



Alexandre da Silva Ferry

**ANALOGIAS E CONTRA-ANALOGIAS: UMA ESTRATÉGIA
DIDÁTICA AUXILIAR PARA O ENSINO DE MODELOS
ATÔMICOS**

Belo Horizonte

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



Alexandre da Silva Ferry

**ANALOGIAS E CONTRA-ANALOGIAS: UMA ESTRATÉGIA
DIDÁTICA AUXILIAR PARA O ENSINO DE MODELOS
ATÔMICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Cátia Rodrigues Barbosa

Belo Horizonte

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG

2008

A Edson Ferry Oliveira Filho (in memoriam)

& Ana Maria da Silva Oliveira,

... meus pais

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai e Criador de todas as coisas, ao Seu Filho, Jesus Cristo, meu Senhor e Salvador e ao Seu doce Espírito, sempre presente e essencial.

Aos meus pais e à minha irmã pela compreensão.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem, meu orientador, pelo apoio, amizade e grande incentivo.

À Prof.^a Dr.^a Cátia Rodrigues Barbosa, minha co-orientadora, pela brilhante colaboração.

Aos professores do Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG pelo excelente trabalho ministrado.

Ao Prof. Dr. Dácio G. Moura pelo incentivo, apoio e inspiração durante a sua palestra no GEMATEC.

Aos meus queridos companheiros do AMTEC, pelo imenso carinho com o qual me trataram desde o início, especialmente a Fatinha, Sílvia, Juliana e Niuza.

À Lílian pela construção mútua indispensável.

Aos meus grandes amigos da turma do Mestrado de 2006 pela união e espírito de cooperação.

Aos meus queridos alunos da 1^a e 3^a séries do ensino médio da Escola Palomar de Lagoa Santa, de 2006 pela disposição e carinho.

A direção da Escola Palomar de Lagoa Santa, em especial a Jaqueline e a Nonde, pela receptividade, gentileza e disposição.

Aos meus colegas de trabalho da Faculdade Pitágoras, bem como da Rede e Colégio Pitágoras, pelo incentivo.

E a todos os que me ajudaram das mais diversas formas.

FERRY, Alexandre da Silva. **Analogias e contra-analogias**: uma estratégia didática auxiliar para o ensino de modelos atômicos. – Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica).

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo contribuir para uma melhor compreensão do uso de analogias e metáforas no ensino de ciências, com vistas à construção de uma concepção sistematizada de comparação com privilégio às diferenças. Discutimos a possibilidade da construção de um novo conceito criado a partir de reflexões em torno do uso de analogias e metáforas dedicadas ao ensino de modelos atômicos, tendo como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard. Exploramos a possibilidade do uso de *contra-analogias* através do modo como determinadas comparações factíveis aos modelos atômicos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr poderiam ser interpretadas por estudantes de nível médio. Para tal, foi realizada uma pesquisa de natureza qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida principalmente por meio de duas ações paralelas: aplicação de um questionário a um grupo de 14 alunos da 1ª série do ensino médio; realização de uma dinâmica conhecida como júri simulado com 28 alunos da 3ª série deste mesmo nível de ensino, seguida pela aplicação de questionários. Fizemos uma análise proposicional tanto das respostas destes estudantes aos questionários aplicados, quanto dos diálogos transcritos a partir dos registros em vídeo da dinâmica do júri simulado. Os resultados apontam para um novo horizonte de pesquisas e desenvolvimento de metodologias de ensino com recurso às comparações – as analogias e as *contra-analogias*, tendo em vista o potencial que as mesmas oferecem para a construção de modelos mentais coerentes e consistentes com os modelos científicos.

Palavras-chave: Analogias, metáforas, contra-analogias, modelos atômicos, ensino de ciências

FERRY, Alexandre da Silva. ***Analogies and counter-analogies***: a help didactic strategy for the teaching of atomic models. – Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008. Dissertation (Masters in Technology Education).

ABSTRACT

The purpose of this work is to contribute to a better understanding of the use of analogies and metaphors in science teaching, which aims at constructing a systematized concept of comparison which privileges differences. We argue the possibility of the construction of a new concept created as of reflections about the use of analogies and metaphors dedicated to the teaching of atomic models, using as reference the epistemology theories of Gaston Bachelard. We explore the possibility that the use of counter-analogies by means of determined feasible comparisons to the atomic models of Dalton, Thomson, Rutherford and Bohr could be interpreted by high school level students. To this end, a qualitative research of an exploratory nature was carried out using two parallel actions: submitting a 14 member first year high school student group to a questionnaire; carrying out a group dynamic referred to as a simulated jury with a 28 member third year high school group of students followed up by questionnaires. A ratio analysis of these students' answers of the questionnaires were carried out, with regards to the dialogs transcribed as of registries made of the simulated juries on videos. The results pointed out a new horizon for research and teaching methodology development – having the resource of comparisons – analogies and counter-analogies, bearing in mind the potential which the same offer for the construction of mental models which are coherent and consistent with scientific models.

Keywords: analogies, metaphors, counter-analogies, atomic models, teaching of sciences

FERRY, Alexandre da Silva. **Analogías e contra analogías**: una estrategia didáctica para ayudar a la enseñanza de modelos atómicos. – Belo Horizonte: CEFET-MG, 2008. Disertación (Maestría en Educación Tecnológica).

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo contribuir para una mejor comprensión del uso de analogías y metáforas en la enseñanza de Ciencias, con vistas a la construcción de una concepción sistematizada de comparación con privilegio a las diferencias. Discutimos la posibilidad de construcción de un nuevo concepto creado a partir de reflexiones a cerca del uso de analogías y metáforas dedicadas a la enseñanza de modelos atómicos, tomando como referencial teórico la epistemología de Gaston Bachelard. Exploramos la posibilidad del uso de contra analogías a través del modo como determinadas comparaciones factibles a los modelos atómicos de Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr podrían ser interpretadas por estudiantes de la Enseñanza Media. Para tal, fue realizada una investigación de naturaleza cualitativa y carácter exploratorio, desarrollada principalmente a través de dos acciones paralelas: aplicación de una encuesta a un grupo de 14 alumno de la 1ª serie de la Enseñanza Media; realización de una dinámica conocida como tribunal simulado con 28 alumnos de la 3ª serie del mismo nivel de enseñanza, seguida por la aplicación de encuestas. Hicimos un análisis proporcional tanto de las respuestas de los estudiantes a las encuestas aplicadas cuanto de los diálogos transcritos a partir de los registros en video de la dinámica del tribunal simulado. Los resultados apuntan para un nuevo horizonte de investigaciones y desarrollo de metodologías de enseñanza con recurso a las comparaciones – las analogías y las contra analogías, debido al potencial que los mismos ofrecen para la construcción de modelos mentales coherentes y consistentes como los modelos científicos.

Palabras clave: Analogías, metáforas, contra analogías, modelos atómicos, enseñanza de ciencias

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Modelo básico de raciocínio analógico proposto por CLEMENT (1993).....	37
Figura 02	Relação esquemática entre modelo, sistema fonte e sistema alvo, proposto por BORGES (1997).....	38
Figura 03	Significado da analogia segundo DUIT (1991).....	39
Figura 04	Representação da evolução de diferentes modelos mentais de um conceito, proposto por GONZÁLEZ (2005).....	40
Figura 05	Representação da estrutura externa de uma analogia, proposta por GONZÁLEZ (2002).....	42
Figura 06	Estrutura da analogia, segundo GONZÁLEZ (2005).....	43
Figura 07	Representação da estrutura de uma analogia por adaptação ao modelo de Duit, elaborado por GONZÁLEZ (2005).....	44
Figura 08	Esquema proposto por GONZÁLEZ (2005) para representar os <i>nexos</i> relevantes.....	44
Figura 09	Modelo de raciocínio analógico que contempla as duas vias, S_1 e S_2 , de uma relação analógica entre dois conceitos.....	69
Figura 10	Esquema ilustrativo das vias do raciocínio analógico adaptado ao diagrama proposto por DUIT (1991) para o significado de uma analogia.....	72
Figura 11	Esquema proposto por GONZÁLEZ (2005) para representar os <i>nexos</i> relevantes.....	73
Figura 12	Esquema ilustrativo da interseção entre domínios conceituais distintos, representativo do domínio analógico.....	74
Figura 13	Esquema ilustrativo do movimento de aproximação realizado entre os	76

	domínios conceituais numa analogia.....	
Figura 14	Representação da impossibilidade da interseção entre dois domínios distintos.....	77
Figura 15	Representação da suposta possibilidade do afastamento extremo dos dois domínios comparados.....	77
Figura 16	Esquema ilustrativo da interseção entre domínios conceituais distintos e a representação do domínio contra-analógico.....	81
Figura 17	Representação esquemática da distribuição de 2 até 12 elétrons no modelo atômico de Thomson.....	84
Figura 18	Desenho elaborado pelo estudante N ₁ para representar o modelo atômico de Dalton.....	99
Figura 19	Agrupamento dos desenhos elaborados pelos estudantes I ₁ , B ₁ e M ₁ , respectivamente, para representar os três tipos de modelos expressos pelos estudantes para o modelo atômico de Dalton.....	99
Figura 20	Desenho feito pelo estudante C ₁ para representar o modelo atômico de Thomson.....	104
Figura 21	Desenho feito pelo estudante F ₁ para representar o modelo atômico de Thomson.....	106
Figura 22	Desenho feito pelo estudante K ₁ para representar o modelo atômico de Thomson.....	107
Figura 23	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente pelos estudantes B ₁ , D ₁ , K ₁ e M ₁ , para representar o modelo atômico de Thomson, mostrando as cargas negativas circunscritas.....	113
Figura 24	Agrupamento dos desenhos elaborados pelos estudantes (a) I ₁ e J ₁ , (b) E ₁ , (c) G ₁ e (d) A ₁ e F ₁ , para representar o modelo atômico de Thomson, indicando as cargas positivas e as negativas não-circunscritas.....	114

Figura 25	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H_1 e N_1 para representar o modelo atômico de Thomson, com todos os sinais de carga elétrica circunscritos.....	114
Figura 26	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes C_1 e L_1 para representar o modelo atômico de Thomson – desenhos incoerentes com a descrição científica.....	115
Figura 27	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H_1 e N_1 para representar o modelo atômico de Thomson, indicando todos os sinais de cargas circunscritas.....	121
Figura 28	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes G_1 e J_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, indicando quantidades iguais de carga elétrica.....	125
Figura 29	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes (a) A_1 , C_1 e H_1 e (b) B_1 , K_1 e M_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, indicando quantidades diferentes de carga elétrica..	126
Figura 30	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes E_1 , F_1 e I_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, sem a indicação da existência de cargas elétricas.....	126
Figura 31	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H_1 , I_1 , J_1 e L_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, evidenciando uma imagem típica divulgada pela mídia.....	127
Figura 32	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes F_1 e N_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, em confusão com as idéias propostas por Bohr.....	127
Figura 33	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes A_1 , B_1 , C_1 , E_1 , K_1 e M_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, com delimitação da eletrosfera por um círculo contínuo.....	127
Figura 34	Desenho elaborado pelo estudante N_1 para representar o modelo atômico	128

de Rutherford.....

Figura 35	Desenhos elaborados pelo estudante N_1 para representar, respectivamente, o modelo de Rutherford e o de Bohr.....	134
Figura 36	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes B_1 , G_1 , J_1 e M_1 para representar o modelo atômico de Bohr, indicando órbitas co-planares.....	135
Figura 37	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes A_1 , E_1 , I_1 , K_1 e L_1 para representar o modelo atômico de Bohr, figurando uma imagem de átomo divulgado pela mídia.....	135
Figura 38	Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes G_1 , H_1 e K_1 para representar o modelo atômico de Bohr, indicando sinais de carga elétrica.....	136
Figura 39	Desenho elaborado pelo estudante C_1 para representar o modelo atômico de Bohr.....	136
Figura 40	Ilustrações utilizadas para comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar apresentadas pela Equipe I, no slide nº06.....	201
Figura 41	Ilustrações utilizadas para comparação entre (a) o modelo atômico de Thomson e o pudim com passas apresentadas e (b) entre o modelo atômico de Dalton e as bolas de sinuca pela Equipe I, no slide nº11.....	202
Figura 42	Montagens elaboradas pelos alunos da equipe 2 para representar (a) a estrutura do modelo atômico de Bohr e (b) a estrutura do sistema solar.....	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Categorias propostas por FERRAZ & TERRAZAN (2001) relacionadas ao nível de organização de analogias, com suas respectivas descrições e exemplos.....	34
Quadro 02	Categorias propostas por NAGEM (2001) para a classificação de analogias e metáforas.....	35
Quadro 03	Alvos e veículos citados pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio nas respostas à questão 03 da 1ª parte do questionário relativa às concepções sobre analogias, 2006.....	92
Quadro 04	Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio relativas ao modelo atômico de Dalton, 2006.....	98
Quadro 05	Semelhanças e diferenças entre o modelo atômico de Dalton e os análogos citados, indicadas pelos estudantes da 1ª série do ensino médio, com suas respectivas frequências, 2006.....	101
Quadro 06	Textos relativos ao modelo atômico de Thomson em 12 livros didáticos de Química com ilustrações e termos relacionados à presença dos elétrons no átomo – 2008.....	108
Quadro 07	Características apresentadas pelos 14 estudantes inquiridos da 1ª série do EM relativas ao modelo atômico de Thomson, 2006.....	116
Quadro 08	Semelhanças (ou correspondências) e diferenças indicadas pelos 12 estudantes da 1ª série do ensino médio que citaram a comparação entre o modelo atômico de Thomson e o pudim de ameixas ou assemelhados, com suas respectivas frequências, 2006.....	119
Quadro 09	Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio relativas ao modelo atômico de Rutherford,	123

	2006.....	
Quadro 10	Dados relativos às analogias citadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM correspondentes ao estudo do modelo atômico de Rutherford, 2006.....	130
Quadro 11	Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM relativas ao modelo atômico de Bohr, 2006.....	132
Quadro 12	Dados relativos às analogias citadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM correspondentes ao estudo do modelo atômico de Bohr, 2006.....	139
Quadro 13	Características verificadas nos desenhos e nas descrições feitas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM a respeito do sistema solar, 2006.....	186
Quadro 14	Semelhanças e Diferenças apresentadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM entre o sistema solar e os modelos atômicos de Rutherford e de Bohr, com suas respectivas frequências, 2006.....	189
Quadro 15	Comparação entre sistemas planetários e modelos atômicos, proposto por Figueiredo & Silva (2007).....	191

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.....	143
Gráfico 1.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.....	143
Gráfico 2	Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um compact disc – CD, 2006.....	148
Gráfico 2.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um compact disc – CD, 2006.....	148
Gráfico 3	Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.....	152
Gráfico 3.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.....	152
Gráfico 4	Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.....	157
Gráfico 4.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.....	158
Gráfico 5	Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de	167

	sinuca, 2006.....	
Gráfico 5.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.....	167
Gráfico 6	Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um compact disc – CD, 2006.....	173
Gráfico 6.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um compact disc – CD, 2006.....	173
Gráfico 7	Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.....	178
Gráfico 7.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.....	178
Gráfico 8	Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.....	182
Gráfico 8.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.....	182
Gráfico 9	Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, 2006.....	193
Gráfico 10	Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, 2006.....	213

Gráfico 10.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e sistema solar, 2006.....	213
Gráfico 11	Distribuição das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, agrupadas por equipe, segundo a dinâmica do júri simulado, 2006.....	215
Gráfico 11.1	Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, agrupadas por equipe, segundo a dinâmica do júri simulado, 2006.....	215

LISTA DE SIGLAS & ABREVIATURAS

A&M	Analogias e Metáforas
AMTEC	Analogias e Metáforas na Tecnologia na Educação e na Ciência
BIO	Biologia
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
der.	Derivados
el.	Elemento
el.comp.	Elemento de composição
EM	Ensino Médio
ETIM	Etimologia
FIL	Filosofia
FIL esp.	Filosofia especial
GEMATEC	Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência
gr.	Grego
GRAM	Gramática
lat.	Latim

MECA	Metodologia de Ensino Com Analogias
origin.	Original
p.ex.	Por exemplo
p.ext.	Por extensão
pal.	Palavras
pron.	Pronome
s.f	Substantivo feminino
v.bit.	Verbo bitransitivo
v.t.d	Verbo transitivo direto
v.t.d.bit	Verbo transitivo direto e bitransitivo
v.t.i	Verbo transitivo indireto
vern.	Vernáculos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Questões norteadoras.....	23
1.2	Justificativa.....	24
1.3	Apresentação.....	27
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	30
2.1	As Analogias e as Metáforas como Modelos de Ensino de Química: uma Revisão Bibliográfica.....	30
2.1.1	Analogias.....	30
2.1.2	Modelos de Estrutura para Analogias e Concepção de Raciocínio Analógico.....	36
2.1.3	Metáforas.....	45
2.2	Modelos em Ciências e no Ensino de ciências.....	46
2.3	Analogias e Metáforas na Perspectiva Bachelardiana.....	49
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	57
3.1	Considerações Iniciais e Procedimentos adotados.....	57
3.2	Sobre o Questionário Elaborado para a de Coleta dos Dados.....	64
3.3	Sobre a Amostragem e a Aplicação do Questionário.....	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1	Considerações acerca dos Modelos de Raciocínio Analógico apresentados com vistas a uma Nova Compreensão.....	69

4.2	Dinâmica das Relações Analógicas.....	73
4.3	Conceito de Contra-analogia.....	78
4.3.1	Construções Contra-analógicas.....	80
4.4	Análise do Questionário aplicado aos alunos da 1ª e da 3ª série do Ensino Médio.....	87
4.4.1	1ª PARTE – Concepções sobre analogias.....	88
4.4.2	2ª PARTE – Modelos Atômicos e Analogias.....	97
4.4.2.1	Dados relativos ao Modelo Atômico de Dalton.....	97
4.4.2.2	Analogias citadas para o Modelo de Dalton.....	100
4.4.2.3	Dados relativos ao Modelo Atômico de Thomson.....	103
4.4.2.3.1	Dados obtidos sobre o Modelo Atômico de Thomson através da consulta paralela a Livros Didáticos de Química.....	108
4.4.2.4	Retomando a Análise dos Questionários – Modelo de Thomson.	113
4.4.2.5	Análogos citados para o Modelo de Thomson.....	117
4.4.2.6	Dados relativos ao Modelo Atômico de Rutherford.....	122
4.4.2.7	Analogias Relacionadas ao Estudo do Modelo de Rutherford.....	129
4.4.2.8	Dados relativos ao Modelo Atômico de Bohr.....	132
4.4.2.9	Analogias citadas para o Modelo Atômico de Bohr.....	137
4.4.3	3ª PARTE – A: Análises das Comparações Propostas.....	141
4.4.3.1	Respostas dos alunos da 1ª série do EM.....	141
4.4.3.1.1	1ª comparação.....	142
4.4.3.1.2	2ª comparação.....	147

4.4.3.1.3	3ª comparação.....	151
4.4.3.1.4	4ª comparação.....	156
4.4.3.2	Respostas dos alunos da 3ª série do EM.....	164
4.4.3.2.1	1ª comparação.....	165
4.4.3.2.2	2ª comparação.....	172
4.4.3.2.3	3ª comparação.....	177
4.4.3.2.4	4ª comparação.....	181
4.4.4	3ª PARTE – B: Sistema Solar e Modelos Atômicos de Rutherford-Bohr.....	185
4.5	Análise da Transcrição dos Diálogos Filmados durante o Júri Simulado.....	198
4.5.1	Desenvolvimento da dinâmica - Transcrições destacadas.....	199
4.5.2	Resultado do “julgamento”.....	210
4.5.3	Apreciação dos estudantes sobre a dinâmica do júri simulado.....	211
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	217
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como finalidade contribuir para ampliar a compreensão do uso de analogias e metáforas no ensino de Ciências por meio do estudo de uma alternativa didática que possibilite o desenvolvimento de uma nova metodologia de ensino – a *MECCA*¹ – *Metodologia de Ensino com Contra-Analogias*. Especificamente, propusemo-nos analisar as possibilidades e as contribuições do uso de contra-analogias como estratégia auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos, a fim de viabilizar, posteriormente, o desenvolvimento dessa metodologia de ensino com recurso às comparações.

Freqüentemente, quando se procura explicar algum conceito ou modelo científico relativamente difícil, os professores de Ciências recorrem ao uso de analogias. Normalmente partem do pressuposto de que com o uso de uma determinada analogia, isto é, da apresentação de uma situação, de um objeto, de uma estrutura ou de um fenômeno semelhante ao que se pretende ensinar, aquele conceito terá se tornado mais claro, ou mais evidente e, portanto mais compreensível pelos alunos que terão realizado as devidas correspondências. Mól (1999) em sua pesquisa constatou que o uso de analogias por professores é uma prática corrente, e que esta parece estar associada à tendência atual de relacionar o ensino de conceitos científicos a situações do cotidiano. De acordo com seu trabalho, para os professores, as analogias representam situações do cotidiano; eles imaginam que tais situações são concretas e simples, em oposição aos conceitos científicos que seriam abstratos e complexos.

¹ Em semelhança à metodologia de ensino elaborada por Nagem *et al* (2001): MECA – Metodologia de Ensino Com Analogias.

Desde o início da história registrada, analogias têm sido usadas por crianças e adultos como ferramentas na construção de conceitos (HARRISON & TREAGUST, 1993). Entretanto, embora o raciocínio analógico possa ser considerado por muitos pesquisadores como um importante componente da cognição humana (DAGHER, 1995), estes também concordam que a utilização de analogias no ensino de Ciências não pode se limitar ao seu uso espontâneo, natural e indiscriminado, deixando-se simplesmente por conta do livro didático, ou do aluno, a responsabilidade de identificar os aspectos semelhantes a serem observados na relação e principalmente as limitações implícitas da comparação. Há inúmeras pesquisas na área que apontam para os perigos, as limitações, as dificuldades e os cuidados necessários ao uso de analogias como modelos de ensino ou estratégias didáticas pelos professores.

Pesquisas apontam que, normalmente, ao se construir uma analogia para explicar um conceito por comparação com outro (um veículo), busca-se relacionar apenas **o que há de comum**. Otero (1997), por exemplo, define analogia como sendo “uma comparação não literal entre domínios superficialmente ocultos” em que “se desprezam as diferenças e se enfocam as similaridades”. Além disso, consideram também que em muitas situações de ensino essa atividade de comparação é feita sem reflexão. Nestas situações, não são adequadamente observadas as limitações da analogia proposta, e nem é acuradamente verificado se *o veículo (o análogo, a base, a fonte, o domínio familiar)* utilizado para comparação é de fato bem conhecido pelos alunos. De acordo com Mól (1999), por exemplo, 59,4% dos professores de Química entrevistados em sua pesquisa afirmaram que não vêem “perigo” na utilização de analogias. Assim como Mól, outros autores discorrem a necessidade de se observar esses perigos, de mapear a analogia

proposta, comparando ponto a ponto, o alvo com o veículo, destacando cuidadosamente as diferenças entre os conceitos, a fim de que os alunos não transportem para o conceito alvo os atributos não comuns.

Uma analogia sem a complementação de explanações acerca do que se quer realmente destacar e/ou comparar pode gerar dúvidas e confusões, uma vez que a sua interpretação fica inteiramente a cargo do receptor (NAGEM & CARVALHAES, 2002)

Tendo em vista, portanto, não somente a necessidade de se destacar as diferenças entre os conceitos comparados, mas também a possibilidade de se permitir uma melhor compreensão do novo conceito científico, muitas vezes *essencialmente abstrato e complexo* (CACHAPUZ, 1989), poderíamos pensar numa *nova* estratégia de ensino por comparação privilegiando ***o que há de diferente?*** Seria útil para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos estabelecer comparações entre um alvo e um veículo essencialmente diferentes entre si? **Afinal, seria possível e interessante ensinar Ciências (conceitos, modelos, teorias) através do uso de *contra-analogias*?**

1.1 QUESTÕES NORTEADORAS

A partir da aparente possibilidade colocada com a proposta de se construir contra-analogias para o ensino de conceitos científicos, as seguintes questões, originalmente, foram suscitadas a fim de nortear o nosso trabalho:

- 1) O que podemos entender por uma contra-analogia? Quais as semelhanças e as diferenças entre uma analogia e uma contra-analogia?
- 2) De que forma a percepção das diferenças estruturais e/ou funcionais, numa relação analógica, contribui para a compreensão de um determinado conceito alvo?

- 3) Quais seriam os principais critérios na seleção de um veículo de comparação para se construir uma contra-analogia?
- 4) Até que ponto se poderia privilegiar as diferenças entre o alvo e o veículo escolhido na construção e utilização de uma contra-analogia?
- 5) Que tipo de contribuição uma contra-analogia criada a partir de uma analogia bem conhecida poderia oferecer ao processo de ensino e aprendizagem de modelos atômicos, por exemplo?
- 6) Quais devem ser os cuidados tomados por um professor de Ciências ao construir ou utilizar uma contra-analogia como recurso didático?
- 7) Quais devem ser os parâmetros para o desenvolvimento de uma *metodologia de ensino com contra-analogias – MECCA*?

1.2 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa se justifica, primeiramente, pela necessidade apontada por pesquisadores na área, entre muitas outras, de se investigar como os alunos interpretam as analogias que lhes são apresentadas durante o processo de ensino e aprendizagem pelos professores ou pelos livros didáticos, especialmente sobre aquelas que abordam temas abstratos e complexos como o estudo dos modelos atômicos (JUSTI & MONTEIRO, 2000). Justifica-se também pela aparente possibilidade apresentada de se ensinar ou de melhor esclarecer determinado conceito, modelo ou teoria científicos a partir de uma comparação com algo essencialmente diferente, *privilegiando as diferenças*.

Uma vez que uma considerável parcela dos pesquisadores tem apontado a necessidade de, no desenvolvimento de alguma metodologia de ensino com

recurso às analogias, como a de Nagem *et al* (2001), se mapear não somente os aspectos semelhantes, mas também os diferentes e suas limitações, a presente pesquisa, que tem por objetivo analisar as possibilidades e contribuições do uso de contra-analogias como estratégia auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, se torna relevante e potencialmente contribuidora para ampliar a compreensão do uso de analogias e metáforas no ensino de Ciências.

Considerando a importância do uso de analogias no ensino de Ciências, os problemas de aprendizagem relacionados aos modelos atômicos consensuais e a lacuna observada na literatura em relação a estudos que investiguem como os alunos realmente entendem as analogias que lhes são apresentadas no processo de ensino, Souza *et al* (2006) investigaram “como os alunos do Ensino Médio compreendem os modelos atômicos a partir das analogias usadas para apresentá-los e explicá-los”. Semelhantemente, devido aos mesmos motivos apontados, em nossa pesquisa empírica procuramos também investigar como os alunos entendem determinadas analogias que lhes são apresentadas, partindo, porém, de como estes interpretam as analogias em função do que conhecem sobre os modelos atômicos. A fim de limitar o estudo, Souza *et al* escolheram apenas os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson (1904²) e Niels Bohr (1913). Em nossa pesquisa ampliamos o estudo considerando também a analogia com a bola de bilhar para o modelo atômico proposto por John Dalton (1808), além de questionar aos alunos sobre o que eles sabiam a respeito do modelo atômico proposto por Ernest Rutherford (1911) a fim de verificar se eles faziam a adequada distinção com o modelo de Bohr.

² Este é tido como o ano correspondente à divulgação do modelo atômico proposto por Thomson, assim como as datas mencionadas para Bohr, Dalton e Rutherford.

Assim como Souza *et al* (2006), os análogos escolhidos – a bola de bilhar, o pudim com passas e o sistema solar – se justificam pelo fato de analogias com tais estruturas serem freqüentemente utilizadas na explicação dos modelos de Dalton, de Thomson e de Rutherford-Bohr, respectivamente. E, para além de discutir as contribuições e as limitações na utilização desses análogos no processo de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos selecionados, visamos enfocar as contribuições e as limitações na possível utilização de *contra-análogos* para a apresentação e explicação dos mesmos.

