principalmente pela fala, o que em geral é negligenciado, sendo que raramente o estudante tem a oportunidade de falar sobre o conhecimento científico trabalhado.

Assim como o aprendizado de uma língua exige prática de “conversação”, a aprendizagem de Ciências também necessita que o estudante pratique a linguagem dessa forma. No Ensino de Ciências há diversos meios para isso, como a discussão de temas em equipe e a exposição oral do resultado de atividades realizadas, na forma de seminários ou minisseminários, por exemplo. No entanto, o diálogo com o professor é imprescindível. Os estudantes sempre têm questões sobre seu cotidiano que se o professor souber explorá-las podem ser muito produtivas, possibilitando que os estudantes se expressem e o professor os auxilie na correção de falhas em suas concepções. A própria leitura e discussão de textos sobre Ciência, sejam eles didáticos ou não, também possibilita que o estudante se familiarize com a linguagem científica e amplie sua compreensão desta.

Na concepção bakhtiniana a compreensão é um fenômeno que exige um intenso diálogo entre as palavras de seu interlocutor e as suas próprias palavras, sendo que a dialogicidade da linguagem se manifesta mesmo quando o estudante está apenas lendo ou ouvindo. Nesse processo, as palavras do interlocutor são confrontadas com as suas próprias palavras, produzindo “contrapalavras” em resposta ao enunciado do outro. Contudo, o medo do erro associado a outras dificuldades faz com que os estudantes tendam a repetir literalmente os enunciados dos livros ou do professor, principalmente quando se expressam por escrito. Como na linguagem falada, a expressão é mais livre, os estudantes tendem a se arriscar mais e usam suas próprias palavras e interpretações. À medida que seu discurso vai sendo confrontado com a fala do professor ou dos colegas, as palavras vão adquirindo novos significados e o enunciado vai se reformulando, melhorando a compreensão do estudante e dando mais coerência ao seu discurso.

Retornando à ilustração wittgensteiniana dos “jogos de linguagem”, entendemos que o estudante conta com um conjunto de regras de linguagem que são aplicadas ao seu cotidiano e são utilizadas para dar os primeiros lances na aprendizagem de Ciências. Porém, os diferentes jogos, mesmo que tenham algumas semelhanças entre si, apresentam regras distintas, assim, mesmo que alguém seja um campeão, num jogo de cartas, por exemplo, não conseguirá jogar xadrez com as mesmas regras. Para praticar o novo jogo ele deve primeiro conhecer as regras aplicáveis e, não basta só aprender o nome das peças.

Quando o estudante entra em contato com um conhecimento novo, primeiro aprende algumas regras as quais ele passa a confrontar com o que já conhece. Porém, no início este conhecimento é muito fragmentado e, para que seja possível fazer alguma correlação e tirar conclusões cientificamente válidas, há necessidade de muita prática. Fazendo uma analogia com o jogo de xadrez, mesmo que se consiga movimentar adequadamente as peças no tabuleiro, isso ainda não é suficiente para se jogar com êxito, embora este seja o ponto de partida. No entanto, se houver prática e dedicação o sujeito pode desenvolver suas habilidades e tornar-se um campeão.

Na aprendizagem de Química o estudante precisa conhecer as peças do jogo, como os elementos químicos, por exemplo, mas mais do que isso, precisa saber movimentá-las de acordo com determinadas regras, as quais ele aprende jogando. Só depois de praticá-las muitas vezes é que ele desenvolverá novas habilidades e poderá ter uma compreensão mais ampla dos fenômenos estudados, podendo até mesmo prever alguns fenômenos, assim como faz um enxadrista experiente que consegue se antecipar a algumas jogadas.

Constatamos que o uso das relações analógicas nas condições realizadas, favoreceu o aprendizado e, os problemas apontados pelas diversas pesquisas da área se devem principalmente às características da linguagem que torna a elaboração de significados dependente do contexto em que é utilizada. Essas constatações sugerem que a adoção de uma concepção de aprendizagem fundamentada na linguagem é uma boa alternativa à mudança conceitual, aos modelos mentais e às metodologias derivadas, porque permite um melhor acompanhamento do processo. Portanto, novos estudos que envolvam também outras estratégias de ensino, podem levar à identificação de um conjunto de ações a ser utilizado em sala de aula, cujos desdobramentos sejam mais propositivos,

apresentando resultados práticos para a orientação dos docentes na elaboração e aplicação de atividades na disciplina de Química e, deste modo, contribuindo com o desenvolvimento de um ambiente propício para as interações dialógicas que favoreçam a elaboração de significados.