Com relação ao tema de ensino escolhido para a investigação – os modelos atômicos, consideramos o que diz os autores:

O atomismo é, essencialmente, um modelo de explicação causal, no sentido de ser uma estrutura de conceitos que é isomórfica em relação à realidade. Assim, as transformações que ocorrem na realidade podem ser representadas por transformações no modelo que, como tal, não é uma cópia do real, mas uma representação parcial do mesmo. Uma realidade inacessível aos sentidos é explicada por meio de idéias e objetos similares àqueles existentes no mundo real. Nesse sentido, o modelo, apesar de fazer uso de uma analogia com objetos mecânicos reais, ultrapassa essa simples analogia, pois implica a criação de uma estrutura que não é idêntica ao real. (SOUZA *et al*, 2006)

Reiterando essa consideração, Romanelli (1996), em trabalho desenvolvido com a temática centrada no professor como mediador no processo de ensino e aprendizagem do conceito átomo, demonstrou a complexidade desse processo de elaboração através das dificuldades inerentes aos alunos em representar a idéia abstrata desse conceito. Segundo a autora, “a aprendizagem do conceito átomo, por escapar à esfera das percepções, passa a demandar da palavra um papel diferenciado”. E essa palavra, durante a construção de conceitos científicos, em especial conceitos que envolvem modelos, não aparece mediante a relação das pessoas com a experiência empírico-concreta, pois em relação aos

modelos científicos (modelos atômicos) o trabalho em nível de proposições de linguagem deve substituir a experimentação sensorial. Romanelli diz que “a aprendizagem de conceitos científicos envolve os alunos na construção de modelos mentais para entidades que não são percebidas diretamente”.

Em suas considerações finais, Romanelli diz que, quanto ao ensino das ciências em geral, é urgente a promoção de mudanças, sendo que as possibilidades de inovações pedagógicas estão condicionadas tanto à explicitação pelo professor de suas concepções sobre o papel mediador no processo de construção do conhecimento quanto à compreensão pelo professor da dinâmica de interação do sujeito/aluno com conceitos que demandam alto grau de abstração. Tal apelo reforça o que outras pesquisas consideram sobre o uso de analogias no ensino de Ciências bem como a situação geradora dessa pesquisa.

Enfim, além destas considerações, pesquisas desenvolvidas sobre esta mesma temática evidenciam que há uma extrema dificuldade dos alunos com relação à compreensão dos modelos atômicos. O nosso trabalho focaliza especificamente essa interação entre alunos e conceitos científicos.

1.3 APRESENTAÇÃO

Visando responder as questões apresentadas, paralelamente foram realizados dois estudos: um bibliográfico acerca do uso de analogias e metáforas no ensino de Ciências a fim de construir o conceito proposto – *contra-analogia* – adotando-se como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962) retratada principalmente em sua obra publicada originalmente em 1938 – *A formação do espírito científico*; e uma pesquisa de campo, de natureza qualitativa e caráter exploratório, com alunos do ensino médio da educação básica pretendendo-

se investigar como determinadas comparações são interpretadas no contexto do estudo dos modelos atômicos consensuais, a fim de discutirmos, como já foi dito, as possibilidades e as contribuições do uso de *contra-analogias*.

Neste primeiro capítulo, além da contextualização do problema proposto, apresentamos também a sua justificativa.

No segundo capítulo fizemos a apresentação de um estudo bibliográfico dedicado aos conceitos de analogia, metáfora e modelos no contexto do ensino de Ciências. Analisamos alguns esquemas propostos por diferentes autores para a compreensão do significado de analogia e de raciocínio analógico. Além disso, apresentamos as principais considerações decorrentes da epistemologia de Gaston Bachelard relacionadas ao uso de analogias, metáforas e imagens no processo de desenvolvimento do conhecimento e pensamento científicos, incluindo o ensino de Ciências.

No terceiro capítulo nos dedicamos em fundamentar os procedimentos metodológicos desenvolvidos em nossa pesquisa empírica, cujo objetivo era, além de se investigar o conhecimento que um determinado grupo de estudantes do ensino médio tinha acerca de alguns modelos atômicos, o de compreender como determinadas comparações feitas para tais modelos são interpretadas por eles. Descrevemos também neste capítulo a dinâmica conhecida como júri simulado, utilizada como técnica de observação para a investigação que pretendia verificar o modo como um determinado grupo de alunos interpretava e discutia comparações entre o modelo atômico proposto por Bohr e o sistema solar.

No quarto capítulo apresentamos os resultados e as formulações teóricas decorrentes do nosso estudo bibliográfico; considerações acerca dos modelos de raciocínio analógico apresentados com vistas a elaboração de uma nova proposta

de compreensão do significado de analogia e, principalmente de importantes aspectos relacionados a este tipo de raciocínio. Discutimos a dinâmica das relações analógicas inspirados em considerações bachelardianas. Apresentamos e discutimos o conceito de *contra-analogia* – uma possibilidade teórica de ensino por comparação que norteou o nosso trabalho de campo que está apresentado no restante deste capítulo. Apresentamos também os resultados obtidos tanto na análise das respostas dos estudantes da 1ª série ao questionário apresentado no apêndice B, quanto os obtidos na análise das respostas dos estudantes da 3ª série. Apresentamos também as observações e considerações feitas a partir da transcrição dos diálogos filmados durante a realização do júri simulado com estes alunos da 3ª série do ensino médio.

No quinto capítulo apresentamos nossas considerações finais a respeito da possibilidade teórica desenvolvida para o conceito de contra-analogia e do modo como os estudantes investigados interpretaram determinadas comparações propostas em nossa pesquisa de campo. Retomamos algumas das questões básicas do nosso trabalho e levantamos outras indagações pertinentes, apontando novas perspectivas em torno da temática.

Consideramos importante ressaltar que para a formatação da dissertação, seguimos as orientações de Müller & Cornelsen (2003).

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 AS ANALOGIAS E AS METÁFORAS COMO MODELOS DE ENSINO DE QUÍMICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 ANALOGIAS

Percorrendo a literatura relativa ao uso de analogias no processo de ensino e aprendizagem de ciências, encontramos muitas definições para o termo. Segundo Mól (1999), o conceito de analogia é amplo e utilizado por diferentes autores com significado distinto. Para alguns a analogia é o resultado da comparação de termos novos com outros já conhecidos; para outros, pode ser entendida como uma relação de semelhança ou dependência entre diferentes objetos; para outros, ainda, ela é um prolongamento de uma mera comparação, a partir da qual se tenta estabelecer múltiplas relações (OLIVEIRA, 1996).

Segundo Abbagnano (1999) o termo analogia tem dois significados fundamentais: primeiro é o sentido próprio e restrito, extraído do uso matemático (equivalente à proporção) de igualdade de relações. Esta origem matemática do conceito também é citada por Haarapanta (1992) *in* Duarte (2005). O segundo é o sentido de extensão provável do conhecimento mediante o uso de semelhanças genéricas que se podem aduzir entre situações diversas. Verifica-se inclusive que, de fato, o conceito de analogia não mais se aproxima deste primeiro sentido. A analogia não pressupõe a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece (DUARTE, 2005).

Consultando o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, encontramos as seguintes definições para o conceito de analogia:

s.f. qualidade, estado ou condição de análogo **1** relação ou semelhança entre coisas ou fatos [...] **3** p.ext. FIL na filosofia grega de tendência matematizante, identidade de relação entre pares de conceitos dessemelhantes (exemplificada pela proposição platônica: “a inteligência está para a opinião assim como a ciência está para a crença”) [...] **5** p.ext. (da acp.4) FIL esp. na filosofia moderna, processo efetuado através da passagem de asserções facilmente verificáveis para outras de difícil constatação, realizando uma extensão ou generalização probabilística do conhecimento **6** p.ext. FIL o mesmo processo cognitivo transportado para a ciência moderna (como, p.ex., na analogia entre o raio e a centelha elétrica formulada por Benjamin Franklin [1706-1790]) **7** correspondência que pode ser estabelecida entre fenômenos cuja física é distinta, mas cujas grandezas são descritas por funções matemáticas que possuem propriedades semelhantes ou idênticas **9** [...] por a. segundo as relações de semelhança existentes entre coisas ou fatos <raciocinar por a.> ETIM lat. ‘proporção, relação, simetria, semelhança, conformidade, t. de GRAM analogia’ <gr. *analogía*, as ‘proporção matemática, correspondência’, de *análogos, os, on* ‘proporcional, que está em relação com, análogo’; [...]. (HOUAISS, 2001, p.202, grifos nossos).

Cachapuz (1989) cita a definição de Sternberg & Rifkin (1979): *por analogia formal entende-se uma proposição da forma “A está para B assim como C está para D” de tal modo que a relação entre A e B é similar à relação entre C e D.* Percebe-se nesta definição a atribuição original matemática sobre o conceito e sua aplicação. O autor ainda afirma que o que está verdadeiramente em jogo não é o conhecimento individual dos termos A, B, C ou D, mas sim a natureza das relações supraordenadas aos domínios conceptuais.

Para outros autores, a analogia é entendida como um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita entre duas “coisas”, uma definição de informação nova em termos já familiares (NEWBEY, 1987 in DUARTE, 2005), ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido (GLYNN, 1991).

Entre outros autores, destacamos as definições de Duit (1991) e de Treagust *et al* (1992), que consideram a analogia como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Ainda segundo Duit, uma analogia indica a *relação entre partes comuns das estruturas de dois domínios*. De acordo com Mól, considerando esta concepção, dois conceitos serão análogos se possuírem certas identidades em suas estruturas, e que esta parte da estrutura, comum aos dois conceitos, segundo Duit, seria denominada por *modelo*.

Oliva (2003), de forma bastante objetiva, define analogias simplesmente como comparações entre noções – conceitos, princípios, leis, fenômenos, etc – que mantêm certa semelhança entre si.

Outra definição, no mínimo interessante, é a de Aulete (1974): *analogia é o processo pelo qual o espírito, observando as relações e semelhanças das coisas, se eleva ao descobrimento da razão dessas relações e semelhanças*.

Venville *et al* (1994) apresenta a seguinte definição para analogia:

a correspondência de algumas características entre conceitos, princípios ou fórmulas que são por si só diferentes. Mais precisamente, é um mapeamento **entre características similares** de dois conceitos, princípios ou fórmulas. (grifo nosso)

Nesta definição, como também observa Mól (1999), o conceito de analogia aparece como a identificação ou mapeamento das similaridades entre os dois conceitos, reforçando a idéia de que o uso de analogias deve explicitar que atributos são compartilhados. É uma definição na qual claramente observamos o privilégio dado ao que há em comum, contrariamente ao que há de diferente. Assim como muitos pesquisadores na área, consideramos que é também necessário explicitar as características que não são compartilhadas. As características e

propriedades que não são compartilhadas pelo domínio e alvo constituem o que os pesquisadores chamam de limitação da analogia.

Concordando com Duarte (2005), apesar das diferenças, em todas as definições se reconhece que a analogia envolve o estabelecimento de comparações ou relações, entre o conhecido e o pouco conhecido (ou desconhecido).

Em seu trabalho sobre os contributos e desafios no estudo das analogias na educação em Ciências, Duarte também sinaliza que há alguma falta de acordo entre os diferentes investigadores em função da variabilidade terminológica associada às analogias, especialmente no que diz respeito ao termo utilizado para designar o conceito/fenômeno do domínio conhecido. Segundo a autora, enquanto o termo “alvo” (*target*) para o domínio desconhecido parece obter um elevado consenso, termos como *objecto*, *problema*, *branco*, *meta*, *tópico*, *tema*, também são referidos com o mesmo significado. Para o domínio conhecido, o termo parece ser menos consensual, aparecendo sob a denominação de *foro*, *base*, *fonte*, *veículo*, *âncora* e *análogo*. Contudo – completa a autora – esta variedade não pressupõe divergência entre os autores sobre o significado atribuído aos termos.

Partindo da definição de analogias como ferramentas no processo de construção de noções científicas por aproximarem dois conceitos heterogêneos, Ferraz & Terrazan (2001) construíram um conjunto de nove categorias que dizem respeito ao nível de organização das analogias utilizadas pelos professores. O quadro 01 apresenta as nove categorias, uma breve descrição e um exemplo para cada uma.

Quadro 01 – Categorias propostas por Ferraz & Terrazan (2001) relacionadas ao nível de organização de analogias, com suas respectivas descrições e exemplos.

Categoria	Descrição
Analogias simples	São quase metáforas
Analogias do tipo simples referindo-se à função	Propõem uma característica funcional correspondente
Analogias do tipo simples referindo-se à forma	Propõem o domínio alvo em referência à forma do análogo
Analogias do tipo simples referindo-se à função e à forma	Apresentam características referentes tanto à forma quanto à função
Analogias do tipo simples referindo-se aos limites do análogo	Introduz o domínio alvo e logo indica aonde a analogia falha
Analogias enriquecidas	Fazem o mapeamento explícito
Analogias duplas ou triplas	Dois ou três conceitos-alvo diferentes e complementares são explicados por dois ou três análogos, cada um correspondente a um domínio alvo.
Analogias múltiplas	Apresentam o conceito alvo e colocam mais de um análogo para explicar o mesmo alvo
Analogias estendidas	São mais sistemáticas. Vários atributos do conceito alvo são explicados e fazem correspondências ao análogo. Também, uma analogia estendida pode incluir as limitações da relação analógica. Além disso, uma analogia estendida pode conter ainda mais de um análogo, complementar ao primeiro.

FONTE: Original, 2008. Pesquisa bibliográfica – FERRAZ & TERRAZAN, 2001.

Outro conjunto de categorias é o de Nagem (1997, 2003), que classifica analogias e metáforas como sendo estrutural, funcional, antrópica, zootrópica, fitotrópica ou congelada (conceitual).

O quadro 02 apresenta essas seis categorias propostas por Nagem *et al* (2003).

Quadro 02 – Categorias propostas por Nagem (2003) para a classificação de analogias e metáforas.

Categoria	Descrição
Estrutural	Quando o objeto analógico pode ser comparado com o objeto real na sua forma
Funcional	Quando o objeto analógico pode ser comparado ao objeto real no seu funcionamento
Antrópica	Quando a frase transmite uma idéia de racionalidade, egocentrismo, atribuindo aos objetos ou fenômenos características de seres humanos
Zootrópica	Quando a frase transmite uma idéia de morfologia ou comportamento, atribuindo aos animais
Fitotrópica	Quando a frase transmite uma idéia de morfologia ou comportamento, atribuindo aos vegetais
Congelada (ou conceitual)	Quando os termos já são utilizados há anos, não trazendo nenhuma surpresa ao leitor (congelada) ou quando os termos definem o fenômeno, ou seja, é considerado como sinônimo.

FONTE: Original, 2008. Pesquisa bibliográfica – NAGEM, 2003.

Neste trabalho adotaremos o conceito apresentado por Duit (1991) que define uma analogia, conforme já foi dito, como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, ou seja, uma comparação que se baseia nas semelhanças entre objetos ou conceitos pertencentes a domínios distintos. Denotaremos por alvo (ou conceito alvo) o modelo, a estrutura ou o conceito científico tomado como objeto de compreensão, descrição, ilustração ou explicação através da analogia. Da mesma forma, utilizaremos os termos *veículo* ou *análogo* para expressar o objeto, a estrutura ou o fenômeno pertencente ao domínio

familiar, isto é, conhecido, por meio do qual ocorre a compreensão, descrição, ilustração ou explicação do alvo.

2.1.2 MODELOS DE ESTRUTURA PARA ANALOGIAS E CONCEPÇÕES DE RACIOCÍNIO ANALÓGICO

Entre inúmeras publicações encontradas que tratavam do conceito em questão, nos deparamos com alguns esquemas cujo intento era o de apresentar um modelo ou simplesmente uma caracterização do que viria a ser uma analogia ou um raciocínio analógico.

Segundo Mól (1999) o raciocínio analógico é um dos meios pelos quais as experiências são relacionadas e diferenciadas do conhecimento já existente. As analogias serviriam também para o entendimento de novas situações pela construção e comparação a domínios mais familiares. Para alguns teóricos o raciocínio analógico seria freqüentemente caracterizado como a busca de um esquema implícito ou relações analógicas em situações problemas. Ainda segundo Mól, alguns autores caracterizam o raciocínio analógico como um processo de instrução de mapeamento, no qual um novo conceito seria entendido a partir de um domínio conhecido.

Destacamos os esquemas/modelos de Duit (1991), Clement (1993), Borges (1997) e González (2005). Em todos os esquemas há menção à existência de um domínio familiar, entendido como fonte ou análogo, e um domínio alvo (*target*).

Não obstante à cronologia apresentada anteriormente, preferimos discutir primeiramente as características dos modelos apresentados por Clement (1993) e

por Borges (1997), para posteriormente abordar os elementos associados aos de Duit (1991) e de González (2005).

Clement (1993) propôs um modelo básico de raciocínio analógico segundo o esquema ilustrado na figura 01.

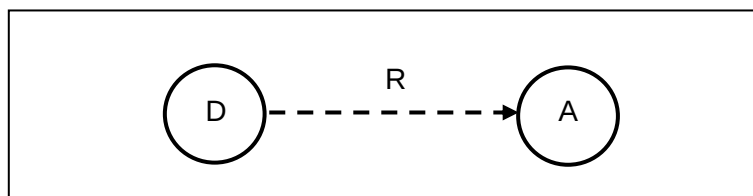


FIGURA 01 – Modelo básico de raciocínio analógico proposto por Clement (1993).

Fonte: CLEMENT, 1993.

No esquema proposto por Clement (1993) a letra D representa o conceito domínio que se pretende relacionar com o conceito alvo, representado pela letra A. A relação analógica existente entre os conceitos é representada pela letra R. A linha tracejada serviria para indicar que nem sempre a relação é compreendida. Para que numa situação de ensino a analogia alcance o propósito pretendido, existem, de acordo com o autor, três requisitos:

- 1. O estudante deve perceber claramente o conceito domínio D;*
- 2. Confirmar a plausibilidade da relação analógica R;*
- 3. Deve aplicar atributos do domínio D ao conceito alvo A.*

Mól (1999) considera que embora pareçam óbvias, nem sempre estas etapas são seguidas. E que, além disso, uma outra etapa deveria ser adicionada a esta proposta: a determinação das limitações da relação analógica. Ou seja, deve-se discutir com os estudantes quais atributos do conceito domínio que não se aplicam ao alvo para que não façam transposições equivocadas.

De acordo com Borges (1997), a nossa habilidade em falar sobre um fenômeno ou sobre um objeto está intimamente relacionada com a nossa

compreensão dele, sendo as explicações tentativas de compreender um evento ou uma situação não-familiar em termos de coisas com as quais estamos habituados, ou em termos de sistemas familiares de relações por meio de analogias.

Quando uma coisa é dita ser análoga a outra, implica que uma comparação entre suas estruturas é feita e a analogia é o veículo que expressa os resultados de tal comparação. Analogias são, portanto, ferramentas para o raciocínio e para a explicação. Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto ou uma idéia, de um evento ou de um processo, envolvendo analogias. Portanto, da mesma forma que uma analogia, um modelo implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos. (BORGES, 1997)

A figura 02 apresenta o esquema entre modelo, nessa concepção de Borges, sistema fonte e sistema alvo.

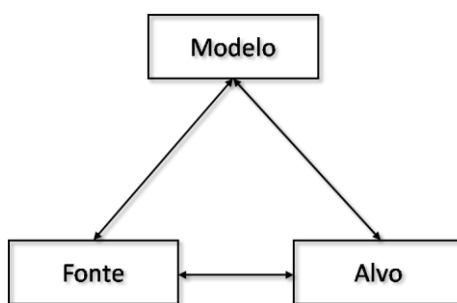


FIGURA 02 – Relação esquemática entre modelo, sistema fonte e sistema alvo, proposto por Borges (1997).

Fonte: BORGES, 1997.

Há que se considerar que Borges (1997), ao apresentar este esquema da figura 02, não tinha como objetivo propor nenhuma explicação do que viria a se constituir ou se caracterizar como raciocínio analógico. Tais relações entre os termos *modelo*, *fonte* e *alvo* foram utilizados por este autor para discutir modelos mentais. No entanto, consideramos válido apresentá-lo devido às semelhanças que podem ser percebidas com os outros esquemas apresentados aqui, além da apresentação que este autor faz sobre sua compreensão daquilo que seria uma analogia.

Segundo Duit (1991), uma analogia indica a *relação entre partes comuns das estruturas de dois domínios*. De acordo com Mól (1999), considerando esta concepção, dois conceitos serão análogos somente se possuírem certas identidades em suas estruturas, e que esta parte da estrutura, comum aos dois conceitos, em semelhança ao que apresenta Borges (1997), seria denominada por *modelo*. No entanto, Duit afirma que:

Modelos, como analogias, têm a ver com mapeamento estrutural de diferentes domínios. Eles geralmente representam partes da estrutura do domínio alvo. É a relação analógica que faz de um modelo um modelo. (DUIT, 1991, p.651)

A figura 03 apresenta o diagrama elaborado por Duit (1991) para representar o significado de uma analogia.

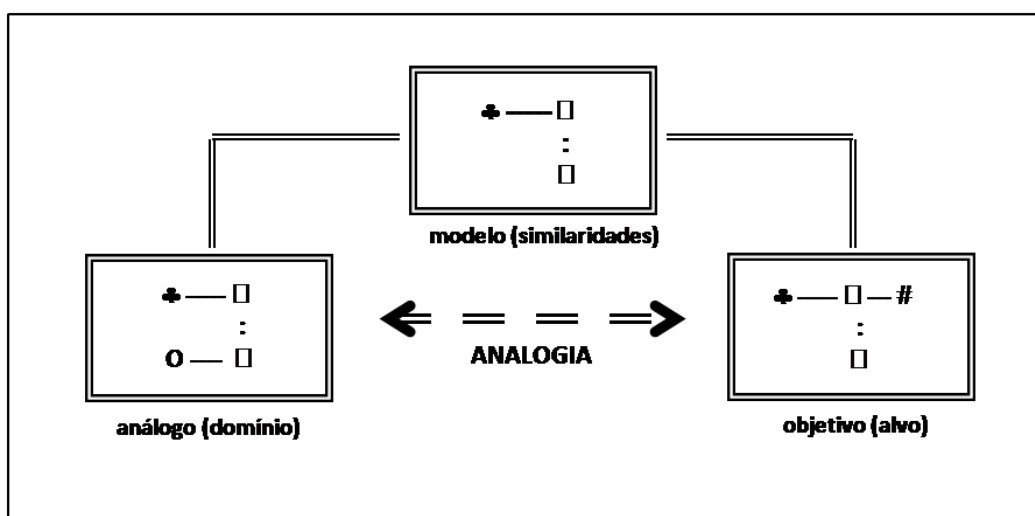


FIGURA 03 – O significado da analogia segundo Duit (1991).

Fonte: DUIT, 1991.

Concordamos com a análise de Mól (1999) quando considera analogia como a relação entre partes comuns aos dois conceitos.

De acordo com Duit (1991),

Uma relação analógica é simétrica porque ela é baseada em identidades de partes das estruturas. Consequentemente, os termos

análogo e alvo não indicam algum tipo de hierarquia lógica. Eles são termos que indicam o propósito do uso de uma analogia. (DUIT, 1991, p. 650)

Semelhantemente a Borges (1997), González (2005), ao afirmar que a compreensão de um conceito científico implica em dispor de uma representação interna do mesmo, isto é, de um modelo mental, diz que ambos – o modelo mental e o conceito científico, devam ser semelhantes em sua estrutura e no seu aspecto ou aparência. De acordo com este autor, cada estudante constrói modelos mentais partindo da percepção do discurso (representações proposicionais que o conformam) ou da imaginação. E, na medida que o estudante adquire um maior conhecimento do conceito, este modelo inicial é revisado e posteriormente substituído por outros modelos mais funcionais e mais consistentes com o modelo conceptual (conceitos científicos). A figura 04 proposta por González (2005) ilustra essa evolução do modelo mental até o modelo conceptual.

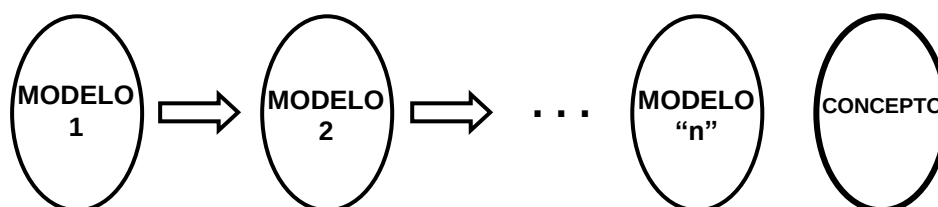


FIGURA 04 – Representação da evolução de diferentes modelos mentais de um *concepto*, proposto por González (2005)

Fonte: GONZÁLEZ, 2005.

Para González (2005) a construção de um modelo mental de um conceito novo, abstrato, para o qual não existem “exemplos perceptíveis”, se torna facilitado através do oferecimento de um modelo “confeccionado” em forma de comparação. Desse modo, o autor compreende a comparação como um recurso didático que poderia ser utilizado no processo de ensino-aprendizagem das Ciências, e que teria a finalidade de ajudar o estudante a criar um modelo mental inicial que serviria de

base para a aprendizagem futura. Afirma ainda que este modelo mental inicial é construído mediante uma operação na qual se relacionam as representações de duas situações e se abstrai a estrutura comum para todas as relações existentes. Entre tais situações há uma que é familiar;

*La familiaridad facilita La correlación de la información y, también, la elaboración de modelos mentales más comprensibles, y contribuye de esta manera a un aprendizaje menos memorístico y más significativo (...)*³ (GONZÁLEZ, 2005).

Nessa operação de estabelecimento de relações, de acordo com o autor, ocorre transferência de uma situação conhecida para outra desconhecida – “*se transfiere aquello que es semejante y de interés*”⁴...”.

Por fim, para González, analogia ou modelo analógico é a estrutura mental comum entre o análogo e o alvo. A figura 05 mostra a representação da “estrutura externa” de uma analogia.

³ A familiaridade facilita a correlação de informações e, também, a elaboração de modelos mentais mais compreensíveis e significativos.

⁴ Transfere-se o que é

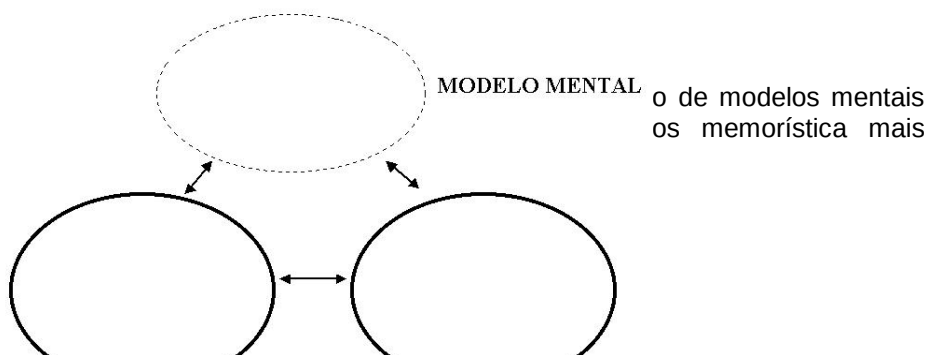


FIGURA 05 – Representação da *estrutura externa* de uma analogia, proposta por González (2002).

Fonte: GONZÁLEZ, 2002.

Dessa maneira a analogia é concebida como um processo em que, mediante a comparação do análogo e do *tópico*, se estabelece uma correspondência de relações entre as características similares de ambos, denominada *trama de relações* ou *relação analógica*. O tipo de semelhança e as características similares que constituem parte da trama de relações formam a *estrutura interna* da analogia. González (2005) ainda diz que as investigações conduzidas por Gentner (1983⁵, 1989⁶) sobre analogia e raciocínio analógico têm culminado no denominado modelo estrutural de raciocínio analógico, do qual é possível se admitir o seguinte:

1. *Que tanto el análogo como el tópico están constituídos por elementos y que éstos forman parte de sua estructura;*
2. *Que cada elemento viene caracterizado por una serie de propiedades o características;*
3. *Que entre los elementos existen conexiones que son las correlaciones o comparaciones entre estos elementos;*
4. *Que estas conexiones constituyen la estructura del análogo y del tópico*⁷.

⁵ GENTNER, D. Structure-Mapping: a Theoretical Framework for Analogy, *Cognitive Science*, vol.7, 1983, pp.155-170

⁶ ____: Similarity and analogical reasoning. S. VOSNIADOU y A. ORTONY (eds.), Cambridge University Press, London, 1989.

⁷ 1. Que tanto o análogo quanto o tópico estão constituídos por elementos e que estes formam parte de sua estrutura; 2. Que cada elemento vem caracterizado por uma série de propriedades ou características; 3. Que entre os elementos existem conexões que são as correlações ou comparações entre estes elementos; 4. Que estas conexões constituem a estrutura do análogo e do tópico.

González (2005) ainda afirma que estudos recentes têm conduzido a denominar *componentes* os elementos que constituem o análogo e o alvo, e *nexos* as conexões que existem entre estes componentes. Assim, denominam-se de *atributos* as características dos componentes e de *relação analógica (ou malha)* o conjunto de relações de características similares entre o análogo e o alvo que constituem o modelo mental. E que, além disso, o modelo estrutural do raciocínio analógico distingue as comparações de atributos de componentes, ao que se denomina *comparações de ordem inferior*, das comparações de *nexos*, ao que se denomina de ordem superior. A figura 06, como apresenta González, mostra a estrutura da analogia incluindo estes termos.

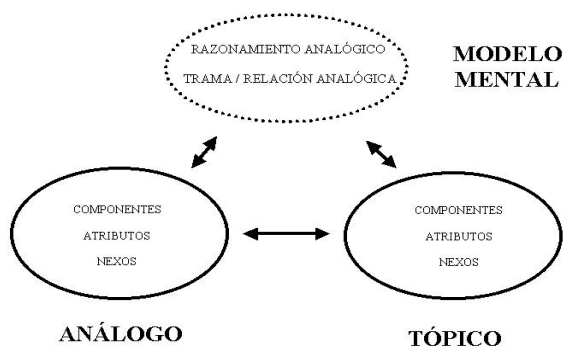


FIGURA 06 – Estrutura da analogia, segundo González (2005)

Fonte: GONZÁLEZ, 2005.

El análogo es el punto de partida de la analogia. Representa el conocimiento que posee el estudiante... (...). Las características de los componentes se denominan características superficiales del análogo, y las de los nexos características estructurales⁸. (GONZÁLEZ, 2005, grifo nosso)

A fim de explanar seu modelo estrutural, González recorre ao esquema proposto por Duit (1991), elaborando uma representação da estrutura de uma analogia utilizando os mesmos símbolos deste. A figura 07 mostra essa adaptação.

⁸ O análogo é o ponto (...) As características dos *nexos* característi

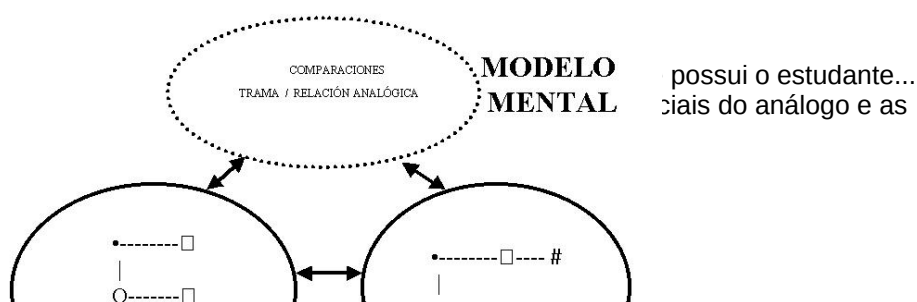


FIGURA 07 – Representação da estrutura de uma analogia por adaptação ao modelo de Duit, elaborado por González (2005)

Fonte: GONZÁLEZ, 2005.

González prossegue dizendo que os *nexos* semelhantes constituem um subconjunto dentro da totalidade de *nexos* do análogo e do alvo. E que se um *nexo* do análogo não tem seu semelhante no alvo, ou vice-versa, este não é relevante. A figura 08 apresenta esta consideração do autor.

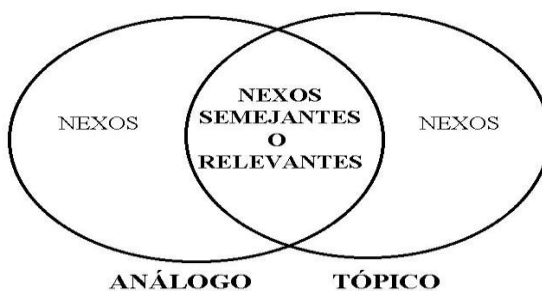


FIGURA 08 – Esquema proposto por González (2005) para representar os *nexos* relevantes.

Fonte: GONZÁLEZ, 2005.

De acordo com o autor, a semelhança estrutural nunca atinge a totalidade da estrutura do análogo e do alvo, isto é, a totalidade dos *nexos* de ambos. Sempre existirão *nexos* que não se correspondem, que não são semelhantes e que, dessa

forma, em sua perspectiva, não serão relevantes para a analogia. Estes constituiriam a *restricción estructural* (restrição estrutural).

E por fim, nesta concepção admite-se que o raciocínio analógico:

1º - Está constituído por dois processos:

- a) Acesso ao análogo e;
- b) Extrapolação ou estabelecimento de comparações entre a informação relevante do análogo e do alvo.

2º - O processo de extrapolação é a etapa fundamental do raciocínio analógico.

3º - O raciocínio analógico se completa com a transferência de conhecimento e aprendizagem.

2.1.3 METÁFORAS

Segundo Mól (1999), diferentemente das analogias, as metáforas comparam sem explicitar as relações existentes entre os conceitos, possuindo sempre um aspecto obscuro e de surpresa que provoca anomalias. Concordamos com o autor quando considera o caráter implícito nas relações existentes entre os conceitos em uma metáfora. Considera que assim como as analogias, as metáforas são comparações, diferindo uma da outra na essência. Para ele, o conceito de metáfora é diferenciado do conceito de analogia com base na relação existente entre os diferentes domínios, reforçando as diferenças entre os dois domínios comparados sendo, por isso, essencialmente falsas. Queremos, posteriormente, retomar essas considerações ao introduzir o conceito de contra-analogia, e discutir o papel das analogias, das metáforas e das contra-analogias nas relações semelhantes e diferentes que podem ser observadas entre conceitos distintos.

De acordo com esta concepção, as analogias e as metáforas passam a serem vistas como “os extremos de dois pólos”, isto é, são colocadas conceitualmente como partes extremas de uma comparação, de maneira que toda analogia passa a possuir um caráter metafórico e toda metáfora passa a possuir um caráter analógico. Segundo essa idéia, sempre que comparamos dois conceitos ou situações, provavelmente os dois possuem atributos comuns que conferem identidade analógica à comparação, bem como possuem atributos que não são comuns, conferindo dessa forma um caráter metafórico à mesma.

2.2 MODELOS EM CIÊNCIAS E NO ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com Colinvaux (1998) há um amplo conjunto de pesquisas relacionadas à educação em Ciências enfatizando que modelos e processos de modelagem desempenham um papel central no desenvolvimento da Ciência. E que deste pressuposto decorre que, se as práticas dos cientistas envolvem a elaboração de modelos, então é necessário que a educação em Ciências trate também do tema dos modelos, seja em suas investigações, seja em suas práticas pedagógicas, formais e não formais. A questão colocada pela autora é que, se de um lado a educação em Ciências deve assegurar a aprendizagem dos modelos consensuais elaborados pelas comunidades científicas, deve também, em articulação com o objetivo anterior, promover a aprendizagem dos processos e técnicas que levam à elaboração dos modelos próprios à Ciência, isto é, dos processos em si mesmo de modelagem.

A construção de modelos pelo estudante, embora seja raramente utilizada em situações do cotidiano, é muito importante não só como recurso para compreender e explicar os fenômenos estudados como, também, por corresponder a um determinado esforço intelectual que está no cerne do trabalho científico. (LIMA & BARBOZA, 2005)

A questão aqui colocada, para além da importância de se considerar a centralidade dos modelos e da modelagem na educação em Ciências, é a necessidade de se colocar uma definição do que são modelos em Ciências e no ensino de Ciências. Ou seja, de se esclarecer, tornando o conceito mais objetivo, as relações e diferenciações entre os contextos científico e educacional e toda a complexa discussão sobre os processos de mediação didática que permitem estabelecer pontes entre os dois contextos, e como os alunos e professores podem fazer uso dos modelos científicos e dos processos de modelagem.

Gilbert & Boulter (1994) definem modelo como uma representação de uma idéia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema. Segundo os autores, os modelos constituem uma parte fundamental das narrativas de educação em Ciências, sobretudo como consequência das várias tipologias que podem ser construídas a respeito. Afirmam que é possível diferenciar entre *sistema-alvo* (aquilo que existe na experiência coletiva e que é objeto da representação); *modelo mental* (uma representação pessoal e privada de um alvo); *modelo expresso* (uma versão do modelo mental que é expressa por um indivíduo através da ação, da fala ou da escrita); *modelo consensual* (um modelo expresso que foi submetido a testes por um grupo social, por exemplo pertencente à comunidade científica, e sobre o qual se concorda que apresenta algum mérito); e *modelo de ensino* (um modelo especialmente construído e usado para auxiliar na compreensão de um modelo consensual).

Ainda segundo esses autores, há uma íntima relação entre os modelos, as analogias e metáforas. Para eles, um modelo de um alvo, independente de sua tipologia, é *produzido a partir de uma fonte (algum outro objeto, evento ou idéia) por*

meio de metáforas, nas quais o alvo é visto, ainda que inicialmente e por pouco tempo, como sendo muito similar à fonte.

Semelhantemente, para Borges (1997), um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto ou uma idéia, de um evento ou de um processo, envolvendo analogias. Para ele, portanto, da mesma forma que uma analogia, um modelo implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos. Porém, ao tratar da relação entre modelos e modelos mentais, o autor considera que não há uma definição explícita do que seja um modelo mental. O que se tem é uma caracterização simples que diz que um modelo mental é um modelo que existe na mente de alguém. A partir daí, o autor prossegue discutindo o papel dos modelos mentais na Ciência Cognitiva, usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem, e a diversidade de usos e de pressupostos envolvidos neste conceito.

Seguindo a mesma linha de raciocínio de Gilbert & Boulter (1994), Justi & Monteiro (2000) descrevem as tipologias de modelos e caracterizam especialmente os modelos pedagógicos como modelos de ensino, isto é, modelos utilizados pelos professores e autores de materiais instrucionais com o objetivo específico de ajudar os alunos a entenderem algum aspecto do que se deseja ensinar. Diz que, em decorrência de seu objetivo, um modelo de ensino deve preservar a estrutura conceitual do modelo científico ao qual ele se relaciona. Observa que, no ensino de Química, os modelos de ensino mais freqüentemente usados são: modelos concretos (moleculares ou não), desenhos (de materiais, processos e modelos moleculares), gráficos aos quais outros recursos (como, por exemplo, através de cores e desenhos) são adicionados diagramas, analogias e simulações.

Em nosso trabalho, adotaremos a perspectiva de Justi e Gilbert para os diferentes modelos em Ciências e no ensino de Ciências. De acordo com esta perspectiva, discutiremos as possíveis relações entre as analogias e contra-analogias, enquanto modelos de ensino, os modelos científicos consensuais para a entidade átomo elaborados a partir do início do século XIX até o início do século XX, e os modelos expressos comunicados pelos alunos através de instrumentos adequados elaborados em função da pesquisa.

2.3 ANALOGIAS E METÁFORAS NA PERSPECTIVA BACHELARDIANA

A constatação da espontaneidade e da naturalidade nas quais analogias são criadas, independentes da situação formal de ensino, a fim de se explicar ou de se compreender determinadas estruturas e/ou fenômenos até então desconhecidos pelo homem, tem permitido à comunidade científica percebê-las não somente como parte da cognição humana, mas também como importantes ferramentas capazes de contribuir enormemente para o próprio desenvolvimento da Ciência, e como um possível recurso didático mediador para o ensino de Ciências.

Por outro lado, também por causa de tal constatação, apontando para o seu uso inconsciente e irreflexivo, muitos autores discorrem o seu perigo e chegam inclusive a descrever desvantagens e cuidados na utilização de analogias e metáforas como estratégia de ensino. Dentre estas pesquisas, um autor comumente citado como referência para alertar sobre o mau uso de analogias é o epistemólogo francês Gaston Bachelard (1884-1962).

Andrade *et al* (2002), bem como Melo (2005), Silveira *et al* (2006) e Gomes & Oliveira (2007), apresentaram uma série de observações epistemológicas de Bachelard acerca da linguagem metafórica e analógica na ciência e no ensino de

ciências, discutindo os conceitos de obstáculos epistemológicos e pedagógicos apresentados principalmente em seu livro *A formação do espírito científico*⁹.

Pretendemos retomar tal discussão considerando as estratégias de ensino com recurso às analogias apresentando, paralelamente, uma proposta com vistas a uma nova abordagem metodológica para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, à luz da epistemologia bachelardiana.

Para Bachelard, “o conhecimento do real é luz que projeta algumas sombras”; o conhecimento empírico é a causa de muitos erros, e a constante retificação destes erros é indispensável à formação do espírito científico. Nesta concepção os erros se tornam fundamentais – necessários e inevitáveis, pois refletem os períodos de estagnação, inércia e até regressão com que se depara o espírito científico (MELO, 2005). Para Bachelard o pensamento científico evolui por rupturas e descontinuidades.

Nesta perspectiva, Bachelard assinala que ao olhar para um objeto de estudo, fenômeno, interpreta-se a imagem com toda carga de cultura, expectativas, vontades e facilidade que experiência primeira oferece. O sujeito coloca muito de si no próprio ato de conhecer, impregnando o conhecimento científico de traços subjetivos, imaginários, muitas vezes de foro afetivo. Tais traços fariam com que o ato de conhecer permanecesse contaminado de impurezas que escapam ao controle dos cientistas. Admite, pois que há um inconsciente científico que perturba a atividade científica, ou seja, que há elementos inconscientes na base do conhecimento. Dessa investigação emerge a teoria central da reflexão bachelardiana – a teoria dos obstáculos epistemológicos (ANDRADE *et al*, 2002).

⁹ Título original: *La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Publicado em pela *Librairie Philosophique J. Vrin*, Paris, em 1938.

Esses obstáculos decorreriam da experiência primeira, do conhecimento geral, do abuso de imagens usuais, do conhecimento unitário e pragmático, do substancialismo, do realismo, do animismo e do conhecimento quantitativo, e seriam as causas da “estagnação e até regressão do progresso da ciência”.

O cientista contemporâneo deve empenhar-se em superar os obstáculos epistemológicos, inclusive desvinculando-se de conceitos advindos unicamente das imagens. Um pensamento deve formar-se em ruptura a um conhecimento anterior, devendo o pesquisador estar consciente dessa constante superação desses obstáculos, que compreendem um espectro amplo e ilimitado. O percurso do pesquisador deve, na perspectiva bachelardiana, ter como pressuposto básico a construção e a desconstrução do saber. Bachelard salienta que:

(...) Toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim razões para a razão evoluir. (BACHELARD, 1996, p.24)

Na perspectiva bachelardiana, a ciência nos coloca em presença de revoluções e não de evoluções, dando-se seu avanço por descontinuidades ou rupturas, onde cada ruptura é um não – uma negação a um passado de erros (ANDRADE *et al*, 2002).

Bachelard faz uma análise baseada em exemplos do ele considera conhecimento pré-científico (antiguidade clássica até o final do século XVIII) onde estes obstáculos estavam, segundo ele, fortemente presentes e prevalecia o domínio da linguagem metafórica, com o uso de imagens e generalizações que guiavam o pensamento para uma visão concreta e imediata, impedindo o processo de abstração necessário para a formação do espírito científico. Andrade *et al* (2002)

pontua que apesar de não possuir em sua obra textos exclusivamente voltados para a questão educacional, introduz a noção de obstáculos pedagógicos, relacionados aos mesmos obstáculos ao conhecimento científico. Diz que para esse autor, a noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada tanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico, como também na educação, uma vez que estes se constituem em obstáculos pedagógicos para o ensino de ciências. Como exemplo de suas colocações, Bachelard (1996) diz que:

O educador deve procurar destacar sempre o observador do seu objeto, defender o aluno da massa de afetividade que se concentra em certos fenômenos rapidamente simbolizados, e de certa forma muito interessantes. (p.67,68)

Considerando o papel central na formação do espírito científico desempenhado pela ênfase na noção de obstáculo epistemológico na filosofia histórica de Bachelard, Melo (2005) afirma que a educação científica deve ser responsável pela instrução e mobilização cognitiva tanto dos estudantes que seguirão a carreira científica quanto daqueles que atuarão na prática docente no ensino de ciências, para que não intervenham em suas ações profissionais entraves e obstáculos, de ordem psíquica, retratos fiéis da inércia do pensamento.

No que diz respeito ao uso de analogias em ciências ou no ensino de ciências, segundo Bachelard, a utilização dessa forma de linguagem, intimamente ligada às concepções prévias dos alunos, pode induzir a formação ou ao reforço de obstáculos como, por exemplo, o substancialismo e o animismo. Nesse sentido, afirma:

(...) 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)

Bachelard considera que a utilização excessiva de imagens que se acumulam prejudica a razão, pois seu lado concreto, apresentado sem prudência, impediria a visão abstrata e nítida dos problemas reais. No período pré-científico “por um movimento puro e simplesmente lingüístico, os autores associavam uma palavra concreta a uma palavra abstrata, pensando ter-se feito avançar as idéias” (BACHELARD, 1996; caso da esponja apresentado no capítulo IV p.91-102). Ele afirma que “para ser coerente, uma teoria de abstração necessita afastar-se bastante das imagens primitivas” alertando que, quando a aplicação da imagem “é utilizada de forma mais rápida e direta e menos controlada, a imagem se explica automaticamente e pode ficar confusa, complicada e adquirir uma característica substancialista” (ANDRADE *et al*, 2002).

Bachelard (1996), no desenvolvimento do seu pensamento em torno dos perigos associados ao uso imediato e indiscriminado de analogias e metáforas, faz as seguintes afirmações:

(...) as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve, pois tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. (p.97)

O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino das imagens. (p.101)

... mesmo quando se quer apagar a imagem, a função da imagem persiste. (p.93)

Como podemos perceber, a epistemologia histórica de Bachelard tece incisiva crítica ao uso indiscriminado desses recursos lingüísticos – as analogias e metáforas, argumentando que se constituem apenas modelos de raciocínio e de modo algum cópia fiel da realidade. Conhecemos com a razão, sendo assim, as

imagens apenas representam um estágio do ato de conhecer que, na perspectiva bachelardiana, deve ser destruído imediatamente (MELO, 2005).

De acordo com Lopes (1996), para Bachelard as imagens são ao mesmo tempo boas e más, indispensáveis e prejudiciais:

Não podemos... considerar que Bachelard defende a impossibilidade de utilização de metáforas e imagens. **Sua posição é de que a razão não se pode acomodar a elas, devendo estar pronta a desconstruí-las** sempre que o processo de construção do conhecimento científico assim o exigir. (p.263, grifo nosso).

Melo (2005) ainda afirma que nesta perspectiva, em virtude de uma compreensão inadequada destes mecanismos explicativos, o pensamento científico (e porque não dizer a nossa mente) manifesta a tendência de contemplar as analogias, metáforas e imagens como uma afirmação dogmática da realidade, **rejeitando desatentamente as diferenças** entre os domínios que se pretende estabelecer correspondências.

Tratando-se ainda de sua epistemologia histórica, vimos que Bachelard salienta que “a ciência se desenvolve por descontinuidades; rompe com o saber sedimentado; avança por marchas e contramarchas, idas e vindas, descrevendo uma trajetória sinuosa, que nada tem de linear” (MELO, 2005). E quanto ao ensino de ciências diz:

Sem dúvida, seria mais simples ensinar só o resultado. Mas o ensino dos resultados da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter certeza de que **o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas**” (BACHELARD, 1996, p.289, grifo nosso).

Além da utilização consciente e cuidadosa das analogias e metáforas tanto no ensino quanto na construção da ciência, Bachelard alerta constantemente em seus trabalhos para os perigos do mau uso destes instrumentos, que podem ser

a causa de profundas distorções do conhecimento. Em virtude da estreita ligação ao real sensível, as analogias, metáforas e imagens no espaço escolar não devem assumir o papel de ponte, indicando uma espécie de continuidade entre o conhecimento científico e o conhecimento comum, pois poderiam mascarar a ruptura necessária entre esses dois domínios de saber veiculados a racionalidades distintas (MELO, 2005)

Para Bachelard, as analogias, metáforas e imagens no ensino e na própria ciência “devem ser realizadas e desrealizadas”, ou seja, devem ser passageiras, concebidas com caráter efêmero e provisório, jamais permanecendo de forma definitiva no pensamento.

Vistas todas estas considerações bachelardianas, parece-nos adequado pensar para o ensino de ciências com recurso às analogias, bem como às metáforas e imagens, a introdução de um caráter dinâmico; aberto e investigativo, possibilitando uma espécie de movimento. Referindo-se às comparações, movimento este caracterizado tanto pela **aproximação** quanto pelo **afastamento** dos dois domínios em correspondência. Discorrendo sobre os obstáculos epistemológicos decorrentes do conhecimento geral, Bachelard se questiona:

“Mas, se a compreensão e a extensão de um conceito são, uma e outra, ocasiões de parada epistemológica, onde estão as fontes do movimento do espírito? Por qual **movimento** de correção poderá o pensamento científico encontrar uma saída? **Seria preciso criar uma nova palavra...** (...)” (BACHELARD, 1996, p.76, grifo nosso)

Assim como Bachelard procura por uma “nova palavra”, entre compreensão e extensão, para designar essa atividade do pensamento empírico inventivo, que tenha uma especial acepção dinâmica, pretendemos aqui **buscar a construção de um novo termo – CONTRA-ANALOGIA**, para designar esse

movimento necessário à assimilação de conceitos científicos por comparação – e porque não dizer também entre a compreensão e a extensão de tais conceitos.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

A pesquisa nasceu de interações ocorridas no grupo de pesquisa que considerou a aparente possibilidade de se ensinar um determinado conceito científico através de uma comparação com algo familiar privilegiando as diferenças estruturais entre os mesmos. A este tipo de comparação foi dado o nome de *contra-analogia*.

Nosso trabalho foi desenvolvido através de dois estudos: um bibliográfico acerca do uso de analogias e metáforas no ensino de Ciências a fim de construir o conceito proposto – *contra-analogia* – adotando-se como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962) retratada principalmente em sua obra publicada originalmente em 1938 – *A formação do espírito científico*; e uma pesquisa de campo, de natureza qualitativa e caráter exploratório, com base na orientação metodológica de uma observação participante, com alunos do ensino médio da educação básica pretendendo-se investigar como determinadas comparações são interpretadas no contexto do estudo dos modelos atômicos consensuais, a fim de discutirmos, como já foi dito, as possibilidades e as contribuições do uso de *contra-analogias*.

De acordo com Alves-Mazzoti & Gewandsznajder (1998) “as pesquisas qualitativas são caracteristicamente multimetodológicas”. Para esse tipo de estudo, a fase exploratória consiste em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas e estabelecer um primeiro levantamento da situação (THIOLLENT, 2000). Conforme Ruiz (1996), sendo o primeiro estágio de toda

pesquisa científica, pesquisas dessa natureza não têm por objetivo resolver de imediato uma questão, mas tão-somente apanhá-la, caracterizá-la. Dessa forma, conduzimos nossos estudos conscientes de que esta certamente constituiria apenas o primeiro passo de uma longa jornada em torno das possibilidades trazidas pela introdução de uma provável metodologia de ensino com recurso às contra-analogias.

Adotando esta perspectiva, a fim de realizar este apanhado de idéias e considerações com relação ao uso de contra-analogias no ensino de Ciências, uma das estratégias de investigação adotada consistiu no desenvolvimento de uma seqüência didática elaborada e aplicada pelo próprio pesquisador, enquanto professor da turma escolhida, com o objetivo de *observar* e *registrar* falas e depoimentos dos seus alunos durante um debate em torno da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar.

De acordo com Ruiz (1996), observar é aplicar a atenção a um fenômeno ou problema, captá-lo, retratá-lo tal como se manifesta, podendo ser natural e espontânea ou dirigida e intencional. Segundo este mesmo autor, determinadas observações podem ser caracterizadas como participante.

Segundo Bruyn¹⁰ (1966), citado por Haguette (1997), Florence Kluckhohn tem sido referida na literatura sobre observação participante como a primeira a ter utilizado o termo e a ter definido a regra a partir da qual o observador participante deve compartilhar nas atividades de vida e sentimento das pessoas em termos de relações face a face. Ela descreve a observação participante como:

...um compartilhar consciente e sistemático, conforme as circunstâncias o permitam, nas atividades de vida e, eventualmente, nos interesses e afetos de um grupo de pessoas. (BRUYN, 1966 *in* HAGUETTE, 1997)

¹⁰ BRUYN, Severyn. *La perspectiva humana en sociología*. Buenos Aires: Amorrortu, 1966.

Porém Haguette (1997) examina outro autor percebendo o acréscimo de um novo componente especificador do papel do observador:

Para nossos fins (grifo no original) definimos a observação participante como um processo no qual a presença do observador numa situação social é mantida para fins de investigação científica. O observador está em relação face a face com os observados, e, em participando com eles em seu ambiente natural de vida, coleta dados. Logo, o observador é parte do contexto sendo observado no qual ele ao mesmo tempo modifica e é modificado por este contexto. O papel do observador participante pode ser tanto formal como informal, encoberto ou revelado, o observador pode dispensar muito ou pouco tempo na situação da pesquisa; o papel do observador participante pode ser uma parte integrante da estrutura social, ou ser simplesmente periférica com relação a ela. (HAGUETTE, 1997)

Contudo, observa a autora que, certamente, em se tratando de um pesquisador que aceita os princípios convencionais do método científico, ele deve se esforçar por captar o dado com um mínimo de intervenção de sua parte, fazendo o possível para manter certa distância entre si mesmo e os pesquisados.

E, por fim, concordando com Bruyn (1996), Haguette amplia a concepção da observação participante como *uma metodologia, isto é, em termos de seus princípios e sua filosofia, como uma orientação básica para o estudo da sociedade humana*. Deixa de ser vista como uma simples técnica de coleta de dados e passa a ter uma vinculação estreita com uma teoria que direciona a própria prática da observação participante.

Esses foram os princípios adotados durante toda elaboração e condução da pesquisa com os estudantes. Partindo de tal orientação metodológica, a pesquisa de campo se desenvolveu através da aplicação de questionários a grupos de estudantes da 1ª e da 3ª séries do ensino médio de uma escola particular durante e após terem sido submetidos ao estudo dos modelos atômicos, e através do desenvolvimento de uma estratégia de ensino conhecida como “júri simulado”. Devido à facilidade de acesso aos sujeitos pesquisados e a oportunidade de se

desenvolver o estudo dos modelos atômicos – tema de ensino escolhido para investigação – seja através do uso sistematizado de analogias ou não, os estudantes selecionados para a pesquisa eram alunos do próprio pesquisador – professor de Química. Ressaltamos ainda que a escolha por estes dois grupos de alunos ocorreu em função dos programas disciplinares destas duas séries do ensino médio que contemplavam o estudo dos modelos atômicos.

O objetivo dos questionários foi investigar como esses estudantes, a partir do que eles aprenderam sobre os quatro primeiros modelos atômicos (de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr), interpretam e compreendem determinadas comparações potencialmente factíveis para os mesmos. Algumas destas, de acordo com a nossa fundamentação teórica e a nossa proposta inicial, são classificadas como analogias e outras como *contra-analogias*. Ao final de uma sequência de questões sobre cada um dos modelos atômicos estudados, os estudantes tiveram que responder a um questionário tipo Likert¹¹ adaptado com um espaço para apresentação de justificativas a cada marcação. Neste questionário, para cada comparação proposta, o inquirido teve que responder se ele concordava totalmente, concordava parcialmente, discordava parcialmente, discordava totalmente ou se não sabia responder, devendo logo em seguida, justificar sua resposta.