7. REFERÊNCIAS ⁹

ADÚRIZ-BRAVO, A. *et al.*. Modelo didáctico analógico: marco teórico y ejemplos. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p.1-6, 2005. Disponível em: <http://ensciencias.uab.es/congres2005/material/Simposios/04_Generar_resolver_sit/Aduriz_290A.pdf>. Acesso em: 24/04/2012.

ARRUDA, S. M. Metáforas na física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.10, n.1, p.25-37, abril 1993.

ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11, n.2, p.88-99, ago.1994.

BACHELARD, G. **Le Rationalisme appliqué**. Paris: PUF. 1949.

_____. **L'Activité rationaliste de la physique contemporaine**. Paris: PUF. 1951.

_____. **Le materialisme rationnel**. Paris: PUF, 1953.

_____. **A filosofia do não**. In: Os pensadores. São Paulo, Abril Cultural, p.01-87, 1984.

_____. **O novo espírito científico**. Lisboa: Edições 70, 1996.

_____. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de: ABREU, E. dos S. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008. La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance.

BAKHTIN, M. “¿Qué es el lenguaje?”. In : Silvestri, A. ; Blanck, G. **Bajtín y Vigotski: la organización semiótica de la consciência**. Barcelona: Antropos, Editorial del Hombre, 1993.

_____. **Estética da criação verbal**. 2 ed., São Paulo: Martins Fontes, 1997.

⁹ UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Referências**. 2. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2007. (Normas para apresentação de documentos científicos, 4).

BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. Trad. de LAHUD, M.; VIEIRA, Y. F., 12 ed., São Paulo: Hucitec, 2006.

BLINDAGEM. In: DICIONÁRIO UNIVERSAL: língua portuguesa. Disponível em: <<http://www.priberam.pt>>. Acesso em: 16/06/2013.

BLINDAR. In: ORIGEM DA PALAVRA. Disponível em: <<http://origemdapalavra.com.br/palavras/blindar/>>. Acesso em: 09/08/2013.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.2, n.3, set. 1997.

BOZELLI, F. C.; NARDI, R. O uso de analogias no ensino de física em nível universitário: interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/77/69>>. Acesso em 24/04/2012.

BRAIT, B. A natureza dialógica da linguagem: formas e graus de representação dessa dimensão constitutiva. In: FARACO, C. A; TEZZA, C.; CASTRO, G. de (Orgs.). **Diálogos com Bakhtin**. 4 ed. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

BUENO, F. S. **Grande Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa**. Santos: Brasília Ltda., vol. 5, 1974.

CACHAPUZ, A. Linguagem metafórica e o ensino de ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v.2, n. 3, p. 117-129, 1989.

CAMADA. In: DICIONÁRIO UNIVERSAL: língua portuguesa. Disponível em: <<http://www.priberam.pt>>. Acesso em: 16/06/2013.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, v.80, n.5, p.579-610, 1996.

COBERN, W. W. **Everyday thoughts about nature**. Dordrecht, Kluwer, 2000.

CUNHA, A. G. **Dicionário Etimológico**: nova fronteira da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. In: **Instructional Science**, v.13, p.99-117, 1984.

DAGHER, Z. R. Does the use of analogies contribute to conceptual change?. **Science Education**, v.78, n.6, p. 601–614, 1995.

_____. O Caso das Analogias no Ensino da Ciência para a Compreensão. Em Mintzes, J.J.; Wandersee, J.H.; Novak, J.D. (Eds.). **Ensinando Ciência para a Compreensão**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, p. 180-193, 2000.

DAGOGNET, F. Sobre uma última imagem da ciência. Trad. de BULCÃO, M.; CARVALHO, M. de; GAMBÔA, M. C., **Ensaio Filosóficos**, v. 2, out, 2010.