As respostas destes estudantes aos questionários foram submetidas a uma análise proposicional. Conforme Romanelli (1996), *a análise proposicional consiste em extrair orações que expressam definições conceituais ou atributos conceituais*. Consideramos que estas definições ou atributos apresentados por estes estudantes nos possibilitaram compreender como cada comparação, analisada por

¹¹ Mensuração comumente utilizada em ciências sociais, especialmente em levantamentos de atitudes, opiniões e avaliações. Nela pede-se ao respondente que avalie o fenômeno em uma escala de, geralmente, cinco alternativas. (GÜNTHER, 2003)

eles, possivelmente pode contribuir para a elaboração de modelos mentais coerentes com os modelos científicos estudados.

A estratégia de ensino, conhecida como “júri simulado”, foi desenvolvida com os estudantes da 3ª série do ensino médio, com o objetivo de promover um debate sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar. Em outras palavras, foi discutido entre esses estudantes se *o átomo, de acordo com a teoria de Bohr, seria ou não seria como o sistema solar*. Este debate, na forma de um júri simulado, foi filmado, sob o livre consentimento dos alunos e autorização dos pais ou responsáveis, e logo em seguida submetido à transcrição e posterior análise.

Sintetizando, a pesquisa de campo se desenvolveu através de duas ações paralelas. A primeira ação envolveu um grupo de 14 estudantes da 1ª série do ensino médio da Escola Palomar de Lagoa Santa, do ano de 2006, alunos do pesquisador, inquiridos por meio de um questionário escrito apresentado no Apêndice B. A segunda ação foi conduzida com todos os 28 alunos de uma mesma turma da 3ª série do ensino médio da escola referida por meio de uma seqüência de procedimentos que teve como ponto de partida uma aula tradicionalmente expositiva sobre os quatro modelos atômicos consensuais (de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr) na qual foi tomado o cuidado de não se fazer nenhuma analogia (e/ou contra-analogias) para qualquer um destes modelos. Estes estudantes, na aula seguinte à exposição dos quatro modelos atômicos citados, responderam apenas as questões do item A da terceira parte do questionário do Apêndice B, ou seja, assim como os 14 estudantes da 1ª série, estes também analisaram as quatro comparações factíveis, através do questionário tipo Likert

adaptado, assinalando o grau de concordância ou discordância, justificando cada resposta logo em seguida.

No horário da aula seguinte a esta aplicação do questionário, o pesquisador/professor da turma apresentou aos alunos a proposta do desenvolvimento da dinâmica do “júri simulado”. Foi entregue para cada aluno uma folha, tamanho A4, contendo as orientações para organização das equipes e preparo para o debate, além das regras e tempos pré-determinados para a simulação do júri. Foram organizadas, juntamente com o professor, três equipes de trabalho. Ficou combinado que a *Equipe I* seria responsável por apresentar argumentos que apoiassem a possibilidade de se comparar o modelo de átomo proposto por Niels Bohr com o sistema solar. A *Equipe II* ficou responsável por apresentar argumentos contrários à comparação, devendo defender a idéia de que o modelo atômico de Bohr não seria como o sistema solar. A terceira equipe, constituída por nove alunos (número ímpar), foi formada a fim de constituir o grupo de jurados responsáveis por avaliar, de acordo com as apresentações dos argumentos e discussões promovidas por cada uma das duas primeiras equipes, qual foi a afirmativa defendida com mais consistência lógica. Inicialmente as equipes foram formadas aleatoriamente através de sorteio. Posteriormente, foi concedido aos alunos, devido a pedidos feitos pelos mesmos, realizarem trocas. Alguns alegaram motivos afetivos entre eles, outros optaram em fazer parte do grupo de jurados, alguns por comodidade, outros por interesse. Não houve manifestação de nenhuma troca feita em função da opinião do aluno quanto às comparações propostas. A data da simulação foi combinada com as equipes para duas semanas seguintes. O apêndice F apresenta o texto entregue aos alunos com as orientações para a simulação.

A simulação do júri ocorreu em dois horários consecutivos de aula da disciplina de Química, ou seja, teve a duração de uma hora e quarenta minutos. Todos os alunos da turma estavam presentes e organizados conforme a orientação dada. Após o debate, o professor – pesquisador e “juiz” na ocasião da simulação – se retirou com os nove alunos que formavam a equipe dos jurados para recolher, sigilosamente, os votos dados individualmente. O resultado foi anunciado no mesmo dia da simulação, ao final das duas aulas. No dia de aula seguinte, o professor-pesquisador entregou aos alunos outra folha, tamanho A4, contendo questões relativas ao desenvolvimento da dinâmica. Este questionário (Apêndice I) teve como objetivo permitir uma apreciação dos alunos quanto à estratégia desenvolvida para o estudo do modelo atômico de Bohr, identificar conteúdos aprendidos a partir dessa dinâmica e saber, ao final de todo esse processo, qual seria de fato a opinião de cada um com relação à comparação proposta, ou seja, se o estudante concordava ou discordava, parcialmente ou totalmente, da analogia feita entre o modelo atômico proposto por Bohr e o sistema solar, devendo, assim como foi feito para as outras comparações, justificar sua resposta.

Analisamos também 12 livros didáticos de Química, escolhidos, aleatoriamente, em função da disponibilidade para a pesquisa e de serem utilizados por alunos do ensino médio. De cada um dos livros transcrevemos o texto de apresentação do modelo atômico de Thomson, observamos a ilustração (caso houvesse) apresentada junto ao texto, e destacamos o termo relacionado à presença dos elétrons na estrutura atômica representada pelo modelo. Analisamos os termos empregados para a descrição sobre o modo como os elétrons estariam distribuídos na estrutura atômica avaliando suas implicações enquanto termos de caráter metafórico de acordo com o referencial teórico apresentado. A decisão de

analisar a apresentação deste modelo atômico em livros didáticos decorreu da análise dos modelos expressos dos estudantes para o mesmo.

3.2 SOBRE O QUESTIONÁRIO ELABORADO PARA A DE COLETA DOS DADOS

Os dados que fundamentaram parte da discussão das questões de pesquisa foram coletados a partir da utilização do questionário escrito como instrumento de pesquisa, apresentado no Apêndice B. Esse instrumento foi escolhido em função da objetividade oferecida através da possibilidade de se obter registros na forma de desenhos dos modelos atômicos investigados e de proposições que expressassem definições conceituais, ou atributos conceituais, dos estudantes a respeito dos modelos consensuais investigados.

O questionário, como já foi dito anteriormente, foi elaborado com o objetivo de verificar, entre um grupo de alunos de uma turma da 1ª série do ensino médio, intencionalmente selecionados, que já tinham sido submetidos ao ensino de modelos atômicos, o nível de compreensão e reprodução deste conteúdo a partir de analogias freqüentemente utilizadas por livros-texto e professores de Química. Além deste propósito inicial, o questionário também foi construído com o objetivo de se perceber *como determinadas contra-analogias poderiam ser compreendidas pelos alunos no processo de ensino-aprendizagem dos modelos atômicos*.

Para tanto, esse questionário foi estruturado em três partes. Na primeira parte, além da sua apresentação e da requisição de alguns dados sobre os inquiridos, havia quatro perguntas que pretendiam investigar, inicialmente, o que os estudantes entendem por analogias e quais são, na perspectiva deles, as considerações, vantagens e desvantagens de se estudar Química através de analogias. Consideramos estas perguntas importantes para a análise conjunta dos

dados, pretendendo, a partir das respostas dos inquiridos, discutir como o uso de contra-analogias poderia auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de modelos e conceitos científicos através do ensino com analogias.

Na segunda parte do questionário procuramos não somente investigar o nível de conhecimentos sobre os quatro primeiros modelos atômicos tradicionalmente ensinados nesta série da educação básica, mas também verificar se os estudantes inquiridos recordavam de alguma analogia provavelmente vista durante as aulas de Química ou lida no livro didático, e como eles a compreendem, isto é, se conseguem discernir as semelhanças e as diferenças entre o modelo estudado e o veículo utilizado para comparação.

Consideramos também que as analogias espontaneamente citadas pelos alunos tenham sido, de alguma forma, significativas na aprendizagem dos modelos em questão. As respostas sobre as analogias estudadas foram correlacionadas com as respostas dadas à terceira pergunta da primeira parte, que trata de analogias que os ajudaram a compreender algum aspecto considerado difícil por eles.

Na terceira parte procurou-se investigar como determinadas comparações são interpretadas pelos estudantes, verificando o grau de concordância ou discordância, ou seja, total ou parcial, assinalada no próprio questionário, e as justificativas apresentadas para as mesmas. Para tanto, no item A foram propostas quatro comparações factíveis – *duas analogias e duas contra-analogias* que, no contexto da teoria citada em cada uma, poderiam contribuir para o ensino-aprendizagem de determinados aspectos dos modelos em estudo, uma vez que permitiriam a elaboração de imagens mentais e representações gráficas de estruturas não conhecidas, abstratas, a partir de um domínio familiar.

Para cada comparação proposta foi aplicada uma escala Likert adaptada para o nível de discordância-concordância, e solicitada a justificativa para a resposta dada. A opção “não sei responder”, incluindo a sua justificativa, foi acrescentada após uma discussão prévia com os integrantes do grupo de pesquisa (GEMATEC¹²) que a considerou importante para a análise conjunta dos dados, uma vez que, saber se alguma determinada analogia, principalmente uma *contra-analogia*, não faz sentido para o estudante, constitui uma informação relevante para a pesquisa e para a elaboração de parâmetros que permitam o desenvolvimento de uma nova metodologia de ensino que considere o uso de tais comparações.

3.3 SOBRE A AMOSTRAGEM E A APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

O primeiro grupo de estudantes constituiu-se de 14 alunos da 1ª série do ensino médio intencionalmente selecionados para responder o questionário do Apêndice B. A seleção intencional destes 14 estudantes deveu-se a necessidade observada e discutida entre os membros do nosso grupo de pesquisa que considerou importante selecionar alunos que, de alguma forma, demonstrassem certo domínio com o conteúdo dos modelos atômicos o qual tinham sido submetidos.

Quanto a este tipo de seleção, consideramos a discussão de Thiollent (2000). Este autor, discutindo a questão da amostragem e da representatividade em investigações com características de uma pesquisa participante, apresenta a valorização de critérios de representatividade qualitativa como uma posição possível de ser adotada. Nessa perspectiva, “ao planejarem amostras de pessoas a serem entrevistadas com alguma profundidade, os pesquisadores costuma recorrer às

¹² O GEMATEC – Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, Educação e Ciências, vinculado ao AMTEC/CNPq e liderado pelo Prof. Dr. Ronaldo Luiz Nagem. Site: <http://www.gematec.cefetmg.br/>

chamadas ‘amostras intencionais’” (p. 62). De acordo com este autor essas amostras intencionais são interessantes em função da relevância que o grupo de pessoas escolhidas apresenta em relação ao assunto em estudo. E que, mesmo infringindo o princípio de aleatoriedade que, em geral, é considerado como condição da objetividade, o princípio da intencionalidade torna-se adequado no contexto da pesquisa social, a qual se inclui a educacional, com ênfase nos aspectos qualitativos. O autor ainda acrescenta:

Existe, neste caso, um tratamento qualitativo da interpretação do material captado em unidades qualitativamente representativas do conjunto do universo e de modo diferenciado em função das características do problema investigado. (THIOLLENT, 2000, p. 62)

Os 14 estudantes foram selecionados, portanto, em função do desempenho e do rendimento destes demonstrados durante a etapa de estudos sobre os modelos atômicos que antecedeu a aplicação do questionário. O próprio pesquisador, enquanto professor desses alunos, procedeu a seleção conversando com cada um pessoalmente e entregando uma carta de comunicação e pedido de autorização aos pais ou responsáveis. Previamente, o pesquisador havia solicitado pessoalmente autorização à direção da escola na qual ele é professor de Química.

O questionário foi então aplicado a este grupo de estudantes em um horário extraturno previamente combinado, em uma das salas de aula da própria escola. Sua aplicação teve a duração de uma hora e meia, com um intervalo para o lanche oferecido pelo pesquisador entre a segunda e a terceira parte do questionário. Esse intervalo foi previsto em função da extensão do questionário que poderia oferecer resistência entre os estudantes para respondê-lo.

O segundo grupo de estudantes envolvidos constituiu-se de todos os 28 alunos da turma da 3ª série do ensino médio. Neste caso não realizamos uma

seleção intencional devido a duas razões circunstanciais: a aplicação do questionário tipo Likert adaptado foi inserida na seqüência didática planejada pelo pesquisador enquanto professor da turma e não haveria tempo suficiente para que fossem avaliados quais alunos apresentariam melhor desempenho e, consecutivamente, maior domínio do conteúdo relacionado aos modelos atômicos. Dessa forma, consideramos as respostas de todo o grupo de alunos dessa turma da 3ª série do ensino médio, que foram submetidos ao ensino dos modelos atômicos sem o uso de analogias e contra-analogias, para discutirmos o modo como estes interpretam as mesmas comparações que foram apresentadas ao primeiro grupo de 14 alunos da 1ª série.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS MODELOS DE RACIOCÍNIO ANALÓGICO APRESENTADOS COM VISTAS A UMA NOVA COMPREENSÃO

Quanto o esquema proposto por Clement (1993) apresentado na figura 01, além da consideração feita por Mól (1999) sobre a necessidade de se acrescentar a etapa da determinação das limitações da relação analógica, consideramos que a seta representada no esquema, embora sugira transferência de atributos do análogo para o alvo, devesse ser compreendida nos dois sentidos de modo que um complemente o outro. A figura 09 apresenta um novo esquema para o raciocínio analógico elaborado a partir da convergência de algumas considerações teóricas e observações empíricas que serão brevemente discutidas.

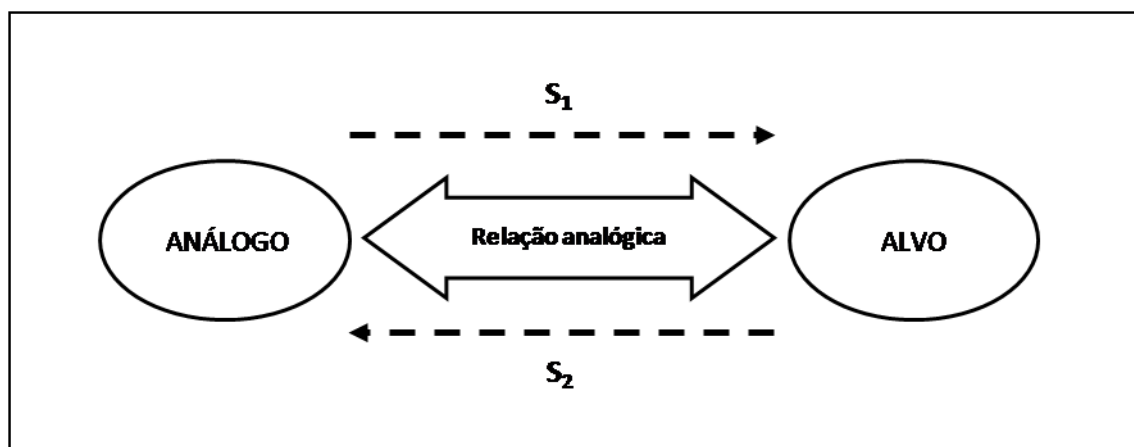


FIGURA 09 – Modelo de raciocínio analógico que contempla as duas vias, S_1 e S_2 , de uma relação analógica entre dois conceitos.

Fonte: Original, 2008.

No esquema apresentado na figura 09 apresentamos as duas “vias” do raciocínio analógico. A via representada por S_1 indica o sentido do raciocínio que busca *descrever ou explicar o conceito alvo a partir do que se conhece sobre o*

conceito análogo, enquanto que a via representada por S_2 indica o sentido que busca *descrever ou explicar o conceito análogo em termos do que se conhece sobre o conceito alvo*. Assim como no esquema proposto por Clement (1993), representamos as vias com linhas tracejadas para indicar que nem sempre a relação é compreendida.

Utilizando as próprias palavras de Mól (1999), “é bastante comum professores, ao ensinar conceitos considerados difíceis para os alunos ou que não estão sendo claramente compreendidos num determinado instante, utilizarem a expressão: ‘Para vocês entenderem melhor, vamos fazer uma analogia...’”. Logo em seguida, reportam-se a algum conceito ou situação fora do tema da aula, mas que tenha algo em comum com o conceito ou situação que está sendo estudado, e começa a descrevê-lo em função dos aspectos semelhantes conhecidos pelos alunos. Este raciocínio que começa a ser desenvolvido pelo professor juntamente com seus alunos é caracterizado pela via S_1 . Ou seja, neste instante, o professor busca mentalmente um objeto ou fenômeno análogo a partir dos seus elementos estruturais ou funcionais que são semelhantes ao conceito alvo. Seguindo apenas os requisitos propostos no esquema de modelo básico de raciocínio analógico de Clement (1993), apresentado na figura 01, provavelmente o aluno consegue perceber o “conceito domínio”, confirma a plausibilidade da relação analógica e passa a aplicar atributos do domínio ao conceito alvo inicialmente desconhecido. Porém, como observam Mól e outros pesquisadores, a falta de discussão com os estudantes sobre as limitações da analogia proposta normalmente tem como consequência transposições inadequadas de atributos do análogo para o alvo. Consideramos também que, raciocinando apenas pela “via” S_1 , o estudante, conduzido pelo professor inconsciente de tais aspectos, não consegue perceber no

alvo características importantes que não existem no análogo, como também não percebe outras características presentes no análogo que não existem no alvo.

Dessa forma consideramos que, se a via S_2 for planejada pelo professor numa determinada situação de ensino com analogia, provavelmente este poderá conduzir o estudante não somente no mapeamento de características comuns aos conceitos comparados, mas também naqueles aspectos não comuns presentes em ambos. Acreditamos que este processo do estabelecimento da relação analógica por ambas as vias do raciocínio provavelmente permite uma melhor compreensão do conceito científico, alvo do ensino e da aprendizagem.

Por fim, consideramos ser bastante importante, tanto para o professor mediador quanto para o aluno interlocutor no processo, entender que uma analogia (ou raciocínio analógico) é *“uma via de duplo sentido”*. Para o professor, especialmente durante a fase de planejamento e de elaboração da analogia proposta, é necessário que no análogo escolhido sejam observadas e mapeadas as características comuns. Essa etapa a qual chamamos de *sentido de observação alvo-análogo* corresponde à via S_2 , ou seja, é aquela que permite, no caso o professor, buscar um análogo que tenha características comuns ao conceito que ele pretende ensinar. Mas, tão necessária quanto essa primeira etapa é a que chamamos de *sentido de observação análogo-alvo*, na qual o professor, a fim de complementar a elaboração a que se propôs fazer, deve “olhar” para o alvo em função do que ele conhece sobre o análogo, buscando no conceito ou modelo científico estruturas ou mecanismos que não poderão ser satisfeitos com a relação analógica proposta.

A fim de melhor ilustrar tais considerações a cerca das “vias” do raciocínio analógico necessárias ao levantamento não somente dos aspectos semelhantes,

mas também dos diferentes, adaptamos o esquema apresentado na figura 09 às idéias do diagrama apresentado por Duit (1991) para o significado de uma analogia, visto na figura 03. O esquema criado está apresentado na figura 10.

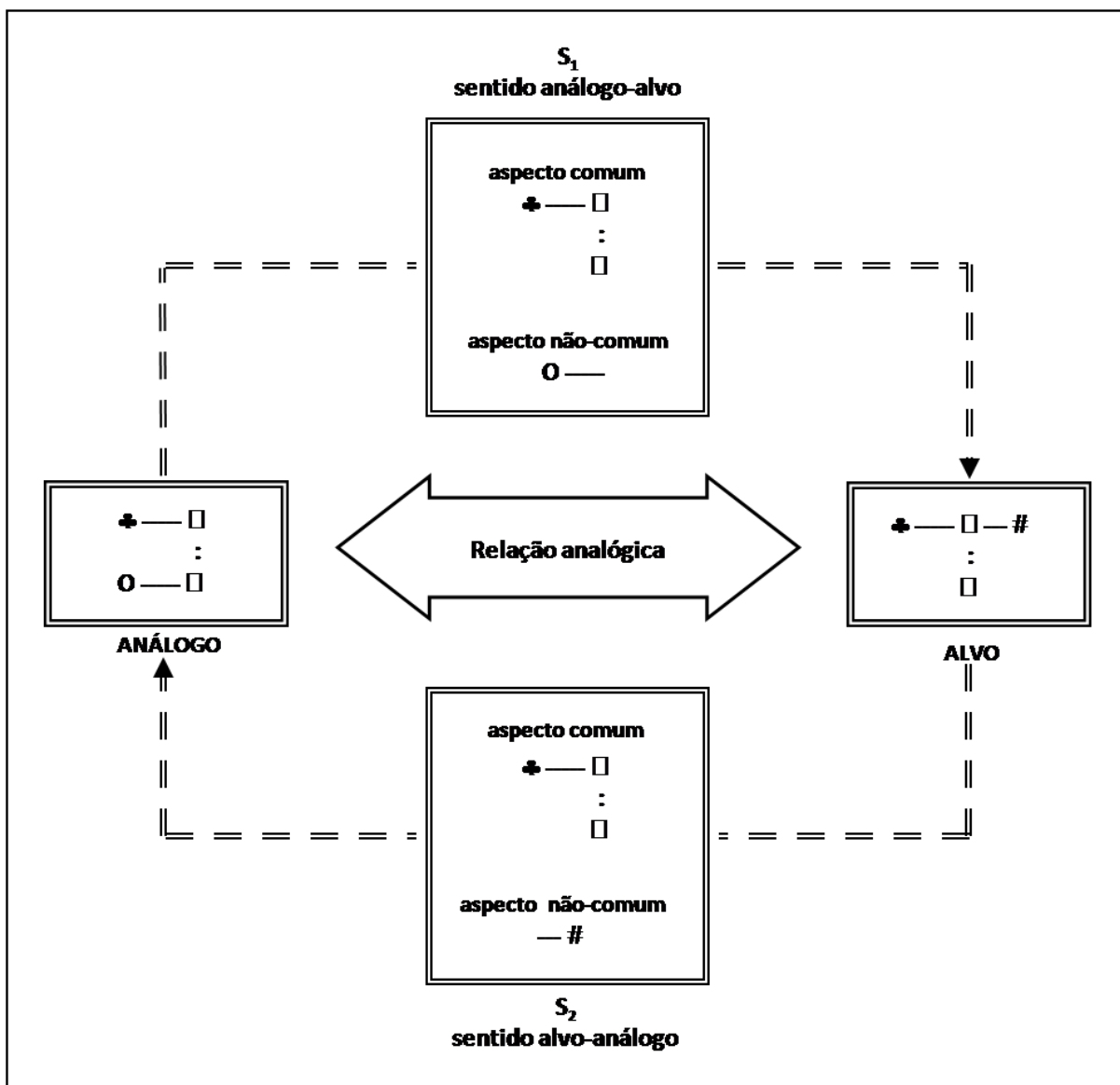


FIGURA 10 – Esquema ilustrativo das vias do raciocínio analógico criado a partir do diagrama proposto por Duit (1991) associado com o modelo de raciocínio analógico sugerido na figura 09.

Fonte: Original, 2008.

De acordo com a figura 10, existem dois aspectos não comuns entre o alvo e o análogo. Porém, estes dois aspectos somente poderiam ser identificados se

a relação percorrer as duas vias sugeridas para o raciocínio analógico. Caso contrário um destes dois aspectos, no caso, ficará omitido, isto é, não percebido na analogia.

4.2 DINÂMICA DAS RELAÇÕES ANALÓGICAS

Para posteriormente sermos capazes de compreender melhor, não somente o papel, mas também a natureza das contra-analogias, consideramos ser necessário ampliar a nossa compreensão sobre as relações estabelecidas entre estruturas de dois domínios distintos através das analogias. Passemos, portanto, a considerar o esquema que foi elaborado por González (2005), apresentado na figura 11.

Em seu trabalho sobre a estrutura do modelo analógico para as ciências experimentais, González (2005) apresenta um esquema que mostra os *nexos* (conexões entre os elementos que formam parte da estrutura no análogo e no alvo) semelhantes entre o análogo e o alvo (tópico), constituindo um subconjunto dentro da totalidade de *nexos* do análogo e do alvo; se um *nexo* do análogo não tiver seu semelhante no alvo, ou vice-versa, o mesmo não é relevante.

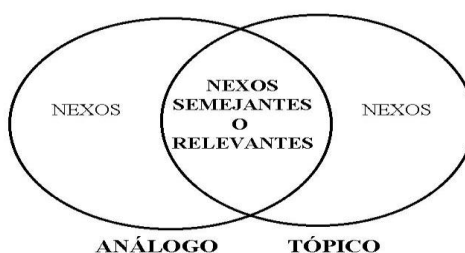


FIGURA 11 – Esquema proposto por González (2005) para representar os *nexos* relevantes.

Fonte: GONZÁLEZ, 2005.

De acordo com o autor, a semelhança estrutural nunca atinge a totalidade da estrutura do análogo e do alvo, isto é, a totalidade dos *nexos* de ambos. Sempre existirão *nexos* que não se correspondem, que não são semelhantes e que, dessa forma, em sua perspectiva, não serão relevantes para a analogia. Estes constituiriam a *restricción estructural* (restrição estrutural).

Em semelhança ao esquema proposto por González (2005), a fim de ampliarmos nossa compreensão sobre a natureza das relações analógicas, elaboramos um esquema apresentado na figura 12, que ilustra o *domínio analógico*.

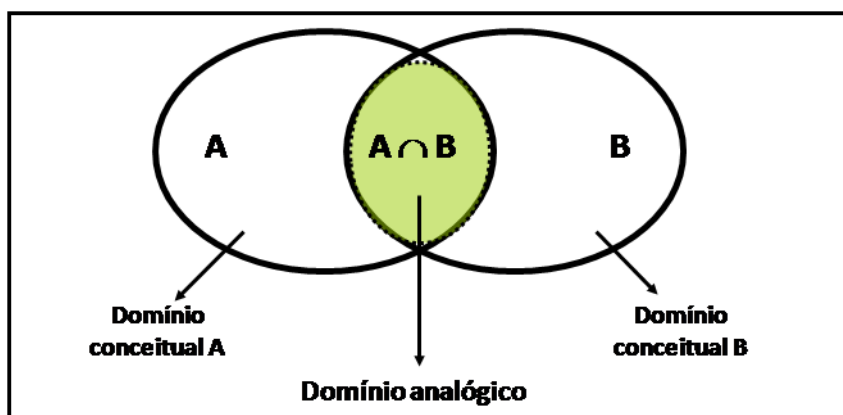


FIGURA 12 – Esquema ilustrativo da interseção entre domínios conceituais distintos, representativo do domínio analógico.

Fonte: Original, 2008.

A partir deste esquema, podemos inicialmente discutir o processo de desenvolvimento do raciocínio analógico. Utilizando linguagem matemática, podemos dizer que uma analogia ocorre sempre pela *interseção* de dois domínios. Esta interseção constitui o que estamos chamando de *domínio analógico*. No esquema da figura 12, o domínio analógico está representado pela região hachurada e indicado de forma $A \cap B$ (lê-se *A interseção com B*).

Numa analogia, na elaboração, ou no desenvolvimento de um raciocínio analógico, procura-se destacar os elementos presentes na interseção dos dois domínios comparados. Isto é, a comparação entre ambos os domínios é realizada através da correspondência entre os elementos comuns, formando o subgrupo caracterizado como $A \cap B$. Percebe-se dessa forma que, neste processo de elaboração, privilegia-se o que há de comum entre ambos os domínios.

De acordo com alguns pesquisadores da temática (MÓL, 1999; NAGEM *et al*, 2002), a validade de uma analogia freqüentemente é associada à quantidade de semelhanças mapeadas durante a relação. Ainda mais se estas forem mais plausíveis, inteligíveis e numericamente maiores que a quantidade de diferenças. Considerando novamente o esquema ilustrado na figura 12, podemos dizer que a validade de uma analogia estaria relacionada à extensão do domínio analógico que, por sua vez, está associado à capacidade de interseção dos domínios conceituais A e B.

Atribuindo-se a este esquema um movimento horizontal de aproximação entre os domínios, de maneira a aumentar a área da interseção, estaríamos de certa maneira, construindo uma relação de correspondência entre o alvo e o análogo mais representativa e potencialmente útil para a aprendizagem de um novo conceito científico pertencente a um dos dois domínios ilustrados.

Extrapolando-se esta aproximação até a possível *sobreposição* dos domínios (figura 13), chegaríamos numa correspondência total de semelhança entre os elementos comparados, e assim, numa situação de igualdade. Nesta situação, seria perdido o caráter analógico da relação. Em outras palavras, o análogo *deixaria de existir*, tendo-se em seu lugar uma réplica do alvo.

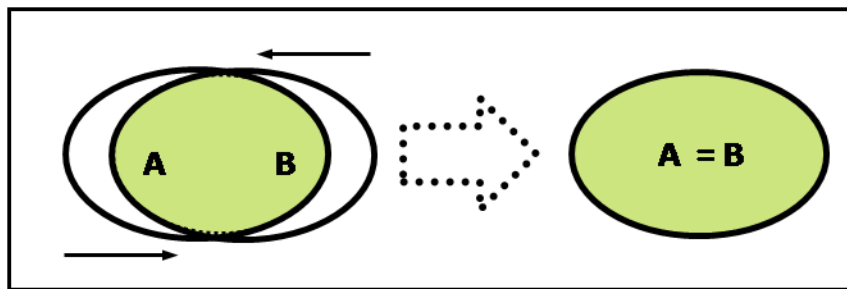


FIGURA 13 – Esquema ilustrativo do movimento de aproximação realizado entre os domínios conceituais numa analogia.

Fonte: Original, 2008.

Pensando-se no movimento contrário, isto é, no afastamento entre os domínios comparados, ao promover a diminuição da área da interseção, estaríamos, numa segunda fase analítica da relação, desvinculando o domínio-alvo da imagem mentalmente elaborada com os elementos do domínio-análogo. Ou seja, estaríamos mapeando também, ponto a ponto, as diferenças, a fim de evitar, durante o processo de ensino-aprendizagem, que os alunos transportem para o conceito-alvo os atributos não comuns. No entanto, em um processo tipicamente analógico, a interseção jamais se torna nula.

Para o caso de uma interseção nula, há que se considerar duas possibilidades. A primeira, ocorrida antes mesmo do movimento inicial de aproximação, configuraria um exemplo típico da inadequação total do veículo escolhido para a comparação (figura 14).

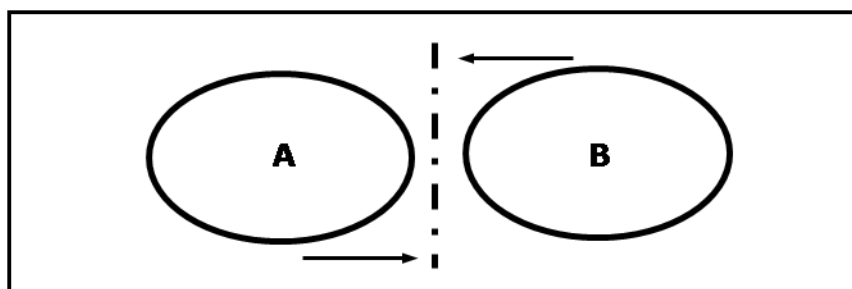


FIGURA 14 – Representação da impossibilidade da interseção entre dois domínios distintos.

Fonte: Original, 2008.

Já a segunda possibilidade, ocorrida em consequência do afastamento extremo dos domínios comparados até a separação total, sugere o alcance de um elevado grau de abstração para a compreensão do conceito-alvo (figura 15).

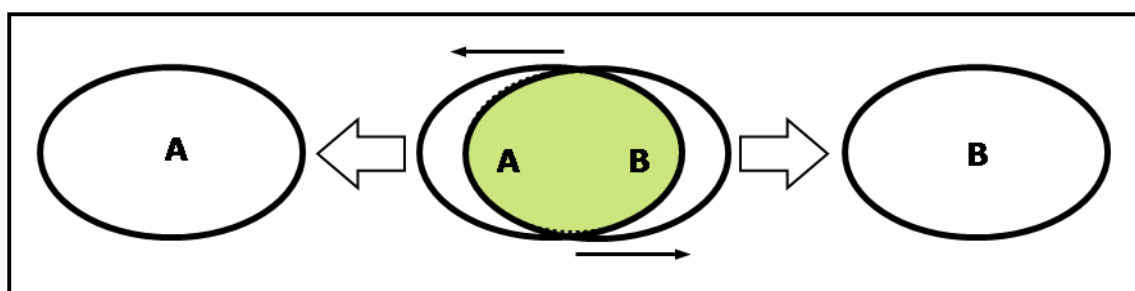


FIGURA 15 – Representação da suposta possibilidade do afastamento extremo dos dois domínios comparados.

Fonte: Original, 2008.

Nesse estágio do processo de ensino-aprendizagem, o conceito-alvo passaria a ser descrito não mais através de imagens analógicas, mas sim pela própria concepção científica construída em torno dele próprio. Porém, como já foi dito, em um processo tipicamente analógico, esse estágio dificilmente é alcançado. Neste sentido, concordamos com a proposição de Bachelard (1996) ao considerar as analogias como obstáculos epistemológicos. E também quando ele diz: “... o

acúmulo de imagens prejudica evidentemente a razão, na qual o lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais” – (p.93). E ainda quando afirma: “mesmo quando se quer apagar a imagem, a função da imagem persiste” (p.93).

4.3 CONCEITO DE CONTRA-ANALOGIA

Partindo da definição adotada para o conceito de analogia, que a considera como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, uma contra-analogia deverá ser entendida também como uma ***comparação entre estruturas de domínios distintos, que se baseia, porém, nas diferenças***. Em outras palavras, enquanto tacitamente dizemos que a analogia é uma comparação na qual se privilegia as semelhanças, nesta pesquisa entenderemos por ***contra-analogia uma comparação na qual se privilegia as diferenças***.

Entre as inúmeras definições e classificações encontradas na literatura para o conceito de analogia, nos deparamos apenas com a proposta de Ferraz & Terrazan (2001) que introduzem a categoria de analogia de limite (“analogias do tipo simples referindo-se aos limites do análogo”). Os autores descrevem essa categoria mostrando que assim que o domínio alvo é introduzido, logo devem ser apontados os aspectos falhos do análogo. Para esta categoria apresentam um exemplo: “*As artérias têm que ser flexíveis, pois o sangue sai do coração com muita pressão. Elas não podem ser duras como um cano de ferro*” (grifo nosso).

Consideramos que a idéia proposta nesta comparação possui um caráter contra-analógico, uma vez que propõe a articulação de um aspecto diferente entre os domínios, sendo este relevante para a compreensão do conceito alvo.

Para a elaboração do termo, consideramos importante algumas colocações semânticas. O prefixo “contra” apresenta as seguintes definições:

el.comp. antepositivo, do lat. *contra*, advérbio e preposição, origin., ‘em frente de; em oposição a; contrariamente a; para com, a respeito de; em frente; defronte; contra; de outro lado; ao contrário, pelo contrário’; tendeu a ser substituído, em parte, pela preposição composta *incontra* (baixa época) ‘para; cerca de; para com; contra; em contraposição a, em comparação com’; os der. latinos são: *contrarius, a, um* ‘que está em frente, defronte; que é em sentido contrário’ [...] ocorre em para mais de mil pal. vern., podendo indicar entre outras coisas: 1) ‘inversão, oposição, rivalidade’: *contra-acusação, contra-anunciar, contradizer, contra-educação, contramoral, contra-ordem*; 2) ‘movimento de natureza similar em sentido contrário’: *contracorrente, contrafluxo, contrafuga, contragolpe, contrapé, contrapelo, contrapeso, contraprojeto, contratempo*; 3) ‘ação similar neutralizadora’: *contra-atacar, contra-ataque, contra-espionagem, contra-revolução, contra-revolucionário*; 4) ‘reforço, complementaridade’: *contraboça, contradique, contraíio, contramuro, contrapilastra, contratela*; 5) ‘ação com intenção de verificação’: *contra-apelo, contra-exame, contraprova*; 6) ‘pessoa auxiliar à indicada pela base’: *contra-almirante, contramestre*; registre-se, ademais, que este prefixo é seguido de hífen quando se lhe junta *el.* começado por vogal, *h*, *r* ou *s* [...]. (HOUAISS, 2001, p.819, grifo nosso)

Nessa concepção do conceito de contra-analogia, consideramos que os termos grifados revelam de certa forma a essência do que pretendemos propor.

Para exemplificar os dois conceitos em estudo, podemos considerar as seguintes afirmativas feitas para o modelo atômico proposto por Thomson:

*I – “O átomo, de acordo com a teoria de Thomson, **seria como um pudim com passas**”.*

*II – “O átomo, de acordo com a teoria de Thomson, **não seria como um doce brigadeiro**”.*

As duas afirmativas são comparações factíveis, coerentes com o modelo científico citado. Porém, pela própria estrutura sintática e semântica observada e aplicada em cada uma, classificamos a primeira como uma analogia enquanto a segunda como uma *contra-analogia*.

Do mesmo modo que no caso de uma analogia, denotamos por alvo (ou conceito alvo) a estrutura (o conceito ou o modelo científico) pertencente ao domínio

desconhecido, e por veículo ou contra-análogo o objeto, a estrutura ou o fenômeno pertencente ao domínio familiar.

Antes de prosseguirmos com o desenvolvimento do conceito em questão, consideremos a colocação de Bachelard acerca da objetividade do pensamento científico:

... o que caracteriza o cientista moderno 'é a objetividade e não o universalismo: o pensamento deve ser objetivo, só será universal se puder, se a realidade lhe permitir. Ora, a objetividade se determina pela exatidão e pela coerência dos atributos, e não pela reunião de objetos mais ou menos análogos. Isso é tão verdade que o que limita o conhecimento é, muitas vezes, mais importante para o progresso do pensamento do que aquilo que estende vagamente o conhecimento. Em todo o caso, **a cada conceito científico deve estar ligado seu anticonceito**. (BACHELARD, 1996, p. 89, 90; grifo nosso).

Tal colocação nos sugere propor que, possivelmente, saber dizer aquilo que um determinado conceito não é deva ser necessário para que se possa compreendê-lo melhor.

4.3.1 CONSTRUÇÕES CONTRA-ANALÓGICAS

A construção de uma contra-analogia para ser utilizada como ferramenta auxiliar (ou complementar) no ensino de conceitos científicos possivelmente exigirá do professor certa previsibilidade quanto aos possíveis *obstáculos epistemológicos* para a aprendizagem, que, em acordo com Bachelard, podem ter origem na experiência empírico-sensorial (*experiência primeira*), no senso comum (*conhecimento geral*), no abuso de imagens usuais – incluindo aqui as provocadas por um raciocínio analógico espontaneísta, no conhecimento unitário e pragmático, no substancialismo, no realismo, no animismo e no conhecimento quantitativo. Previsibilidade esta que implica não somente na explicitação das concepções

prévias dos alunos, como também nos possíveis *obstáculos* provenientes de analogias superficiais.

Além disto, para tal construção consideramos ser necessário que seja feita uma espécie de mapeamento do que chamaremos de *domínio contra-analógico* (figura 16).

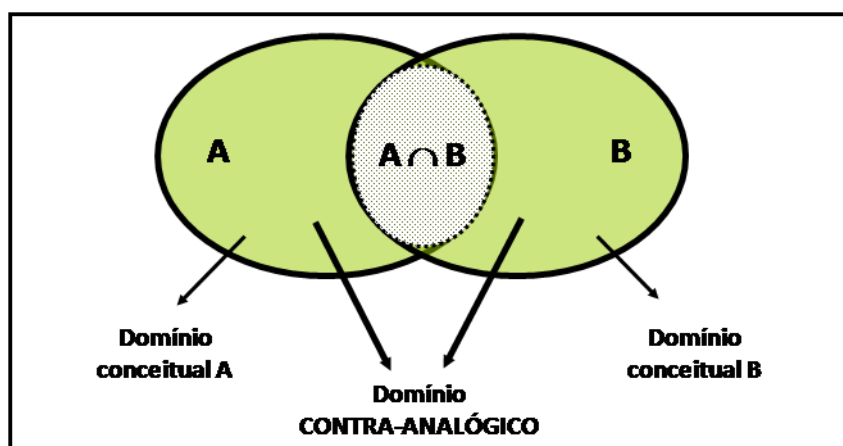


FIGURA 16 – Esquema ilustrativo da interseção entre domínios conceituais distintos e a representação do domínio contra-analógico.

Fonte: Original, 2008.

Neste esquema apresentamos dois domínios distintos passíveis de comparação. Diferentemente do esquema proposto na figura 12, a intenção agora proposta seria a realização do mapeamento de elementos e/ou “*nexos*” (GONZÁLEZ, 2005) presentes em B e ausentes em A, e vice-versa. Esse conjunto de elementos e *nexos* **não-comuns** aos domínios comparados constitui o que estamos denominando como domínio contra-analógico. Há que se considerar também que neste esquema apresentamos uma interseção entre os domínios conceituais A e B, constituída, como já havia sido mostrado, pelos elementos comuns. **Acreditamos que a relevância de uma determinada contra-analogia estaria vinculada a existência dessa interseção**, uma vez que simplesmente

comparar estruturas absolutamente diferentes, isto é, que não apresentem nenhum aspecto estrutural ou funcional semelhantes, não agrega, a princípio, valor didático à estratégia de ensino.

Um bom exemplo para ilustrar esse processo de elaboração e reflexão é o da *contra-analogia* para a compreensão do modelo de Thomson¹³ para a estrutura atômica. Diante da tão conhecida analogia do “pudim de passas (ou ameixas)”, a construção de uma *contra-analogia* com um “doce brigadeiro¹⁴” poderia complementar a explicitação da estrutura proposta no modelo – alvo da aprendizagem, permitindo ao aluno compreendê-lo, entendendo que, segundo a teoria em estudo, os elétrons carregados negativamente estariam localizados no interior de uma distribuição contínua de carga positiva. Tal aspecto, como salienta algumas pesquisas (SOUZA *et al*, 2006) não se torna evidente somente com a analogia “construída” com o pudim.

No caso da analogia do “pudim de passas” (...) o domínio que os alunos têm em mente não se presta ao estabelecimento da analogia (aspecto amplamente enfatizado como necessário para o sucesso de qualquer analogia como modelo de ensino na literatura...) (...) Como tais analogias (ou modificações delas – no caso da do “pudim de passas”) poderiam ser introduzidas no ensino de forma a que elas realmente fossem bons modelos de ensino, quer dizer, ajudassem os alunos a entender as características de cada um dos modelos? (SOUZA *et al*, 2006).

¹³ Dois anos após a medição da razão carga/massa do elétron, Thomson (Joseph John Thomson), em 1899, começou a elaborar um modelo para o átomo, imaginando-o como composto de um grande número de corpúsculos de carga negativa (posteriormente chamados de elétrons) e “alguma” carga positiva que balanceasse a carga negativa total. Thomson foi o primeiro a encarar o átomo com um modelo com estrutura ativa, procurando estudar sua dinâmica. Essa idéia vaga sobre a carga positiva do átomo foi substituída, em 1904, pelo modelo no qual o átomo seria uma distribuição esférica homogênea de carga positiva (característica que já havia sido proposta em 1902 por Lord Kelvin), no interior da qual os elétrons estariam distribuídos uniformemente, em anéis concêntricos. A dinâmica e a estabilidade do movimento desses anéis são tratados no seu artigo em 1904. (CARUSO & OGURI, 2006)

¹⁴ Brigadeiro ou negrinho é um doce brasileiro, criado na década de 1940, comum em todo o país. O brigadeiro foi criado durante a campanha do candidato à presidência da República pela União Democrática Nacional, Brigadeiro Eduardo Gomes. (...) Tradicionalmente o doce brigadeiro [é] coberto por granulado de chocolate. (Diário de Cuiabá. Edição nº 9658 de 11/07/2000. Disponível em: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=11989&edicao=9658&anterior=1>. Acessado em 12/07/2008).

Em sua análise em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio (JUSTI & MONTEIRO, 2000), as autoras discutem as implicações da analogia com o pudim de passas, classificada por elas como *ilustrativa-verbal* em muitos livros analisados, utilizada para se ensinar o modelo de átomo segundo Thomson. Segundo tal análise, esta analogia está inserida num grupo de 18% daquelas que induzem a erros conceituais. As autoras destacam essa analogia mostrando que no texto que a acompanha, os próprios autores transferem atributos equivocados do veículo (i.e. do análogo) ilustrado para o alvo ao se referir à teoria atômica.

Thomson sugeriu que a massa total do átomo seria devida quase que totalmente apenas às cargas positivas (prótons). Estas estariam espalhadas, uniformemente, por toda uma esfera, formando uma massa compacta e uniforme. Na superfície dessa massa estariam os elétrons, espaçados de modo uniforme. Esse modelo seria semelhante a um pudim coberto com passas, como acabou ficando conhecido, em que o pudim seria a massa de cargas positivas e as passas os elétrons. (HARTWIG¹⁵ *et al*, 1999, reproduzido em JUSTI & MONTEIRO, 2000).

As autoras completam a análise da analogia em questão dizendo que, de acordo com a nossa experiência cotidiana, passas se distribuem na superfície da massa do pudim e não por toda essa massa. E que, assim sendo, o veículo utilizado pelos autores do livro não possui o principal atributo a ser compartilhado com o alvo, o que o torna inconveniente para explicar o modelo de Thomson.

A fim de complementar essa discussão introduzida por Justi & Monteiro (2000), consideramos oportuno apresentar algumas colocações feitas pelos doutores em física Francisco Caruso e Vitor Oguri, no livro intitulado *Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos*, publicado em 2006. Ao apresentar as hipóteses de Thomson, dizem que, a sua idéia de estrutura atômica nada tinha a ver com um

¹⁵ HARTWIG, D. R.; SOUZA, E.; MOTA, R. N. *Química: química geral e inorgânica*. V.1. – São Paulo: Scipione, 1999.

“pudim de ameixas” – “uma vez que essa analogia sugere uma distribuição aleatória das ameixas”. No caso de um átomo de muitos elétrons, estes estariam distribuídos em anéis concêntricos para que fossem satisfeitas as condições de estabilidade que assegurassem o equilíbrio, postulando ainda que o número desses anéis fosse mínimo. A figura 17 apresenta a representação esquemática da distribuição de elétrons na estrutura atômica segundo o modelo proposto por Thomson, publicado em 1904.

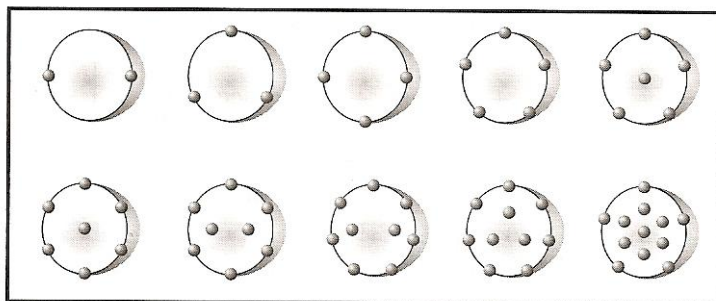


FIGURA 17 – Representação esquemática da distribuição de 2 até 12 elétrons no modelo atômico de Thomson.

Fonte: CARUSO & OGURI (2006)

Caruso & Oguri (2006) ainda apresentam um trecho resumido da conclusão de Thomson sobre a estrutura atômica:

Temos assim, em primeiro lugar, uma esfera de eletricidade positiva uniforme e, dentro dessa esfera, um número de corpúsculos [elétrons] dispostos em uma série de anéis paralelos, com o número de corpúsculos em um anel variando de anel para anel: cada corpúsculo se move a alta velocidade sobre a circunferência do anel no qual está situado e os anéis são dispostos de modo que aqueles que contêm um grande número de corpúsculos estão próximos à superfície da esfera, enquanto aqueles em que há um número menor de corpúsculos estão mais no interior. (THOMSON¹⁶, 1902 in CARUSO & OGURI, 2006).

Finalizam a apresentação da proposta de Thomson dizendo que:

¹⁶ THOMSON, J.J., 1902. *The Discharge of Electricity through Gases*. Westminster: Archibald Constable & Co.

De qualquer forma, não é demais repetir, que a simetria da distribuição dos elétrons, por si só, deixa evidente que **a imagem** freqüentemente empregada **de um “pudim de ameixas”** para descrever o modelo de Thomson **é inadequada**. (CARUSO & OGURI, 2006, grifos nossos.)

De qualquer forma, independentemente da inconveniência do veículo utilizado por causa da falta da clareza quanto à maneira como as passas estariam distribuídas no pudim, ou do equívoco conceitual cometido por autores de livros-texto que utilizam esta analogia, o que se pretende aqui propor é a sua complementação através da elaboração de uma contra-analogia. Ou seja, estabelecer uma comparação entre duas estruturas de domínios diferentes que privilegie a diferença e que, no caso em discussão, evite a transferência incorreta de atributos pelos alunos durante o processo de *modelização mental*¹⁷. Acreditamos inclusive que, ao se estabelecer uma contra-analogia com o “bombom brigadeiro”, o professor estaria assumindo também o papel de provocador, perturbador, ou até mesmo de confrontador, na medida em que, paralelamente à analogia do pudim, o aluno é instigado a responder a si próprio o porquê do átomo segundo a teoria de Thomson não ser semelhante ao brigadeiro. *“Afinal, qual é a diferença? O que existe no bombom que não pode ser ‘transferido’ para o modelo de átomo?”*.

Sobre questionamentos e confrontações, vejamos o que diz Giordan (1996):

... um questionamento pode permitir a criação de situações pedagógicas que permitem a emergência das concepções, a tomada de consciência da existência de contradições, a possibilidade de confronto das diferentes opiniões, o incentivo à pesquisa e à ação. (p.163)

... [é] essencial, portanto, criar situações científicas “perturbadoras” caso se deseje ir mais adiante na construção do saber. (p.169)

¹⁷ Estamos chamando de **modelização mental** o processo de elaboração de imagens ou esquemas ilustrativos decorrentes de algum raciocínio.

As intervenções do professor podem até ir mais longe, ao participar diretamente nessas confrontações, ao proporcionar opiniões contrárias ao que foi dito, ou, ainda, ao propor situações que contradizem aos esquemas de pensamento apresentados. (p.172)

E discorrendo sobre o papel da confrontação na estruturação dos conhecimentos, Giordan (1996), semelhantemente ao que propõe Bachelard quanto à necessidade de se conferir um caráter efêmero e passageiro às analogias, metáforas e imagens, diz que parece ser igualmente importante que o “aprendente” tome o hábito de considerar as formulações como sendo provisórias e que, a esse respeito, os professores tomem todas as precauções de linguagem para deixar um lugar ao seu questionamento.

Assim, uma fórmula como ‘segundo nossas experiências, parece que...’ facilita a passagem ulterior para uma formulação mais geral ao evitar o obstáculo da referência rígida considerada como perfeita, ou seja, definitiva. (GIORDAN, 1996, p. 175)

Salienta ainda que toda essa progressão, ou seja, essa estruturação dos conhecimentos, é impossível sem um certo número de rupturas. Considera que seria preciso lançar mão de vários mecanismos de confrontação, porém, dessa vez, com outros conceitos ou outros modelos. “Com efeito, um nível de formulação não se elabora por uma simples generalização, mas também por **analogias e oposições**” (GIORDAN, 1996; grifo nosso).

Desse modo, retomando as implicações da comparação do modelo atômico de Thomson, ora com um “pudim de passas”, ora com um “doce brigadeiro” – em privilégio às diferenças, acreditamos que essa “estratégia” de ensino possa se configurar como um mecanismo provocador do “*movimento*” evocado por Bachelard (1996). Movimento de comparação (ou de correlação), ora entre os aspectos semelhantes, ora entre os aspectos diferentes, e de *aproximação e afastamento* entre o conceito científico (o modelo atômico) e as imagens utilizadas, podendo em

certa escala “*colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente*”, substituindo um “*saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico*”, *dialetizando as variáveis, oferecendo “razões para a razão evoluir”*. Em outras palavras, o que chamamos de *contra-analogia*, utilizada como estratégia auxiliar ou complementar, potencialmente favorece a compreensão do alvo, na medida em que contribuem, de maneira dinâmica, para uma *modelização mental* coerente com as idéias consensuais de átomo.

4.4 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS DA 1ª E DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

O grupo de 14 estudantes intencionalmente selecionados da turma da 1ª série do ensino médio que havia sido submetido ao ensino dos modelos atômicos com recurso às analogias respondeu ao questionário apresentado no apêndice B. O grupo era constituído por 07 meninas e 07 meninos, com a faixa etária de 15 e 16 anos. E apenas um aluno estava repetindo a 1ª série do ensino médio.

Informamos também que o questionário foi respondido na segunda semana de aula do mês de agosto, ou seja, duas semanas após o período das férias do mês de julho. As aulas sobre os modelos atômicos ocorreram durante todo o mês de junho e na primeira quinzena de julho.

A seguir apresentamos os resultados obtidos na ordem das partes que compõem o questionário. E para facilitar a leitura, os 14 estudantes da 1ª série foram identificados como A₁, B₁, C₁ até N₁. O algarismo 1 introduzido como índice do código de identificação do estudante correspondente à sua série.

Posteriormente, apresentamos os resultados obtidos na pesquisa feita com os alunos da 3ª série, os quais foram identificados também por letras, de A até Z, tendo, porém como índice o algarismo 3.

4.4.1 1ª PARTE – CONCEPÇÕES SOBRE ANALOGIAS

“Para você, o que são analogias?”

Quanto à primeira questão sobre o que seriam analogias, 12 dos 14 estudantes da 1ª série apresentaram respostas que consideravam o estabelecimento de comparações. Isto é, assim como o estudante I₁, que escreveu: *“Analogias são comparações”*, a maioria (85,7%) dos inquiridos se referiu ao termo *comparação*. Alguns se referiram às analogias como sendo exemplos usados que comparavam *“uma coisa com a outra, facilitando o entendimento”* (estudante E₁), ou *“comparações utilizando a matéria e exemplos quaisquer que facilitam a compreensão da matéria”* (estudante A₁ – grifo nosso). Destacamos também a resposta do estudante K₁ que implicitamente caracterizou as analogias como raciocínio ou processo, respondendo: *“Para mim analogias são pensamentos que quando comparados geram uma idéia”* (grifo nosso). Do mesmo modo, consideramos interessante a resposta do estudante N₁ – ***“Analogias são uma forma de se comparar”***. A resposta deste estudante sugere que podem existir outras formas de se estabelecer comparações que não sejam através de analogias. Ele ainda acrescentou em sua resposta a possibilidade de se utilizar metáforas, escrevendo – *“Podendo-se utilizar até metáforas”*.

Os outros dois estudantes que não se referiram ao estabelecimento de comparações, deram respostas que, para a análise do restante do questionário, não gerou divergências ou complicações, isto é, mesmo não apresentando alguma

resposta que considerasse explicitamente a idéia da comparação, souberam fazê-la ou analisar as comparações propostas que se seguiram. O estudante G₁ associou analogia à idéia de uso de modelos. Segundo este estudante, *“analogia é quando se usa modelos que podem servir como exemplos do que está sendo estudado para facilitar a compreensão do assunto”*. O outro aluno, o estudante F₁, apresentou uma resposta vaga e confusa, talvez na tentativa de elaborar alguma resposta mais rebuscada: *“Analogias são a utilização de análises críticas para a formação de teorias”*.

“Você gosta ou considera importante que o professor de Química utilize analogias para explicar ou introduzir algum conceito, teoria ou modelo científicos? Por quê?”