DESCOBRIR. In: DICIONÁRIO UNIVERSAL: língua portuguesa. Disponível em: <<http://www.priberam.pt> >. Acesso em: 16/06/2013.

DESCOBRIR. In: FERREIRA, A. B. de H. Minidicionário Aurélio. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1977, p.149.

DUARTE, M. C. Analogias na Educação em Ciências: contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.1, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/v10_n1_a1.htm >. Acesso em: 24/04/2012.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v.79, n.6, p. 649-672, 1991.

EL-HANI, C.; BIZZO, N. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo conceitual. **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, 2002.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3, p.124-135, 2001.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.4, n.2, dez, 2002.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogia e contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar por meio de um júri simulado. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 43-60, 2009.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 121-143, mar. 2009.

_____. **Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010.

FREITAS, M. T. de A. Nos textos de Bakhtin e Vygotsky: um encontro possível. In: Beth Brait (Org.). **Bakhtin, dialogismo e construção do sentido**. 2 ed. Campinas: Unicamp, 2005.

GAARDER, J. **O mundo de Sofia: romance da história da filosofia**. São Paulo: Cia das Letras, 1995.

GALAGOVSKY, L.Y.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: el concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, v.19, n.2, p.231-242, 2001.

GLYNN, S. *et al.* Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. **Handbook of Creativity**. New York: Plenum Press, p. 383-398, 1989.

GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. **The Psychology of Learning Science**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, p. 219-240, 1991.

GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. Learning from analogy-enhanced science text. **Journal of Research in Science Teaching**, v.35, n.10, p. 1129-1149, 1998.

GOIS, J. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein**. 2012. 278f. Tese (Doutoramento em Educação - Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. da. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**. v. 12, p. 96–109, 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/646>>. Acesso em: 30/10/2013.

HACKER, P. M. S. **Wittgenstein: sobre a natureza humana**. Trad. de CUTER, J. V. G. São Paulo: Ed. UNESP, 2000. (Coleção Grandes Filósofos).

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. **Journal of Research in Science Teaching**, v.30, n.10, p.1291-1307, 1993.

HEWSON, P. W.; THORLEY, N. R. The conditions of conceptual change in the classroom. **International Journal of Science Education**, v. 11, p. 541-553, 1989.

HOLLAND, J.H. *et al.* **Induction: processes of inference, learning and discovery**. Cambridge, Mass: The MIT Press, 1986.

HUK, M. R. **Os jogos de linguagem e a crítica ao representacionismo**. Curitiba: Keimelion, 2009.

JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental models**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

_____. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias**, v.24, n.2, p.173-184, 2006.

KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino Ciências**, v.2, n. 3, p. 185-205, 1997.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução de: BOEIRA, B. V; BOEIRA, N. 10. ed. São Paulo: Perspectiva, 2011, 262 p. The Structure of Scientific Revolutions.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v.74, n.177, p.309-334, maio/ago, 1993.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n.3, p.248-273, dez. 1996.

_____. Conhecimento escolar em química – Processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 563-568, 1997.

MALCOLM, N. **Wittgenstein: nothing is hidden**. Oxford: Basil Blackwell, 1986.

MARTINS, E. **O cientista que desvendou o mistério da água**. Ciência Hoje das Crianças. Disponível em: <<http://chc.cienciahoje.uol.com.br/o-cientista-que-desvendou-o-misterio-da-agua/>>. Acesso em: 04/11/2012.

MASTRILLI, T. M. Instructional analogies used by biology teachers: implications for practice and teacher preparation. **Journal of Science Teacher Education**, v.8, n.3, p.187–204, 1997.

MÓL, G. S. **O Uso de analogias no ensino de química**. 1999. 254 f.. Tese (Doutoramento em Química) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S.; Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.3, p.1-39, 1997.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações no Ensino de Ciências**, v.1, n.1, p. 20-39, 1996.

_____. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**, Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2000. 383p.

MICHAELIS, **Dicionário Eletrônico Michaelis**, v. 4. 0, DTS Software, nov. 1996.

NAGEM, R. L., CARVALHAES, D. de O., DIAS, J. A. Y. T. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v.14, n. 1, p. 197-213, 2001.