Todos os 14 estudantes afirmaram que gostam ou consideram importante que o professor utilize analogias para se ensinar a matéria. As justificativas apresentadas consideraram desde a facilitação do estudo, o auxílio para a compreensão da matéria estudada, até a visualização ou idealização da estrutura microscópica da matéria, e especificamente do átomo.

Houve ainda um aluno, o estudante C₁, que justificou a sua resposta dizendo que o uso de analogias *“dá uma descontração para a aula”*. Esse comentário do estudante reforça as considerações de Glynn (1989) e os comentários de Souza *et al* (2006) sobre a utilização de analogias que tendem a favorecer o envolvimento dos alunos no processo de construção de seu conhecimento e, conseqüentemente, contribuir para aumentar a motivação deles em relação ao ensino de Ciências.

Entre aqueles que justificaram afirmando que a utilização de analogias facilita a compreensão do conteúdo, destacamos algumas respostas:

Estudante D₁ – *“Eu gosto e considero importante a utilização de analogias para o ensino de Química, porque são situações microscópicas que ao serem comparadas a algo macroscópico facilita a minha idealização e meu entendimento”.*

Estudante G₁ – *“Eu gosto e considero importante porque quando a matéria é explicada se dando analogias, principalmente se essas fizerem parte do nosso cotidiano, facilita e muito no entendimento”.*

Estudante H₁ – *“Sim, porque com elementos do nosso mundo macroscópico é mais fácil enxergar o mundo microscópico. O exemplo de algo que já conhecemos facilita na aprendizagem do que é novo, desconhecido”.*

Estudante L₁ – *“É muito importante o uso de analogias, pois através delas conseguimos associar o ‘novo’ (o que aprendemos) com o que já temos em mente, o que facilita a interpretação do conteúdo”.*

A partir destas respostas, podemos destacar alguns aspectos relevantes quanto ao uso de analogias no ensino de Ciências, reforçando considerações feitas por pesquisadores na área: a assimilação do novo a partir de estruturas familiares aos alunos, especialmente se estas fizerem parte do cotidiano deles; o papel mediador das analogias no processo de elaboração mental pelos estudantes de estruturas modeladas cientificamente; e a aceitação do novo científico abstrato através do compreensível familiar.

“Alguma analogia utilizada pelo professor no estudo dos modelos atômicos te ajudou a compreender algum conceito/modelo/ teoria difícil? Qual(is)?”

Novamente todos os 14 estudantes afirmaram que em alguma situação no estudo dos modelos atômicos, ao menos uma analogia ajudou a compreender conceitos ensinados.

Destes 14 alunos, o estudante H₁ fez uma observação dizendo: *“Todas as analogias ajudam, pois reforça o que estamos lendo. É como mostrar na prática o que conhecemos em teoria. Mas nenhuma me fez entender, apenas ajudou a ter uma noção melhor”*. A resposta deste aluno sugere entender que para ele as analogias não assumiram um papel fundamental para a aprendizagem dos modelos atômicos estudados, mas apenas serviram como um suporte ou reforço, sendo, de certa forma, dispensáveis.

O quadro 03 apresenta os alvos e os veículos (análogos) citados pelos estudantes nesta questão.

Quadro 03 - Alvos e veículos citados pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio nas respostas à questão 03 da 1ª parte do questionário relativa às concepções sobre analogias, 2006.

Estudante	Alvo	Veículos
A ₁	Tamanho do núcleo / tamanho do átomo (<i>Rutherford</i>)	Tamanho de uma bola de futebol / tamanho do planeta Terra
B ₁	Modelo de Bohr	Sistema solar
C ₁	Penetração das partículas alfa na lâmina de ouro (<i>Rutherford</i>)	Tiros de metralhadora sobre uma parede de isopor
D ₁	Subníveis da eletrosfera (<i>modelo atual</i>)	Subdivisões de uma casa
E ₁	Modelo de Dalton	Bola esférica e maciça
F ₁	-	-
G ₁	Modelo de Dalton	Bolinha de gude
H ₁	-	-
I ₁	-	-
J ₁	- Modelo de Dalton; - Modelo de Thomson; - Experiência com as partículas alfa (<i>Rutherford</i>)	- Esfera maciça de chumbo; - Pudim; - Balas de um revólver na parede de isopor
K ₁	-	-
L ₁	Experiência de Rutherford	Balas atiradas contra uma parede de isopor
M ₁	Núcleo e órbitas (<i>Bohr</i>)	Sistema solar
N ₁	Modelo atual	<i>Modelo de Bohr</i>

FONTE: Original, 2008.

No quadro 03, acrescentamos entre parênteses o nome do cientista ao qual se refere a citação. De acordo com o mesmo, houve três referências ao modelo

de atômico de Dalton; uma ao modelo de Thomson; quatro referências a Rutherford, sendo uma ao modelo propriamente dito e três ao seu experimento com a lâmina de ouro; duas ao modelo de Bohr; e duas ao modelo atual.

Sobre os veículos citados, destacamos a esfera maciça (ou assemelhados), indicada três vezes, o sistema solar, indicado duas vezes e o pudim citado uma vez. Estes veículos são freqüentemente utilizados para a compreensão das estruturas dos modelos de Dalton, de Bohr e de Thomson, respectivamente.

A analogia citada pelo estudante D_1 , como ele mesmo escreveu, foi feita pela personagem do filme *Ponto de Mutação*¹⁸, passado para todos os alunos na ocasião do estudo dos modelos atômicos. O estudante ainda lembrou de uma outra relação analógica feita pela personagem, dizendo que se uma laranja tivesse seu tamanho ampliado para o tamanho do planeta, seus átomos assumiriam um tamanho correspondente a pequenas cerejas agregadas.

Ao se referir à analogia com uma bola esférica e maciça no estudo do modelo de Dalton, o estudante E_1 destacou a importância do veículo utilizado, considerando a sua tridimensionalidade, ao citar consecutivamente **a idéia de que este modelo não se parece com um prato.**

O estudante F_1 apresentou a seguinte resposta: “As analogias me ajudaram a compreender porque as leis de Newton não se aplicam aos modelos atômicos”. É importante dizer que, durante a situação de ensino do modelo atômico de Bohr, ao introduzir o conceito da quantização da energia para a eletrosfera, este aluno ativamente participou da aula fazendo questionamentos sobre o porquê dos elétrons, girando em torno do núcleo, não perderem energia até chocar-se contra

¹⁸ PONTO DE MUTAÇÃO. orig. *Mindwalk*. Produção e direção de Bernt Capra. Com Liv Ullmann, Sam Waterson, Joen Heard e Ione Skye. 1990. 1 fita de vídeo (110 min.), VHS, son., color.

ele, uma vez que, de acordo com a Física Clássica¹⁹, partículas em movimento perdem energia.

Consideramos bastante interessante o alvo e o veículo apresentados pelo estudante N₁: *“A analogia que ele correlaciona o modelo atual com o de Bohr, para entender melhor as órbitas”*.

No contexto da resposta deste estudante, o termo *veículo* torna-se bem mais apropriado que o termo *análogo*, uma vez que os dois modelos citados, a fim de entender a *diferença* entre órbitas e orbitais, não são semelhantes. Percebemos, como já foi dito, *neste contexto*, **uma espécie de pré-concepção de uma *contra-analogia***.

Devemos observar também o fato deste mesmo estudante ter respondido que *“analogias são uma forma de se comparar”*, sugerindo, como já dissemos anteriormente, a possibilidade de se existir outras formas para se fazer comparações.

Também consideramos bastante interessante o fato do estudante N₁ ter citado estruturas pertencentes a domínios comuns, ou seja, o alvo e o veículo constituem modelos científicos complexos para a estrutura da matéria sendo, dessa forma, estruturas abstratas. Apesar deste tipo de comparação escapar ao modo comum de se fazer uma analogia, que tem como princípio tomar um objeto conhecido, familiar e concreto, normalmente pertencente ao cotidiano do sujeito da aprendizagem, Mól (1999) ressalta que uma analogia pode ser feita comparando-se dois conceitos abstratos. Exemplifica com a comparação entre o modelo de Bohr e o

¹⁹ Parte da Física como era estudada aproximadamente até o final do séc.XIX e que não utilizava os conceitos que surgiram no início do séc.XX, como a mecânica quântica e a relatividade especial. Atualmente, o termo clássico é utilizado para indicar qualquer das teorias da física que não envolvam fenômenos quânticos. (RODITI, 2005, p. 94).

sistema solar dizendo que, embora esse último possa ser razoavelmente conhecido pelos alunos, não deixa de ser abstrato.

“Para você, quais são as vantagens e/ou desvantagens de estudar Química através de analogias?”

Houve 07 estudantes (B_1 , C_1 , D_1 , F_1 , K_1 , L_1 e M_1) que apresentaram vantagens e desvantagens, indicando como vantagem o auxílio na compreensão pelos alunos. Dentre estes, ainda houve um (F_1) que citou como vantagem a *“melhor fixação da matéria”*, um (D_1) indicando a possibilidade de se ter uma *“noção melhor através de modelos analógicos macroscópicos”*, e outro (B_1) referindo-se ao auxílio para *“imaginar e visualizar as teorias e modelos”*.

Houve 04 estudantes (G_1 , H_1 , I_1 e J_1) que além de responderem explicitamente não haver desvantagens, indicaram como vantagens o auxílio na compreensão, o caráter dinâmico adquirido na aula (G_1) e o papel facilitador das analogias como um meio *“para enxergarmos o mundo microscópico”* (H_1).

Estas respostas parecem estar de acordo com o que diz Duarte (2005) ao discutir algumas potencialidades freqüentemente aduzidas para defender a utilização das analogias no ensino de Ciências. Uma das potencialidades indicadas é a possibilidade das analogias tornarem *“o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstratos, podendo promover o interesse dos alunos”* (grifo nosso).

Os estudantes E_1 e N_1 não apresentaram desvantagens. Dentre estes, o primeiro, citando apenas vantagens, indicou a facilidade de se entender algo novo a partir do que já se conhece, permitindo a formação de uma *“imagem... mais real... na nossa mente”*. O segundo, de se *“ver a Química de várias formas e não de um só*

ponto de vista”, além de considerar as analogias como um meio para que ele possa formar a sua *“opinião de forma mais concreta”*.

Já o estudante A₁ disse haver muitas vantagens sem, contudo, relacioná-las, afirmando também que *“em analogias... podem ter a desvantagem da não compreensão do aluno”*.

Tratando-se das desvantagens, além do estudante A₁ referido acima, reunimos as respostas dos inquiridos primeiramente considerando os estudantes B₁, D₁, L₁ e N₁, que apontaram a possibilidade dos alunos de confundir *“a analogia com a realidade”* (L₁) ou dessa confusão ser causada *“quando [as analogias forem] mal colocadas”* (N₁). A consideração de L₁ reforça o que Duarte (2005) aponta como dificuldades ou problemas que se colocam à utilização das analogias no ensino de Ciências. Dentre estas o fato da analogia poder ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia. Do mesmo modo, Duarte também aponta para o risco de não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia – consideração corroborada pela resposta do estudante A₁.

Houve ainda os estudantes C₁ e K₁ que consideraram a possibilidade de determinadas analogias não corresponderem à *“proposta”*, à *“idéia real”*. As respostas destes estudantes parecem estar em convergência com outra dificuldade apontada por Duarte (2005), ao dizer que *“a analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita sua utilidade”*. Ou ao que diz Glynn (1989) que também discute algumas desvantagens apresentadas pelas analogias, entre elas, o fato do aluno, recebendo uma analogia pronta, poder enfrentar dificuldades de aceitabilidade.

Por fim, houve ainda a desvantagem apresentada pelo estudante F₁. Ele apontou como desvantagem *“o tempo gasto para se compreender a matéria através das analogias”*.

4.4.2 2ª PARTE – MODELOS ATÔMICOS E ANALOGIAS

Apresentamos e discutimos a seguir, os dados coletados a partir das respostas dos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio, ao serem solicitados a completar os quadros da segunda parte do questionário com as principais características dos modelos estudados, os respectivos desenhos representativos e as analogias que conseguissem recordar.

4.4.2.1 DADOS RELATIVOS AO MODELO ATÔMICO DE DALTON

O quadro 04 reúne as características escritas por cada um dos 14 estudantes da 1ª série relativas ao modelo atômico de Dalton.

Quadro 04 - Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio relativas ao modelo atômico de Dalton, 2006.

Estudante	Formato esférico	Maciço	Indivisível	Outras
A ₁	X	X	X	
B ₁	X	X	X	Indestrutível
C ₁	X	X	X	
D ₁	X	X	X	
E ₁	X	X	X	
F ₁	X		X	Esfera sólida
G ₁	X	X	X	
H ₁	X	X	X	
I ₁	X	X	X	
J ₁	X	X	X	
K ₁	X	X	X	
L ₁	X	X	X	
M ₁	X	X	X	
N ₁				Núcleo maciço
%	93%	86%	93%	-

FONTE: Original, 2008.

Conforme podemos observar no quadro 04, apenas o estudante N₁ não mencionou as características do formato esférico, do preenchimento maciço e da indivisibilidade do átomo segundo a teoria de Dalton. Este estudante descreveu o modelo de Dalton se referindo à existência de um “núcleo maciço” e desenhou um círculo colorido para representá-lo. Em seu desenho, apresentado na figura 18, ainda havia marcas de linhas apagadas lembrando órbitas ao redor de um núcleo. Romanelli (1996), ao analisar desenhos e falas de alunos quanto ao conceito de átomo, constatou por algumas vezes uma confusão entre átomo e núcleo do átomo. E esta confusão nos parece mais evidente quando nos deparamos com a analogia citada pelo estudante N₁: ele escreveu que “*este modelo é comparado a uma esfera*

de chumbo maciça”. E, ao responder sobre quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia, escreveu: *“todas, uma esfera de chumbo é exatamente igual ao núcleo”*. Sem a citação desta analogia, poderíamos pensar que o estudante apenas confundiu com idéias propostas por outros modelos. Porém, considerando o análogo citado e a sua resposta para as semelhanças estabelecidas, percebemos que, de fato, existe a confusão citada por Romanelli na concepção de átomo elaborada por este aluno.

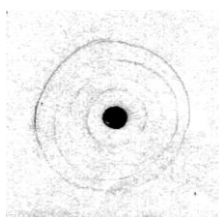


FIGURA 18 – Desenho elaborado pelo estudante N₁ para representar o modelo atômico de Dalton

Fonte: Arquivo Pessoal

Agrupamos os desenhos elaborados pelos estudantes para representar o átomo segundo a teoria indicada, em três tipos: (a) um círculo não colorido – A₁, H₁, I₁; (b) um círculo colorido – B₁, C₁, K₁, L₁, N₁; (c) e um círculo com efeito tridimensional – D₁, E₁, F₁, G₁, J₁, M₁. A figura 19 apresenta três desenhos escolhidos para representar os tipos indicados.



FIGURA 19 – Agrupamento dos desenhos elaborados pelos estudantes I₁, B₁ e M₁, respectivamente, para representar os três tipos de modelos expressos pelos estudantes para o modelo atômico de Dalton

Fonte: Original, 2008.

Enquanto cerca de 90% dos estudantes descreveram o átomo, na perspectiva da teoria de Dalton, como esférico, maciço e indivisível, nas representações gráficas feitas por eles, não houve a mesma correspondência em termos percentuais. O desenho do átomo através de um círculo não-colorido foi feito por cerca de 20% dos estudantes. Representando de tal maneira, ficam omitidas as características do preenchimento maciço e do formato esférico. Sendo este tipo de representação gráfica uma estrutura única e uniforme, a indivisibilidade talvez pode ser entendida pela ausência estruturas menores.

O desenho do átomo através de um círculo colorido foi representado por 36% dos estudantes. Mesmo que neste tipo de representação gráfica esteja implícita a idéia do preenchimento maciço, o percentual de alunos que o fizeram ainda é pequeno se comparado com os 93% que citaram esta característica.

Do mesmo modo, observamos o terceiro tipo de representação gráfica que considerou o formato esférico através do efeito de tridimensionalidade. Cerca de 40% dos estudantes o fizeram dessa forma.

A análise desses três tipos de representação gráfica e as respectivas descrições do modelo nos sugere não haver, para estes alunos, uma associação necessária entre todas as características descritas e o modo como representam a entidade modelada. Devemos considerar também que nem todas as características são passíveis de uma representação gráfica simples, o que provavelmente contribui para as diferenças percentuais observadas.

4.4.2.2 ANALOGIAS CITADAS PARA O MODELO DE DALTON

Ao serem solicitados a citar alguma analogia que haviam conhecido no estudo deste modelo atômico, apenas 01 estudante (A_1) respondeu não se lembrar

de alguma analogia. Os outros 13 estudantes citaram um ou mais objetos de formato esférico como análogos. Entre os análogos citados para o modelo de Dalton, 06 estudantes escreveram uma esfera metálica de aço ou chumbo, 05 escreveram uma bola de gude, 05 uma bola de bilhar ou sinuca, 01 uma cereja, 01 uma bola de futebol e 01 citou uma “bola qualquer”.

Entre os 14 estudantes inquiridos, 06 citaram mais de um análogo ao modelo de Dalton.

O quadro 05 relaciona as semelhanças e as diferenças levantadas pelos estudantes entre o modelo atômico de Dalton e os análogos citados, com suas respectivas frequências.

Quadro 05 - Semelhanças e diferenças entre o modelo atômico de Dalton e os análogos citados, indicadas pelos estudantes da 1ª série do ensino médio, com suas respectivas frequências, 2006.

Semelhanças	Diferenças
Formato (12 estudantes)	Divisibilidade (07)
Preenchimento (09)	Tamanho (05)
Indivisibilidade (02)	Destrutibilidade, incluindo fusão (02)
	Preenchimento (02)
	Visualização (02)
	Peso (01)
	Utilização / função (01)
	Cor (01)

FONTE: Original, 2008.

Houve apenas 03 estudantes que não perceberam a existência de diferenças entre o alvo e o(s) análogo(s) citado(s), sendo que o estudante D₁, apesar de ter respondido que achava não haver diferenças, no caso entre as bolas de bilhar

e de futebol com o modelo atômico, ao descrever **as semelhanças** considerou que o análogo – **a bola de futebol – não é maciço como o átomo**.

Analisando o quadro 05 que apresenta as semelhanças e as diferenças indicadas pelos estudantes, percebemos um número maior de diferenças apresentadas. Contudo, devemos observar que, apesar desta maior quantidade, a frequência de cada diferença, com exceção à divisibilidade e ao tamanho, é bem menor que as frequências obtidas para as semelhanças. No caso da indivisibilidade indicada como uma semelhança, a análise detalhada dos questionários nos permitiu perceber que enquanto o estudante D₁, ao afirmar que as bolas de bilhar e de futebol “não possuem divisão”, provavelmente se referindo a alguma estrutura de montagem ausente nestes dois objetos, o estudante K₁ afirmou que assim como “o átomo [de Dalton] era indivisível”, também é a esfera de chumbo, “apesar de poder ser fundida”. Observamos que este estudante descreveu um objeto análogo a partir de um conceito por ele conhecido sobre o modelo alvo. E é interessante perceber, neste caso, que o aluno associou equivocadamente propriedades relacionadas à resistência mecânica do material com a falsa incapacidade de provocar sua divisão, mesmo considerando a capacidade de se fundir o material. Por outro lado, percebemos através da consideração final do estudante sobre essa possibilidade de se fundir a esfera de chumbo que, a sua concepção sobre a entidade átomo provavelmente não se caracteriza pelo o que Mortimer (2000) chama de “atomismo substancialista”. Segundo esta concepção substancialista que, de acordo com Mortimer, é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes, propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas. Segundo Bachelard (1996), também comentado por Mortimer, esse substancialismo está intimamente ligado à “metafísica

da poeira”, ou seja, à idéia de que o atomismo é uma composição racional elaborada a partir de intuições sensoriais.

Sobre o preenchimento indicado como uma semelhança entre o modelo atômico de Dalton e alguns análogos citados, nos pareceu, pela análise das respostas, especialmente das comparações estabelecidas, que há entre os estudantes uma provável relação equivocada entre a propriedade de *ser maciço* com a propriedade de *ser denso*, como se maciço fosse somente aquilo que contém *muita* massa. Percebemos esta concepção nas comparações feitas especialmente com esferas de chumbo.

Algumas outras comparações citadas pelos estudantes nos permitiram discussões interessantes sobre o que estamos chamando de vias do raciocínio analógico. Quando, por exemplo, o estudante E₁ comparou o modelo atômico de Dalton com uma “*bola toda completa (como se fosse cheia por dentro também)*”, percebemos uma pequena confusão entre o análogo (veículo) e o alvo. Podemos observar que este estudante buscou *descrever um objeto análogo em termos do que ele conhece sobre o alvo*, como se estivesse idealizando o veículo. Justificou a escolha do análogo referindo-se ao formato esférico da bola e à necessidade de que esta fosse maciça e não pudesse sofrer divisão. Somente quando lhe foi solicitado escrever as diferenças, o aluno disse que a bola comparada não é maciça e indivisível.

4.4.2.3 DADOS RELATIVOS AO MODELO ATÔMICO DE THOMSON

Ao descreverem as características do modelo atômico de Thomson, 64% dos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio citaram o formato esférico. O preenchimento maciço foi citado apenas por 29% dos estudantes (B₁, D₁, G₁ e K₁);

09 estudantes não fizeram nenhuma referência a esta característica, e 01 aluno – o estudante C_1 – afirmou que o átomo, segundo a perspectiva de Thomson, não é maciço. Este estudante, inclusive, ao fazer o desenho do modelo de Thomson, não circunscreveu o conjunto de cargas negativas. A figura 20 apresenta o desenho feito pelo estudante C_1 para representar o modelo atômico de Thomson.



FIGURA 20 - Desenho feito pelo estudante C_1 para representar o modelo atômico de Thomson

Fonte: Arquivo Pessoal.

A divisibilidade do átomo foi referida por 04 estudantes (D_1 , G_1 , H_1 e J_1) – também cerca de 30%. Enquanto 09 estudantes não se referiram a este aspecto, houve 01 que afirmou que “o átomo seria uma esfera [...] indivisível” – (Estudante E_1).

Quanto à natureza elétrica da entidade, todos os estudantes fizeram alguma referência à presença de cargas elétricas no átomo modelado por Thomson, sendo que apenas 02 destes se referiram à existência de partículas carregadas (B_1 e G_1), enquanto 11 fizeram menção à presença de cargas elétricas, não associando necessariamente à existência de partículas subatômicas constituintes. Completando o grupo, houve ainda um aluno – o estudante J_1 – que utilizou os termos “prótons” e “elétrons” para descrever a estrutura atômica modelada.

A partir destas características apresentadas por este grupo de estudantes, podemos perceber a manifestação de duas concepções sutilmente diferentes na descrição do modelo de átomo proposto por Thomson. A primeira caracterizada pela

associação entre a existência de diferentes cargas elétricas e a existência de partículas de diferentes naturezas, pode ser verificada através das descrições feitas pelos estudantes B₁, G₁ e provavelmente J₁ que utilizou os termos prótons e elétrons. A segunda concepção, caracterizada pela não associação entre a existência de partículas e as cargas elétricas, foi observada tanto entre alunos que descreveram o modelo como sendo divisível, quanto entre aqueles que o imaginavam sem uma estrutura constituída.

O interessante nesta segunda concepção é a atribuição independente construída mentalmente por estes estudantes quanto à presença de cargas elétricas na esfera atômica. Isto é, para eles, independentemente do átomo, na perspectiva de Thomson, ser constituído por partículas ou não, a estrutura possui cargas elétricas positivas e negativas. Isso pode ser observado na proposição do aluno E₁ – *“O átomo seria uma esfera indivisível com cargas positivas e negativas”* – bem como na do estudante H₁, que considerou a divisibilidade do átomo e escreveu as seguintes características: *“esfera carregada positivamente e negativamente de forma igual; as cargas ficavam na superfície; átomo divisível”*.

Verificamos alguma referência quanto à distribuição das cargas elétricas na estrutura atômica, apenas nas descrições dos estudantes F₁, H₁ e K₁ – **21% dos estudantes inquiridos**. Estes três estudantes descreveram a distribuição como sendo superficial. O estudante F₁, por exemplo, escreveu: *“o átomo ainda é uma esfera, porém possui cargas positivas e negativas em sua superfície”*. A figura 21 apresenta o desenho feito por F₁ para representar o modelo atômico de Thomson.

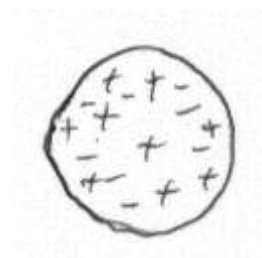


FIGURA 21 - Desenho feito pelo estudante F₁ para representar o modelo atômico de Thomson

Fonte: Arquivo Pessoal.

Podemos perceber através do desenho do estudante F₁ que as cargas negativas e positivas foram representadas não somente da mesma forma como também aparentemente apenas na superfície da esfera. Aproveitando o ensejo, verificamos também que as cargas negativas não foram circunscritas, sugerindo mais uma vez a independência da carga elétrica com a presença de partículas de naturezas distintas.

O estudante K₁ utilizou o termo “incrustadas” para descrever a forma como as cargas negativas estariam presentes na estrutura atômica. O interessante é que este aluno, o único a citar o termo, é também o único estudante que estava repetindo a 1ª série do ensino médio entre os inquiridos. Provavelmente, essa citação decorreu do seu uso e reforço pelo antigo professor ou devido ao livro didático. Mas, independente de sua origem, interessa-nos discutir o provável significado em termos do modelo mental elaborado pelo aluno associado a esta palavra – *incrustado*.

A figura 22 apresenta o desenho feito por K₁ para representar o modelo atômico de Thomson.



FIGURA 22 - Desenho feito pelo estudante K₁ para representar o modelo atômico de Thomson

Fonte: Arquivo Pessoal.

Embora o estudante K₁ não tenha descrito as características do modelo de Thomson denotando a associação entre partículas e cargas, podemos perceber, por este desenho, que as cargas negativas foram circunscritas, diferentemente das cargas positivas, o que sugere um modelo mental que admite a existência de unidades discretas, ou seja, de partículas, sendo estas negativamente carregadas.

Por outro lado, observamos também que para este estudante (K₁) a concepção da neutralidade atômica não foi assimilada ou não é relevante, uma vez que, na sua representação gráfica o número de partículas com carga negativa é menor que a quantidade de carga positiva na esfera atômica.

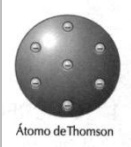
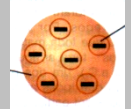
Ao retomarmos a proposição do estudante K₁ – “*as cargas negativas incrustadas na superfície da esfera*” (grifo nosso), levantamos algumas questões pertinentes ao modo como alunos interpretam e elaboram modelos mentais em função das informações fornecidas pelos professores e livros didáticos de Ciências: *O que significa dizer que “os elétrons estão incrustados na esfera de carga positiva”? Qual caráter se configura na aplicação desta expressão – estático ou dinâmico? O que realmente se pretende expressar através desse termo? Afinal, o seu uso tem sido racional e objetivo ou indiscriminado e subjetivo?*

4.4.2.3.1 DADOS OBTIDOS SOBRE O MODELO ATÔMICO DE THOMSON ATRAVÉS DA CONSULTA PARALELA A LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

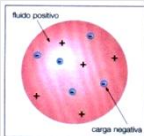
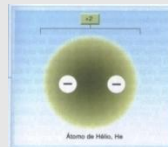
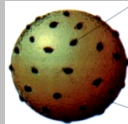
Inquietados com o modo de apresentação deste modelo atômico, consultamos um conjunto de 12 livros didáticos de Química escolhidos aleatoriamente em função da disponibilidade para a análise. A relação dos livros consultados está apresentada no apêndice J.

Com o propósito de facilitar a leitura, estes livros serão chamados de livros A, B, C até L (apêndice J). O quadro 06 apresenta os dados relativos ao modelo atômico de Thomson coletados a partir da consulta aos livros didáticos de Química.

Quadro 06 - Textos relativos ao modelo atômico de Thomson em 12 livros didáticos de Química com ilustrações e termos relacionados à presença dos elétrons no átomo – 2008.

LIVRO	Texto de apresentação do modelo atômico de Thomson	Ilustração apresentada junto ao texto	Termo relacionado à presença dos elétrons no átomo
A	“o átomo seria uma esfera maciça positiva que, para tornar-se neutra, apresentava elétrons (partículas negativas) incrustados em sua superfície”		<i>Incrustados</i>
B	“‘pasta’ positiva ‘recheada’ pelos elétrons de carga negativa [...] conhecido como ‘pudim de passas’”		<i>Recheada</i>
C	“os elétrons eram partículas de carga negativa embebidas na esfera atômica”	Sem ilustração	<i>Embebidas</i>
D	“esfera de carga elétrica positiva, possuindo, em sua superfície, elétrons inscrustados”		<i>Incrustados</i>

Quadro 06 (continuação) - Textos relativos ao modelo atômico de Thomson em 12 livros didáticos de Química com ilustrações e termos relacionados à presença dos elétrons no átomo – 2008.

LIVRO	Texto de apresentação do modelo atômico de Thomson	Ilustração apresentada junto ao texto	Termo relacionado à presença dos elétrons no átomo
E	“formado por um fluido com carga positiva no qual estavam dispersos os elétrons”		<i>Dispersos</i>
F	“Na superfície dessa massa estariam aderidos os elétrons, espaçados de modo uniforme”		<i>Aderidos</i>
G	“as partículas com carga negativa, denominadas elétrons, se encontravam incrustadas numa esfera de carga positiva, como cargas num panetone”		<i>Incrustadas</i>
H	“uma esfera de massa positiva com as cargas negativas (elétrons) espalhadas em sua superfície, como passas em um pudim”		<i>Espalhadas</i>
I	“o átomo era uma esfera homogênea de cargas positivas (os prótons) na qual estariam incrustadas algumas cargas negativas (os elétrons)”	Sem ilustração	<i>Incrustadas</i>
J	“os elétrons estariam mergulhados em uma massa homogênea e positiva, como ameixas em um pudim”		<i>Mergulhados</i>
K	“o átomo seria uma esfera positiva com elétrons ‘incrustados’. Para Thomson, havia uma distribuição uniforme de carga e massa ao longo no átomo”.		<i>Incrustados</i>
L	“o átomo seria uma bola de massa uniforme de carga positiva, com elétrons incrustados, tal como passas em um bolo. Esse modelo ficou conhecido como ‘pudim de passas’”.		<i>Incrustados</i>

FONTE: FERRY & NAGEM, 2008.

De acordo com as informações do quadro 06, o termo *incrustados(as)* foi encontrado em 06 dos 12 livros didáticos consultados, ou seja, em 50% dos livros, o que justifica o nosso questionamento.

De acordo com Houaiss (2001) o termo, no infinitivo – *incrustar* – significa:

v. 1 t.d. cobrir, revestir (algo) de (crosta, depósito etc.) <a fuligem *incrustou* as paredes dos prédios> 2. t.d.bit. ornar (um objeto) embutindo fragmentos de (madeira, pedras, marfim etc.); taxiar <i. uma mesa> <o artífice *incrustara* o tampo da mesa com guirlandas> 3. bit. Incluir, inserir (algo em), como parte integrante; embutir, embrechar <*incrustou* vários brasões no portal da casa> <i. esmeraldas em um anel> 4. t.d.bit. cobrir, revestir (algo) com (camada de tinta, esmalte ou qualquer outra substância) <i. tela (de verniz)> 5. aderir-se fortemente a um corpo; implantar-se, arraigar-se <*belas bromélias incrustavam-se* na rocha viva> 6. pron.fig. tornar-se fixo, gravado, marcado; gravar-se, fixar-se, imprimir-se <a pavorosa cena se *incrustou* para sempre na memória> 7. pron.fig. instalar-se, alojar-se por tempo indeterminado <*acabou incrustando-se* naquela casa onde fora apenas por alguns dias> 8. pron.BIO endurecer-se pela interposição de minerais, esp. de carbonato de cálcio, entre as partículas orgânicas. [...] (HOUAISS, 2001, p.1600, grifos nossos).

Além da conotação estática conferida pelo significado da palavra *incrustar*, conforme os termos grifados, etimologicamente, o termo se relaciona ao ato de “cobrir com uma crosta, rebocar” (HOUAISS, 2001). Ou seja, a própria etimologia da palavra *incrustar* nos remete a algo relacionado à superfície de um corpo.

Encontramos, além do termo “*incrustados*”, outra expressão equivalente – “*aderidos*”. Para este termo consideramos válidas as mesmas questões anteriormente apresentadas.

Da mesma forma, também questionamos o uso dos termos *mergulhados*, *embebidas* e *recheada* como expressões “perigosas”, enquanto expressões de caráter metafórico, para a elaboração mental dos estudantes para a entidade modelada. Assim como as analogias, tais expressões metafóricas devem ser

cuidadosamente abordadas em sala de aula, não deixando somente a cargo do aluno a sua interpretação.

Semelhantemente à análise feita por Justi & Monteiro (2000), observamos que em alguns dos livros analisados os próprios autores discorrem atributos equivocados ao se referir à teoria atômica. Consideremos, por exemplo, o texto da apresentação transcrita a partir do livro D:

Segundo Thomson, o átomo seria formado por uma esfera de carga elétrica positiva, possuindo, em sua superfície, elétrons incrustados. (...) Esse modelo é conhecido como **o modelo do pudim de passas.** (FERRY, 2003²⁰. Grifo nosso e negrito no original)

O equívoco cometido por este autor ao se referir à distribuição superficial dos elétrons na estrutura atômica também foi cometido explicitamente pelos autores dos livros A, F e H.

Outro aspecto que nos chamou a atenção na análise destas apresentações foi a utilização de ilustrações para o modelo. Como podemos constatar pelo quadro 06, 10 entre os 12 livros analisados apresentaram uma ilustração para o modelo em estudo.

Entre estas 10 ilustrações, encontramos seis (livros A, B, D, E, G e L) que apenas circunscreveram as cargas negativas, conferindo a identidade corpuscular às mesmas. Destes houve a do livro E que além dessa representação dispôs pela estrutura esférica uma quantidade de sinais de carga positiva igual a quantidade de elétrons, complementando e sugerindo para sua descrição o caráter neutro para a mesma.

Houve dois livros - F e H, que apresentaram uma figura esférica que possivelmente nos remete a imagem de uma massa de pudim com ameixas/passas

²⁰ FERRY, A. S. *Química: ensino médio*. Inovação Educacional. – Belo Horizonte: Ined, 2003.

“aderidas”. Parece-nos que, na tentativa de esclarecer a relação analógica com o pudim de passas, fez-se a representação do alvo com as características do análogo. Consideramos inadequada essa representação tomando como referência as considerações de Bachelard (1996) acerca do reforço de obstáculos epistemológicos decorrentes do mau uso das analogias e metáforas, configurando-se, neste caso, como um obstáculo substancialista.

Encontramos ainda uma ilustração (livro J) que embora tenha apresentado uma figura que sugere a divisibilidade estrutural, não sinaliza a existência de cargas elétricas.

E por último vimos mais uma figura (livro K) que sugere algumas implicações equivocadas ou, no mínimo, incoerentes com a concepção científica do modelo. Na figura do livro K encontramos tanto as cargas negativas quanto as positivas circunscritas, delimitadas, sugerindo uma distinção das mesmas em relação à estrutura atômica. Mediante tal representação, novamente perguntamos: *o que estaria sendo representado pela região externa às cargas? O que seria essa esfera no modelo que contém as partículas positivas e as negativas? Seria uma “região imaginária” assim como as órbitas de Bohr ou os orbitais do modelo atual? Ou um “corpo atômico eletricamente neutro”? E quais as conseqüências para o modelo mental elaborado pelos estudantes?*

Consideramos que as questões suscitadas a partir da análise das respostas dos estudantes e das consultas aos livros didáticos de Química poderão nos conduzir a novas pesquisas sobre as concepções de professores quanto ao modelo atômico de Thomson, além das implicações decorrentes ao uso desses termos na elaboração conceptual dos alunos.

4.4.2.4 RETOMANDO A ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS – MODELO DE THOMSON

Retomando a análise das respostas dos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio, agrupamos os desenhos elaborados segundo as semelhanças apresentadas entre os mesmos.

O primeiro conjunto, apresentado na figura 23, relaciona aqueles que circunscreveram as cargas negativas da estrutura, sugerindo a descrição das partículas eletricamente negativas. Observa-se também neste primeiro conjunto, exceto o terceiro (elaborado pelo estudante K₁), que houve a indicação da neutralidade elétrica da estrutura atômica através da igualdade das cargas representadas.

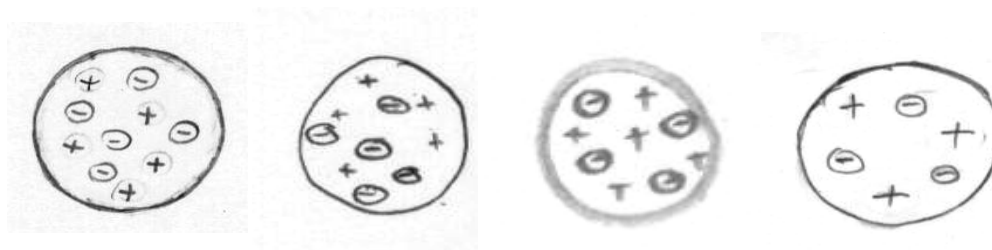


FIGURA 23 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente pelos estudantes B₁, D₁, K₁ e M₁, para representar o modelo atômico de Thomson, mostrando as cargas negativas circunscritas.

Fonte: Original, 2008.

No primeiro desenho deste conjunto, ao redor das cargas positivas há marcas indicando que o estudante B₁ as teria circunscrito, havendo, porém, apagado depois.

O segundo conjunto, apresentado na figura 24, agrupa aqueles que simplesmente representaram as cargas positivas e negativas através dos seus sinais distribuídos aleatoriamente pela esfera atômica.

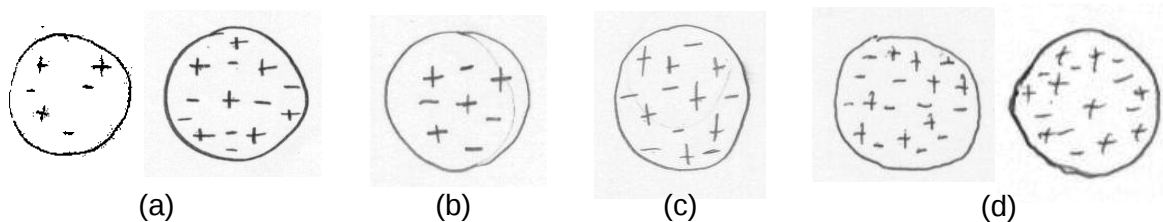


FIGURA 24 – Agrupamento dos desenhos elaborados pelos estudantes

(a) I_1 e J_1 , (b) E_1 , (c) G_1 e (d) A_1 e F_1 , para representar o modelo atômico de Thomson, indicando as cargas positivas e as negativas não-circunscritas.

Fonte: Original, 2008.

Entre os estudantes que fizeram estes desenhos apresentados na figura 24, encontramos a associação partícula-carga na descrição dada por G_1 : “*Esfera maciça composta por partículas positivas e negativas; divisível*” (grifo nosso). Bem como o equívoco da não-associação (b) demonstrada na descrição de E_1 : “*O átomo seria uma esfera (indivisível) com cargas positivas e negativas*”. Através da figura 24 observamos que, apesar da divergência conceitual, houve uma coerência na representação gráfica com a descrição feita pelo estudante – (b)

O terceiro conjunto, apresentado na figura 25, agrupa duas representações nas quais as partículas positivas, assim como as negativas, foram circunscritas, ou seja, delimitadas.

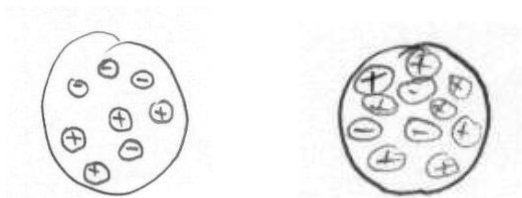


FIGURA 25 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H_1 e N_1 para representar o modelo atômico de Thomson, com todos os sinais de carga elétrica circunscritos.

Fonte: Original, 2008.

Mediante tais representações, nas quais as partículas positivas e negativas foram indicadas pelas circunscrições dos sinais, *o que estaria sendo representado pela região externa às cargas? O que seria essa esfera, no modelo mental elaborado pelos estudantes, que contém as partículas positivas e as negativas? Seria uma “região imaginária” assim como as órbitas de Bohr ou os orbitais do modelo atual? Ou um “corpo atômico eletricamente neutro”?*

Estas constituem outras questões pertinentes ao modo como alunos interpretam e elaboram modelos mentais para a entidade átomo e como o “traduzem” através do modelo expresso.

O quarto e último conjunto de desenhos relaciona duas representações gráficas do modelo atômico de Thomson, mostrados na figura 26.

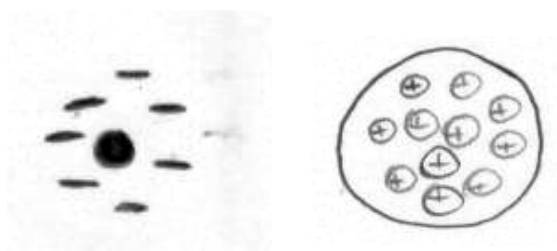


FIGURA 26 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes C₁ e L₁ para representar o modelo atômico de Thomson – desenhos incoerentes com a descrição científica.

Fonte: Original, 2008.

Coerentemente com a sua descrição, o desenho do estudante C₁ revela um modelo mental de átomo não coerente com o modelo consensual proposto por Thomson. Este estudante não circunscreveu o conjunto de partículas, do mesmo modo que não circunscreveu as partículas individualmente e, em sua descrição disse que o átomo, segundo Thomson, não seria maciço, isto é, totalmente preenchido.

Já no desenho de L_1 há indicação somente de partículas com cargas positivas, o que apesar de equivocado, está coerente com sua descrição: “*uma esfera com cargas eletrônicas positivas impregnadas*”.

A fim de complementar a consulta aos dados relativos ao modo como estes estudantes compreendem e descrevem o modelo atômico de Thomson, apresentamos no quadro 07 algumas características relativas ao modelo apontadas em suas respostas. Neste quadro há marcações com um “X” em cada uma das características mencionadas por cada estudante.

Quadro 07 – Características apresentadas pelos 14 estudantes inquiridos da 1ª série do EM relativas ao modelo atômico de Thomson, 2006.

Estudante	Formato esférico	Menção à natureza elétrica	Neutralidade elétrica	Preenchimento maciço	Menção à divisibilidade estrutural	Disposição dos elétrons; interna ou superficial	Outras
A ₁		X					
B ₁	X	X	X*	X			
C ₁		X					Não maciço
D ₁	X	X	X*	X	X		
E ₁	X	X	X*				Indivisível
F ₁	X	X			X	X - superficial	
G ₁	X	X	X*	X	X		
H ₁	X	X	X**		X	X - superficial	
I ₁		X	X*				
J ₁	X	X	X*		X		“Com elétrons e prótons”
K ₁	X	X		X		X - superficial	
L ₁	X	X					“Com cargas eletrônicas positivas”
M ₁	X	X	X*				
N ₁		X					
%	71%	100%	57%	29%	36%	21%	-

FONTE: Original, 2008.

X* - dado obtido a partir da análise dos desenhos elaborados

X** - informação encontrada tanto na resposta escrita quanto no desenho elaborado

Sintetizando as informações a respeito das características apontadas pelos estudantes inquiridos sobre o modelo atômico de Thomson, de acordo com o quadro 07, podemos perceber que 100% destes estudantes relacionam a existência de cargas elétricas (ou de partículas carregadas) com a estrutura atômica modelada. Por outro lado, apenas 57% destes se referiram a neutralidade elétrica da entidade física. A divisibilidade estrutural proposta pelo modelo de Thomson foi referida apenas por 36% destes estudantes. Embora o preenchimento maciço tenha sido referido apenas por 29% dos estudantes, o formato esférico foi apontado por 71%. Já a disposição dos elétrons na estrutura atômica foi referida apenas por 03 estudantes (cerca de 20%). Além desse baixo percentual sugerir uma consolidação precária deste aspecto durante o processo de ensino sobre o modelo em questão, as respostas também demonstram um equívoco assimilado por estes estudantes ao dizerem que os elétrons estão dispostos na superfície da estrutura modelada.

4.4.2.5 ANÁLOGOS CITADOS PARA O MODELO DE THOMSON

Ao serem solicitados a citar alguma analogia que haviam conhecido no estudo do modelo atômico de Thomson, 85,7% dos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio, isto é, 12 estudantes escreveram sobre a comparação com um pudim de ameixas (09 estudantes) ou assemelhados, como um bolo de passas (02) ou uma torta de ameixas (01 estudante). Houve 01 estudante (E_1) que não se lembrou de nenhuma analogia e ainda outro – o estudante K_1 , que citou **como análogo ao modelo atômico de Thomson o doce brigadeiro**.

Tendo em vista o uso sistemático da analogia com o pudim de ameixas por parte do professor bem como a sua apresentação no livro didático de Química (livro K) usado por este grupo de alunos, o índice de citação obtido para este

análogo é bastante razoável. Até mesmo o estudante L_1 que descreveu equivocadamente o modelo atômico de Thomson referindo-se a uma *“esfera com cargas eletrônicas positivas impregnadas”*, citou como análogo o pudim de ameixas. Para este estudante as ameixas corresponderiam aos “prótons impregnados”.

Quanto à analogia citada pelo estudante K_1 , vimos que ele não somente afirmou em sua descrição sobre o modelo de Thomson que as cargas negativas estariam incrustadas na superfície da esfera, como também escreveu que em seu *“compreendimento o brigadeiro e o átomo no modelo de Thomson são parecidíssimos”*. Percebemos por esta proposição e pela valorização do análogo citado que, em seu modelo mental, este estudante não visualiza uma distribuição uniforme dos elétrons no interior da esfera atômica. **A única diferença identificada por este estudante** entre o modelo atômico e o doce brigadeiro seria o tamanho relativo entre os elétrons e o átomo comparado com o tamanho relativo entre o granulado e o doce ao escrever: *“O átomo no modelo de Thomson as cargas negativas não são tão grandes”* (K_1).

Silva & Terrazan (2005), discutindo o uso de analogias no ensino de modelos atômicos, também encontraram estudantes que citaram como análogo ao modelo atômico de Thomson o doce brigadeiro. Afirmaram que “embora a maioria dos estudantes tenha informado que estavam familiarizados com um pudim de ameixas, é provável que alguns deles estivessem mais familiarizados que outros, devido ao fato de alguns sugerirem a comparação com um panetone de natal e com um brigadeiro para o modelo atômico de Thomson”.

O quadro 08 relaciona as semelhanças (ou as correspondências) e as diferenças levantadas pelos 12 estudantes que citaram o pudim de ameixas ou

assemelhados como análogo ao modelo atômico de Thomson, com suas respectivas frequências.

Quadro 08 - Semelhanças (ou correspondências) e diferenças indicadas pelos 12 estudantes (85,7%) da 1ª série do ensino médio que citaram a comparação entre o modelo atômico de Thomson e o pudim de ameixas ou assemelhados, com suas respectivas frequências, 2006.

Semelhanças ou correspondências	Diferenças
- Entre as ameixas e os elétrons (seja como partículas carregadas eletricamente ou simplesmente como cargas negativas): B₁, C₁, D₁, G₁, M₁ – (05) - Entre as ameixas e os sinais de carga representados (não importando a natureza da carga elétrica): A₁, H₁, J₁, L₁, N₁ – (05) - Entre a massa do pudim e a massa do átomo: B₁, G₁, M₁ – (03) - Entre a estrutura divisível do pudim e a estrutura divisível do átomo: F₁ – (01)	- Nenhuma: A₁, B₁, D₁, I₁ – (04) - Inexistência de um núcleo no modelo atômico e o “buraco” do pudim: C₁ – (01) - Dimensão: F₁ – (01) - Cor: F₁ – (01) - Cheiro: F₁ – (01) - Textura: F₁ – (01) - Formato: G₁, H₁, J₁, L₁, M₁ – (05) - Incoerente ou confusa: N₁ – (01)

FONTE: Original, 2008.

A análise do quadro 08 evidencia que somente 41,7% destes alunos, isto é, cinco dos doze estudantes que citaram a analogia com o pudim estabeleceram corretamente a relação analógica entre as passas/ameixas e os elétrons. E esse percentual é ainda menor para aqueles que corretamente estabeleceram a relação para a massa do pudim e a parte positiva da estrutura atômica: 25%. Eles expressaram idéias como, por exemplo:

“A massa do pudim seria a ‘massa’ do átomo carregado positivamente. As ameixas seriam as partículas de carga negativa.” (B₁)

“As passas espalhadas pelo bolo significava as cargas negativas (elétrons).” (C₁)

Mesmo sem a pretensão de se fazer generalizações através de inferências estatísticas, consideramos esses dados percentuais são interessantes, na medida em que se aproximam dos resultados obtidos por Souza *et al* (2006) ao investigarem como a mesma analogia é interpretada por estudantes da 1ª série do ensino em duas escolas – uma pública e outra particular. De acordo com sua pesquisa, para a relação analógica entre as passas e os elétrons, a relação foi estabelecida corretamente por 29,6% dos alunos da escola pública e 35,7% dos alunos da escola particular. E para a relação entre a massa do pudim e a parte positiva do átomo, os percentuais de alunos que a estabeleceram corretamente foram de 16,9% na escola pública e 14,3% na escola particular. Além disso, concordamos com Souza *et al* ao considerarem que

... esses dados indicam que é muito mais difícil para os alunos identificarem o significado da massa do pudim do que o das passas quando a analogia é estabelecida. Acreditamos que isso acontece por ser muito mais fácil para os alunos entenderem o próprio significado de uma partícula elementar eletricamente carregada – o elétron – do que o de uma massa positiva homogeneamente carregada. (SOUZA *et al*, 2006).

E ainda quanto ao estabelecimento de relações analógicas corretas, houve 01 estudante (F_1) que citou a divisibilidade de ambas as estruturas. Consideramos que esse baixo índice de citação se deve ao fato de ser essa relação ainda menos evidente que as outras indicadas acima, apesar do estudante F_1 ter se referido apenas a esta semelhança e não às relações normalmente atribuídas.

Ainda sobre as semelhanças ou correspondências estabelecidas, houve 05 estudantes (cerca de 40%) que expressaram relações incorretas, como nos exemplos a seguir:

“As ameixas no pudim são as cargas positivas e negativas que ficam na superfície.”

(H_1)

“As ameixas do pudim servem como os prótons e os elétrons.” (J_1)

“Um pudim de ameixas é cheio de esferas em seu interior, ou seja, é bem parecido com as esferas positivas e negativas” (N_1)

É importante considerar que os estudantes H_1 e N_1 , citados acima, circunscreveram tanto os sinais positivos quanto os negativos em seus respectivos desenhos para representar o modelo atômico de Thomson. Os desenhos estão novamente apresentados na figura 27. Tal consideração nos sugere inferir duas possibilidades que justificam as relações incorretas estabelecidas por estes estudantes: a concepção de partículas negativas e positivas inseridas em um corpo maciço decorrente da analogia com um pudim de ameixas, ou o estabelecimento de relações equivocadas na analogia com o pudim em função da elaboração de um modelo mental incoerente com as idéias consensuais proposta pela teoria de Thomson.



FIGURA 27 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H_1 e N_1 para representar o modelo atômico de Thomson, indicando todos os sinais de cargas circunscritas.

Fonte: Original, 2008.

Assim como em Souza *et al* (2006), todo esse conjunto de dados relativos ao significado atribuído pelos estudantes investigados a tais relações analógicas evidenciam uma baixa compreensão da analogia entre os mesmos.

Sobre as diferenças identificadas pelos estudantes houve 05 que indicaram o formato, como, por exemplo:

“O pudim não é uma esfera” (G_1 e H_1)

“A diferença presente na analogia seria quanto à forma do bolo, pois no modelo de Thomson o átomo é uma esfera” (M_1)

No caso do estudante N_1 , indicado no quadro 08 como aquele que apresentou diferenças incoerentes ou confusas, este aluno demonstrou falta de conhecimento suficiente do alvo para o desenvolvimento do raciocínio analógico. Ao escrever sobre as diferenças afirmou que *“no núcleo o modelo atômico tem suas cargas positivas e negativas mais definidas”*. Assim como demonstrou ao responder questões relativas ao modelo de Dalton, este estudante fez a confusão comentada por Romanelli (1996) entre o átomo e o núcleo do átomo.

De acordo com o quadro 08 houve outras limitações ou diferenças apontadas por alguns estudantes, sendo algumas não pertinentes como, por exemplo, textura e cheiro. Houve também 04 estudantes que não identificaram ou não se lembraram de nenhuma diferença entre o modelo de Thomson e o pudim. Contudo, percebemos que uma quantidade considerável destes estudantes não conseguiu identificar limitações pertinentes, evidenciando uma incapacidade de pensar criticamente em algo apresentado no contexto escolar, como também indicam Souza *et al* (2006).

4.4.2.6 DADOS RELATIVOS AO MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD

O quadro 09 reúne as características escritas por cada um dos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio relativas ao modelo atômico de Rutherford. Neste quadro há marcações com um “X” em cada uma das características mencionadas por cada estudante.

Quadro 09 - Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio relativas ao modelo atômico de Rutherford, 2006.

Estudante	Menção ao núcleo	Localização de cargas elétricas	Menção aos prótons e/ou nêutrons	Menção à eletrosfera	Elétrons circulando ao redor	Outras
A ₁	X	X			X	
B ₁	X	X			X	Formato esférico imaginário
C ₁	X	X				Estrutura divisível
D ₁	X	X		X		Supostas cargas neutras no núcleo
E ₁	X	X			X	Esfera com carga positiva central
F ₁	X	X		X	X	Menção à existência de partículas neutras no núcleo
G ₁	X	X		X	X	Estrutura “dividida”
H ₁	X	X	X		X	Estrutura divisível e formato esférico
I ₁			X		X	Elétrons em órbita
J ₁	X		X		X	Estrutura divisível
K ₁	X		X			Tamanho do núcleo
L ₁	X	X	X		X	
M ₁	X	X			X	Formato esférico
N ₁	X	X			X	Núcleo como idéia preservada e existência de órbitas
%	93%	79%	36%	21%	79%	-

FONTE: Original, 2008.

A análise das descrições apresentadas revelou que porcentagens consideráveis entre os 14 estudantes concebem para o modelo atômico de Rutherford ao menos três características: a existência de um núcleo (93%), o movimento dos elétrons ao redor deste núcleo (79%) e o reconhecimento das cargas elétricas positivas e negativas (79%). Quanto a esta última característica, os três estudantes que não mencionaram explicitamente a natureza das cargas elétricas, se

referiram à presença de prótons, nêutrons e elétrons. Provavelmente, para estes alunos a concepção sobre a natureza da carga elétrica está implícita nos conceitos mencionados.

É importante ressaltar que, apesar de 79% dos inquiridos terem mencionado o movimento dos elétrons ao redor de uma região central, apenas 21% mencionaram o nome desta região – *eletrosfera*.

Entre outras características levantadas, a divisibilidade da estrutura foi referida por 04 estudantes. Consideramos que esta característica, que já fora evidenciada anteriormente no estudo do modelo atômico de Thomson, é importante para ser ressaltada no estudo dos modelos seguintes a fim de demonstrar o caráter evolutivo na história da construção dos mesmos. E quanto a este caráter evolutivo de noções, lembramos o que diz Bachelard (1991):

Não nos parece, com efeito, que se possa compreender o átomo da física moderna sem evocar a história das suas imagens [...]. A história dos diversos esquemas é neste caso um plano pedagógico inelutável. Aquilo que se elimina da imagem deve, em qualquer aspecto, encontrar-se no conceito retificado.