NAGEM, R. L. *et al.* Analogias e metáforas no cotidiano do professor - texto complementar. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 26., 2003, Poços de Caldas; MINICURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES (GT 08). Poços de Caldas: 2003. p. 1-13. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/26/inicio.htm>>. Acesso em: 30/10/2013.

NIEDDERER, H.; GOLDBERG, F.; DUIT, R. **Towards learning process studies: A review of the Workshop in Physics Learning.** In: DUIT, R.; GOLDBERG, F.; NIEDDERER, H. (Eds.). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies.* Kiel: Schmidt & Klannig, 1991.

OLIVA, J. M. *et al.* Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogias en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v.19, n. 3, p. 453-470, 2001.

OLIVA, J. M. El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, p. 363-384, 2004.

OLIVEIRA, M. K. de. **Vygotsky e o processo de formação de conceitos.** In: LA TAILLE, Y. de; OLIVEIRA, M. K. de; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão. 23 ed., São Paulo: Summus, 1992.

OLIVEIRA, R. J. A crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no ensino de química e física. **Química Nova**, v.15, n.1, p.86-89, 1992.

OSBORNE, J. F. Beyond constructivism. In: *The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics.* **Misconceptions Trust:** Ithaca, New York, 1993.

_____. Beyond constructivism. **International Journal of Science Education**, v.80, n.1, p.53-82, 1996.

PERELMAN, C. **O império retórico: retórica e argumentação.** Porto: Edições ASA, 1993.

POSNER, G. J. *et al.* Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **International Journal of Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RADAELLI, M. E. Contribuições de Vygotsky e Bakhtin para a linguagem: interação no processo de alfabetização. **Revista Científica da Faculdade Dom Bosco**, v. 3, p. 13-21, 2002.

RAMOS, M. **Epistemologia e Ensino de Ciências: compreensões e perspectivas**. In: Construtivismo e ensino de ciências. Roque Moraes (Org.), ed. Edipuc, RS, 2008.

RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. **Psicologia e epistemologia genética de Jean Piaget**. São Paulo, EPU, 1988.

RITCHIE, S. M. Metaphor as a tool for constructivist science teaching, **International Journal of Science Education**, v.16, n. 3, p. 293-303, 1994.

SANTOS, D. B. dos; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Utilização do Modelo Didático Analógico (MDA) no ensino de ciências: uma experiência sobre a estrutura da Terra. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.8, n.2, 2013.

SANTOS, I.; NASCIMENTO, M. E. F. do. **Bakhtin e Wittgenstein: teorias em diálogo**. Theoria – Revista Eletrônica de Filosofia, v.2, n.3, p. 76-85, 2010. Disponível em: <http://www.theoria.com.br/edicao0310/bakhtin_e_wittgenstein.pdf>. Acesso em: 20/11/2013.

SANTOS, W; MÒL, G. (coords.). **Química Cidadã: materiais, substâncias, constituintes, química ambiental e suas implicações sociais**. v.1, São Paulo: Nova Geração, 2010.

SESI/PR. **Colégio SESI ensino médio: proposta pedagógica**. Curitiba, 2011, 124p.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.1, p. 7-28, 2006.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, Supl. 1, p.14-24, 2002.

THIELE, R.B.; TREAGUST, D.F. The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. **Instructional Science**, v.22, p.61-74,1994.

TREAGUST, D. et al. Science teacher's use of analogies: observations from classroom practice. **International Journal of Science Education**, v.14, n.4, p.413-422, 1992.

VIDAL, P. H. O; CHELONI, F. O.; PORTO, P. A. O Lavoisier que não está presente nos livros didáticos. **Química Nova na Escola**, n.26, nov., 2007.

VIGOTSKI, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VIGOTSKII, L.S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Trad. de VILLALOBOS, M. da P., 12 ed., São Paulo: Ícone, 2012.

VILLANI, A.; ARRUDA, S. M. **Conceptual change and special relativity theory**. In: THINKING SCIENCE FOR TEACHING: THE CASE OF PHYSICS, Roma, Itália, 1994.

VENVILLE, G. J.; TREAGUST, D. F. Analogies in biology education: a contentious issue. **The American Biology Teacher**, v.59, n.5, p.282–297, 1997.

VOSNIADOU, S. & ORTONY, A. **Similarity and analogical reasoning: a Synthesis**. Cambridge: University Press, p.1-17, 1989.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. 2ed., São Paulo: Editora Martins Fontes. 1998.

WILBERS, J.; DUIT, R. On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. **Proceedings of the Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)**. Kiel, Germany, 1999.

WITTGENSTEIN, L. **Investigações filosóficas**. 5 ed., Petrópolis: Vozes, 2008.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO DE PESQUISA: O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE QUÍMICA

O seu filho (ou o menor pelo qual o/a Sr. (a) é responsável), está sendo convidado a participar deste projeto de pesquisa de mestrado, a ser conduzido pelo professor Moisés Lara, mestrando em Educação em Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Paraná.

A colaboração do seu filho (ou do menor) neste estudo será de muita importância para nós, mas caso o mesmo desista de participar a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo ao seu filho ou ao Sr. (a) responsável.

Para participar da pesquisa o menor e seu responsável ficam cientes que:

I) A pesquisa se dará pela aplicação de atividades, já de familiaridade do estudante, como resolução e discussão de atividades, individuais ou em equipe e, pela apresentação de seminários.

II) Durante a pesquisa será necessário a gravação em áudio e vídeo de algumas atividades que ocorrerão em quatro ou cinco aulas (geminadas).

III) O material produzido em áudio e vídeo será de uso exclusivo e sigiloso do professor pesquisador, podendo compartilhá-lo apenas com seu orientador (Professor da UFPR), durante a análise dos dados.

IV) O objetivo da pesquisa é estudar como as analogias (comparações) utilizadas pelos livros didáticos e pelo professor podem ajudar no aprendizado do estudante.

V) Os dados serão coletados na sala de aula ou no laboratório de química e, o estudante continuará sendo avaliado normalmente; pelas atividades realizadas, apresentação de trabalhos e seminários.

VI) As gravações em áudio e vídeo serão realizadas com o auxílio de um professor estagiário do colégio. É possível que o estudante fique um pouco inibido no início, o que em geral é rapidamente superado pela familiaridade que os estudantes têm com essas situações, observadas durante as finalizações das Oficinas, por exemplo.

VII) As gravações em áudio e vídeo NÃO interferirão na avaliação do estudante, elas terão como único objetivo auxiliar o professor pesquisador na compreensão de como as analogias utilizadas podem contribuir para o aprendizado da química.

VIII) O estudante tem a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar.

IX) A participação do estudante neste projeto contribuirá para uma melhor compreensão de como as analogias e a linguagem adotada em sala de aula podem facilitar a aprendizagem de química no ensino médio, com possível retorno para o próprio estudante em Oficinas posteriores.

X) O responsável pelo menor não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa nesta pesquisa, assim como, o menor do qual é responsável, sendo sua autorização à participação do menor voluntária.

XI) Durante a realização da pesquisa, serão obtidas as assinaturas do responsável pelo menor e do pesquisador.

XII) O responsável pelo menor concorda que os resultados sejam divulgados em publicações científicas, desde que seus dados pessoais não sejam mencionados;

XIII) Caso o responsável pelo menor desejar, poderá pessoalmente ou por meio do e-mail abaixo, solicitar maiores informações sobre a pesquisa e sobre os resultados parciais ou finais da mesma.

Eu, _____, residente e domiciliado na Rua _____, n° _____ e portador do RG _____, e inscrito no CPF sob n° _____ nascido (a) em ____ / ____ / _____, responsável pelo menor _____, concordo de livre e espontânea vontade na sua participação como voluntário (a) do estudo "O USO DE ANALOGIAS NO ENSINO DE QUÍMICA".

Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas. Desta forma autorizo a participação do menor na referida pesquisa acima citada.

Curitiba, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Responsável pelo menor:

Pesquisador Responsável pelo Projeto: Prof. Moisés da Silva Lara

Assinatura do Pesquisador Responsável:

Contato do Pesquisador: moisesslera@gmail.com