A análise dos desenhos elaborados, paralelamente às descrições apresentadas, também nos permitiu perceber outras características presentes na concepção de átomo destes estudantes na perspectiva oferecida pelo modelo de Rutherford. Para tanto as representações gráficas foram reunidas segundo algumas características comuns. Por exemplo, enquanto que na figura 28 encontramos dois desenhos nos quais foram representadas quantidades iguais de carga elétrica indicando a neutralidade da estrutura, na figura 29 podemos ver desenhos que indicaram as cargas elétricas em quantidades diferentes.



FIGURA 28 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes G_1 e J_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, indicando quantidades iguais de carga elétrica.

Fonte: Original, 2008.

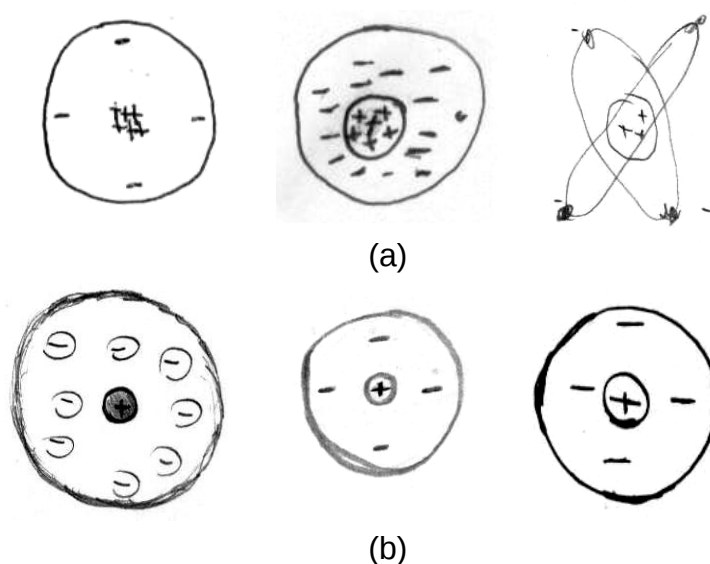


FIGURA 29 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes (a) A_1 , C_1 e H_1 e (b) B_1 , K_1 e M_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, indicando quantidades diferentes de carga elétrica.

Fonte: Original, 2008.

Na figura 29, enquanto encontramos na parte *a* três exemplares de representações de estudantes que não se preocuparam com a neutralidade elétrica da estrutura atômica, na parte *b* apresentamos desenhos de estudantes que não representaram quantidades iguais de carga, provavelmente com a intenção de apenas indicar a natureza da carga elétrica da região central – o *núcleo*.

Verificamos que entre os 14 estudantes investigados, ao todo 09 alunos, incluindo os estudantes B_1 , K_1 e M_1 (mostrados na figura 29), apresentaram desenhos nos quais as quantidades das cargas positivas e negativas não eram iguais.

Houve ainda 03 estudantes – E_1 , F_1 e I_1 – que não representaram nenhum tipo de carga elétrica em seus desenhos para o modelo atômico de Rutherford. A figura 30 apresenta os desenhos elaborados por estes três estudantes.



FIGURA 30 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes E_1 , F_1 e I_1 para representar o modelo atômico de Rutherford, sem a indicação da existência de cargas elétricas.

Fonte: Original, 2008.

Quanto à estrutura atômica, agrupamos os desenhos dos estudantes que evidenciaram: representações típicas divulgadas pela mídia²¹ (figura 31); representações equivocadas de órbitas co-planares em confusão com as idéias decorrentes do modelo atômico de Bohr (figura 32); e representações esféricas através de um círculo contínuo, isto é, não pontilhado (figura 33).

²¹ Conjunto dos meios de comunicação de massa, como jornal, televisão, internet, etc. (HOUAISS, 2001)

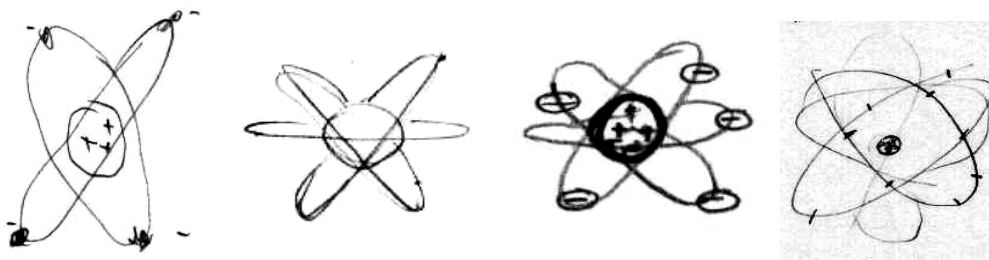


FIGURA 31 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes H₁, I₁, J₁ e L₁ para representar o modelo atômico de Rutherford, evidenciando uma imagem típica divulgada pela mídia.

Fonte: Original, 2008.

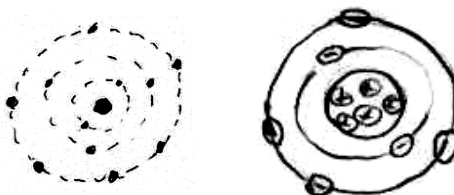


FIGURA 32 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes F₁ e N₁ para representar o modelo atômico de Rutherford, em confusão com as idéias propostas por Bohr.

Fonte: Original, 2008.

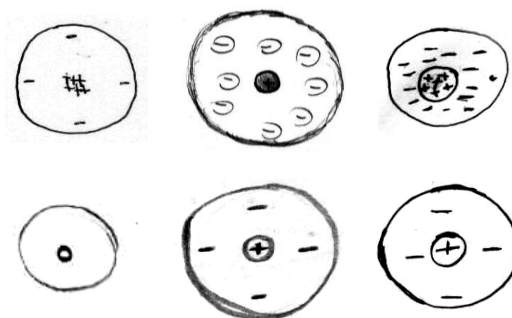


FIGURA 33 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes A₁, B₁, C₁, E₁, K₁ e M₁ para representar o modelo atômico de Rutherford, com delimitação da eletrosfera por um círculo contínuo.

Fonte: Original, 2008.

Consideramos interessante a observação feita pelo estudante B₁ que, apesar de ter apresentado uma representação esférica desenhando um círculo contínuo para o modelo atômico de Rutherford, escreveu que “o átomo seria uma esfera *imaginária* [...]” (grifo nosso).

Destacamos ainda o desenho elaborado pelo estudante N₁, apresentado na figura 34.



FIGURA 34 – Desenho elaborado pelo estudante N₁ para representar o modelo atômico de Rutherford.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Conforme podemos perceber no desenho do estudante N₁ há uma linha circunscrevendo as partículas do núcleo. Assim como discutimos na análise dos desenhos elaborados para representar o modelo atômico de Thomson, neste desenho, *o que estaria sendo representado pela região interna delimitada pela circunscrição?*

Romanelli (1996), ao analisar desenhos elaborados por estudantes no mesmo nível de escolaridade, encontrou algumas representações gráficas que também apresentavam a circunscrição da região central na estrutura atômica, e constatou que para um dos estudantes investigados, aquela linha representava “um material constituído por uma substância meio gelatinosa”.

4.4.2.7 ANALOGIAS RELACIONADAS AO ESTUDO DO MODELO DE RUTHERFORD

As respostas dos estudantes sobre alguma analogia que haviam conhecido durante o estudo do modelo atômico de Rutherford foram bastante variadas. Enquanto 04 estudantes afirmaram não se lembrar de nenhuma analogia, houve 04 estudantes que compararam o modelo atômico com o sistema solar; 02 que se referiram ao experimento de Rutherford comparando-o com o hipotético experimento de se atirar balas com uma arma em uma placa ou parede de isopor; 02 que se referiram a estruturas que lhe permitiam fazer correspondências entre o tamanho relativo do núcleo e da eletrosfera; 01 que comparou o movimento dos elétrons ao redor do núcleo com o movimento de uma pedra presa por uma corda girando em torno da mão; e 01 que comparou com um pudim de ameixas, afirmando que o centro do pudim corresponderia ao núcleo atômico, enquanto que as ameixas às “pequenas cargas negativas em volta do núcleo”.

O quadro 10 apresenta o conceito alvo, o veículo, as semelhanças e as diferenças apresentadas por cada estudante nas analogias citadas pelos mesmos.

Quadro 10 – Dados relativos às analogias citadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM correspondentes ao estudo do modelo atômico de Rutherford, 2006.

Estudante	Conceito alvo	Veículo	Semelhanças	Diferenças	Obs.
A ₁	Movimento dos e ⁻ em torno do núcleo	Movimento de uma pedra amarrada por uma corda	Movimento “circular” em torno de um ponto central	Quantidade de partículas circulando em torno do ponto central	
B ₁	Experimento de Rutherford com as partículas α	Tiros com balas de revólver numa parede de isopor	Observações experimentais	As balas atiradas contra a parede não sofreriam desvios	
C ₁	Afirmou não se lembrar				
D ₁	Dimensões atômicas	Tamanho relativo de um grão de areia em um campo de futebol	Tamanho relativo do núcleo e da eletrosfera	Afirmou que nesta analogia não há “nada” semelhante a eletrosfera	“Não vi real semelhança ao modelo”
E ₁	Estrutura atômica	Pudim de ameixas	Correspondências entre o centro do pudim e o núcleo, e entre as ameixas e os e ⁻	Tamanho relativo do núcleo e das ameixas com relação aos elétrons	
F ₁	Afirmou não se lembrar				
G ₁	Afirmou não se lembrar				
H ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondências entre o Sol e o núcleo, e entre o movimento dos planetas e o movimento dos elétrons	O tamanho relativo e a natureza elétrica da estrutura atômica	
I ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	“Órbitas” dos elétrons e órbitas dos planetas	Não percebeu	
J ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondência entre o movimento dos elétrons em torno do núcleo e o movimento dos planetas em torno do Sol	Não percebeu	
K ₁	Estrutura atômica	Constituição do planeta	Existência de um núcleo	Desproporcionalidade entre o tamanho relativo do núcleo do planeta e o tamanho relativo do núcleo atômico	
L ₁	Experimento de Rutherford	Tiros com balas de revólver numa placa de isopor contendo peças metálicas	Conclusões obtidas a partir das observações experimentais	Desproporcionalidade entre o tamanho do núcleo atômico e as peças metálicas	
M ₁	Afirmou não se lembrar				
N ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondências entre o Sol e o núcleo, e entre o movimento dos planetas e o movimento dos elétrons	Não percebeu	

FONTE: Original, 2008.

Assim como Souza *et al* (2006) se preocuparam em identificar, entre os estudantes investigados, a porcentagem destes que estabeleceram relações corretas na analogia com o sistema solar, partindo das analogias citadas no quadro 09, procuramos identificar tanto as relações corretas quanto as equivocadas estabelecidas pelos mesmos.

Entre os 04 estudantes que estabeleceram a comparação entre a estrutura atômica e o sistema solar, todos identificaram corretamente a relação analógica entre os planetas e os elétrons bem como entre o Sol e o núcleo atômico, expressando idéias tais como: *“No sistema solar há o Sol no centro representando o núcleo e os planetas girando em torno do Sol, como fazem os elétrons”* (H_1). Apenas o estudante I_1 estabeleceu uma correspondência equivocada: afirmou que os elétrons fazem uma “órbita” ao redor do núcleo. Consideramos equivocada tal correspondência uma vez que a idéia de órbita, enquanto “caminho definido para os elétrons ao redor do núcleo atômico”, decorre a partir do modelo atômico de Bohr, isto é, posteriormente a Rutherford. Dessa forma, consideramos que a “incorreta” relação estabelecida pelo estudante I_1 ocorreu em função de um conhecimento equivocado sobre alvo – o modelo atômico de Rutherford – e não em função do veículo citado.

Embora tenham estabelecido relações corretas na analogia entre a estrutura atômica modelada por Rutherford e o sistema solar, dos 04 estudantes apenas 01 identificou diferenças entre as estruturas comparadas. Este dado concorda com os resultados verificados por Souza *et al* (2006) que mostram a maioria dos alunos investigados não identificando nenhuma limitação ou incoerência no uso dessa analogia. Os pesquisadores consideraram que, provavelmente em função de a imagem que os alunos têm de átomo, em geral, ser muito próxima

àquela suscitada pela analogia com o sistema solar, a identificação de limitações, incoerências e diferenças torna-se bastante limitada.

Conforme podemos perceber no quadro 10, para as outras analogias citadas, verificamos que as relações estabelecidas são pertinentes para a compreensão dos conceitos alvos apresentados, bem como as diferenças identificadas são relevantes.

4.4.2.8 DADOS RELATIVOS AO MODELO ATÔMICO DE BOHR

O quadro 11 apresenta as características levantadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio sobre o modelo atômico proposto por Niels Bohr. Neste quadro há marcações com um “X” em cada uma das características mencionadas por cada estudante.

Quadro 11 – Características indicadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM relativas ao modelo atômico de Bohr, 2006.

Estudante	Núcleo positivo	Camadas níveis ou órbitas	Movim. circular dos e ⁻	Trans. eletrônica	Eletrosfera	Absorção liberação de energia	Divisibilidade estrutural	Menção a p ⁺ , n ⁰	Menção ao modelo de Rutherford
A ₁		X	X			X			
B ₁	X	X	X	X					
C ₁		X							
D ₁	X	X			X				
E ₁	X	X							
F ₁		X			X				X
G ₁	X	X			X				
H ₁	X	X	X				X		
I ₁		X							X
J ₁	X	X	X					X	
K ₁	X	X	X						
L ₁	X	X	X						X
M ₁	X	X	X						
N ₁	X	X	X						X
%	71%	100%	57%	7%	21%	7%	7%	7%	29%

FONTE: Original, 2008.

De acordo com os dados reunidos no quadro 11, percebemos que ao menos três características se configuram para estes estudantes como aspectos relevantes e típicos ao modelo atômico proposto por Bohr: a concepção de órbitas ou seus equivalentes – camadas ou níveis de energia levantada por 100% dos estudantes investigados, a concepção de uma região central com carga elétrica positiva, chamada de núcleo atômico (71%), e o movimento circular dos elétrons em torno deste núcleo (57%). Houve ainda 29% destes estudantes que mencionaram o modelo de Rutherford como uma espécie de referência ou modelo prévio, sobre o qual o modelo de Bohr foi elaborado. Referiram-se ao modelo de Rutherford expressando idéias tais como: *“Este modelo atômico é baseado no modelo de Rutherford, porém a eletrosfera possui camadas, por onde se encontram os elétrons”* (estudante F₁).

O termo *eletrosfera* foi mencionado apenas por 03 estudantes (21%), apesar da concepção de órbitas para os elétrons ter sido referida por 100% dos estudantes. Acreditamos que este baixo percentual deve-se ao fato de ser esta concepção uma idéia implícita ao conceito de órbitas, camadas ou níveis de energia.

Outras características, como a divisibilidade estrutural do modelo, a possibilidade da ocorrência de transições eletrônicas e sua conseqüente absorção e liberação de energia pelos elétrons, foram levantadas por poucos estudantes. Isso não significa que sejam aspectos pouco enfatizados durante o estudo deste modelo. Sugere apenas que não são aspectos imediatos de identificação e caracterização deste modelo para os estudantes.

A neutralidade elétrica da estrutura não foi citada por nenhum estudante na caracterização do modelo de Bohr. Do mesmo modo que poderíamos considerar tal característica como algo bem consolidado na concepção de átomo construída por

estes estudantes e, por isto, implícito na descrição do mesmo, esta possível omissão pode estar, na realidade, mascarando um aspecto conceptual importante na compreensão da estrutura da matéria.

Houve estudantes que expressaram idéias confusas ou no mínimo equivocadas quanto às teorias do modelo em questão:

“É semelhante ao modelo de Rutherford, porém os elétrons não possuem órbita definida e o átomo possui camadas de energia” (I_1).

“É próximo ao de Rutherford, com um núcleo constituído de partículas positivas, com os elétrons em forma de órbita em volta do núcleo” (L_1).

Vimos também que, particularmente o estudante N_1 não soube fazer a distinção correta com o modelo de Rutherford. Ele fez as menções indicadas no quadro 11, porém, logo no final de sua descrição escreveu: “Eu escrevi a mesma coisa”. A análise de seu desenho feito para o modelo de Bohr, comparado com o desenho feito para o modelo de Rutherford, revela que para este aluno não há diferenças entre os dois modelos. A figura 35 apresenta os desenhos feitos por este estudante para representar o modelo de Rutherford e o de Bohr.

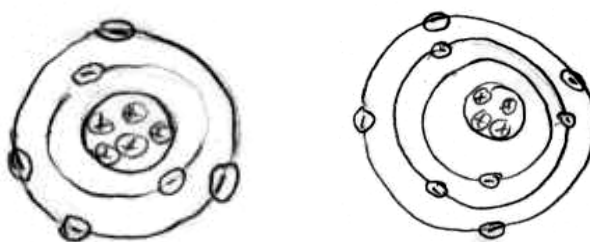


FIGURA 35 – Desenhos elaborados pelo estudante N_1 para representar, respectivamente, o modelo de Rutherford e o de Bohr.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Os desenhos elaborados pelos 14 estudantes foram agrupados em categorias emergentes. Primeiramente organizamos em dois distintos grupos: aqueles que desenharam órbitas co-planares para os elétrons, e aqueles que desenharam uma figura de átomo tipicamente divulgado pela mídia. Um terceiro grupo, constituindo uma interseção aos dois primeiros, reúne desenhos nos quais foram indicados sinais de carga elétrica característica de cada partícula.

A figura 36 apresenta 04 desenhos nos quais foram representadas órbitas co-planares, de um total de 09 estudantes.

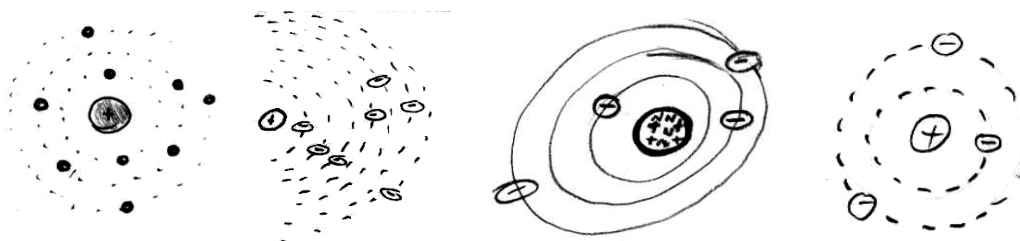


FIGURA 36 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes B₁, G₁, J₁ e M₁ para representar o modelo atômico de Bohr, indicando órbitas co-planares.

Fonte: Original, 2008.

Já a figura 37 apresenta o grupo de desenhos feitos para representar o modelo de Bohr, que revelam uma figura de átomo tipicamente divulgado pela mídia.

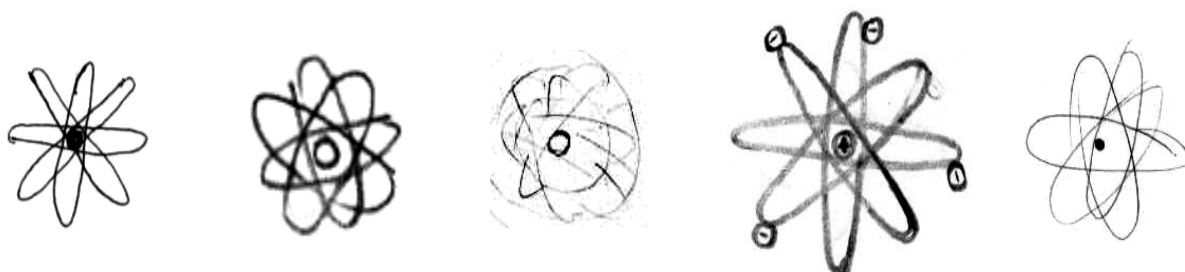


FIGURA 37 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes A₁, E₁, I₁, K₁ e L₁ para representar o modelo atômico de Bohr, figurando uma imagem de átomo divulgado pela mídia.

Fonte: Original, 2008.

Constituindo um terceiro grupo, tanto entre aqueles que representaram órbitas co-planares para os elétrons quanto entre os que desenharam uma figura semelhante àquela tipicamente divulgada pela mídia, houve 07 estudantes (50%) que identificaram sinais de carga elétrica nas partículas representadas pertencentes à estrutura modelada. A figura 38 apresenta alguns desenhos deste grupo.

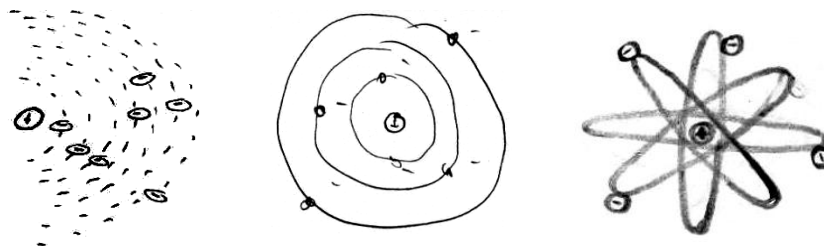


FIGURA 38 – Agrupamento dos desenhos elaborados, respectivamente, pelos estudantes G_1 , H_1 e K_1 para representar o modelo atômico de Bohr, indicando sinais de carga elétrica.

Fonte: Original, 2008.

E, entre todos esses desenhos, um que particularmente nos chamou a atenção foi o elaborado pelo estudante C_1 , apresentado na figura 39.



FIGURA 39 – Desenho elaborado pelo estudante C_1 para representar o modelo atômico de Bohr.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Apesar de ter representado as “camadas eletrônicas” (C_1) com linhas contínuas em torno de um ponto central, o estudante representou os elétrons

através de sinais indicativos da carga negativa *entre as tais linhas*. Este desenho, enquanto um *modelo expresso* deste estudante, revelou uma elaboração mental equivocada frente às idéias propostas na concepção atômica da teoria de Niels Bohr. Para este aluno os elétrons se encontrariam entre as órbitas, diferentemente da concepção consensual científica que sugere as órbitas dos elétrons como possíveis trajetórias destes em torno do núcleo. Algo bastante semelhante foi constatado por Romanelli (1996) ao analisar dados de aprendizagem de um certo grupo de estudantes. Entre suas constatações percebeu que para um certo aluno, “os elétrons estão entre as camadas”. Romanelli considerou que proposições como esta refletiam o fato de as sistematizações conceituais oferecidas pelo professor em sala de aula terem sido insatisfatórias, carentes de consolidação.

4.4.2.9 ANALOGIAS CITADAS PARA O MODELO ATÔMICO DE BOHR

As respostas dos estudantes sobre alguma analogia que haviam conhecido durante o estudo do modelo atômico de Bohr não foram tão variadas como foram para o modelo de Rutherford. Embora o número de estudantes que afirmaram não lembrar qualquer analogia para o modelo de Bohr ter sido o mesmo que afirmaram não lembrar para o modelo de Rutherford, ou seja, 04 alunos, apenas o estudante G_1 apresentou esta resposta nos dois casos. Ou seja, não houve coincidência – se é que podemos chamar assim – entre as 04 respostas nos dois casos.

Enquanto o estudante M_1 afirmou não se lembrar de alguma analogia para o modelo de Rutherford e comparou o modelo de Bohr com o sistema solar, o estudante I_1 “inverteu” a comparação: respondeu não se lembrar de nenhuma analogia para o modelo de Bohr, citando, porém como análogo ao modelo de

Rutherford, o sistema solar. Essa “inversão” pode talvez ser explicada a partir da confusa e equivocada descrição feita por este estudante para o modelo de Bohr, como já havia sido citada: *“É semelhante ao modelo de Rutherford, porém os elétrons não possuem órbita definida e o átomo possui camadas de energia”*. Além da confusão entre os dois modelos, essa idéia expressa revela que este aluno não assimilou a concepção de órbitas também como níveis discretos de energia permitidos para os elétrons.

Os outros 10 estudantes citaram como análogos ao modelo atômico de Bohr ou a algum aspecto da teoria deste modelo: o sistema solar (06 estudantes), degraus de uma escada (04 estudantes) e uma “pedrinha observada no centro de uma ilha” (01 estudante se referindo a uma analogia citada durante a exibição do filme *Ponto de Mutação*). Devemos observar também que um único estudante dentro deste grupo citou tanto o sistema solar quanto os degraus de uma escada.

O quadro 12 apresenta o conceito alvo, o veículo, as semelhanças e as diferenças indicadas por cada um destes estudantes relativos ao modelo atômico de Bohr.

Quadro 12 – Dados relativos às analogias citadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM correspondentes ao estudo do modelo atômico de Bohr, 2006.

Estudante	Conceito alvo	Veículo	Semelhanças	Diferenças
A ₁	Camadas	Degraus de uma escada	Existência de níveis	Não percebeu
B ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondência entre o movimento dos e ⁻ em torno do núcleo com o movimento dos planetas em torno do Sol	Troca permitida de órbitas para os e ⁻
C ₁	Dimensões atômicas	Tamanho de uma “pedrinha” observada no centro de uma “ilha”	Tamanho relativo do núcleo e da eletrosfera	Inexistência de camadas no análogo
D ₁	Níveis eletrônicos	Degraus de uma escada	Impossibilidade de se estacionar entre os níveis assim como entre os degraus	Não percebeu
E ₁	Afirmou não se lembrar			
F ₁	Camadas	Degraus de uma escada	Existência de níveis	Não citou
G ₁	Afirmou não se lembrar			
H ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondência entre o Sol e o núcleo atômico, e entre o movimento dos planetas e dos e ⁻ em órbitas	O tamanho relativo e a natureza elétrica da estrutura atômica
I ₁	Afirmou não se lembrar			
J ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondência entre as órbitas dos planetas e as dos elétrons	Tamanho (?)
K ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondência entre as órbitas dos planetas e as dos elétrons	Desproporcionalidade entre o tamanho do Sol e o núcleo atômico
L ₁	Afirmou não se lembrar			
M ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondências entre o Sol e o núcleo, entre os planetas e nos elétrons, e entre as órbitas dos planetas e as dos elétrons	Tamanho relativo do Sol e planetas e do núcleo e elétrons
N ₁	Estrutura atômica	Sistema solar	Correspondências entre o Sol e o núcleo, entre os planetas e nos elétrons, e entre as órbitas dos planetas e as dos elétrons	Não percebeu

FONTE: Original, 2008.

O estudante D_1 , ao ser questionado sobre alguma outra analogia conhecida relacionada a este modelo, citou como análogo os degraus de uma escada.

O sistema solar, como já foi dito, foi citado como análogo ao modelo de Bohr por 06 estudantes (43%). Vale lembrar que para o modelo de Rutherford este veículo foi citado apenas por 04 estudantes (29%). Acreditamos que esse percentual maior para o modelo de Bohr se deve ao incremento da concepção de órbitas, o que aumenta o número de correspondências entre o alvo e o veículo. Entre os 06 estudantes que citaram o sistema solar como análogo ao modelo de Bohr, 05 se referiram à correspondência entre as órbitas dos planetas e as órbitas dos elétrons.

E com relação a esta analogia, apenas 01 estudante entre os 06 que a citaram não percebeu diferenças entre as estruturas comparadas. A principal diferença levantada entre os outros 05 estudantes foi o tamanho relativo do Sol, dos planetas e do sistema solar como um todo (provavelmente) comparado com o tamanho relativo do núcleo, dos elétrons e de todo o átomo. Vale dizer que não ficou claro nas respostas destes estudantes se tais diferenças levantadas referiam-se à relação entre o tamanho de cada partícula com a estrutura como um todo.

Relacionando os desenhos com as analogias citadas pelos estudantes, verificamos um dado bastante interessante: **entre os 05 estudantes que desenharam uma figura para representar o modelo de Bohr semelhante àquela tipicamente divulgada pela mídia, apenas 01 estudante (K_1) citou como análogo o sistema solar – o equivalente a 20%; entretanto, entre os 09 estudantes que desenharam órbitas co-planares na estrutura para representar o modelo, a quantidade de citações foi maior – 05 referências (B_1 , H_1 , J_1 , M_1 e N_1), isto é, 56%. Acreditamos que esse menor percentual para os que**

desenharam uma estrutura semelhante à típica figura divulgada pela mídia, a fim de representar o modelo atômico de Bohr, deve-se a pouca semelhança imediata que esta figura apresenta em relação ao sistema solar. Como dissemos anteriormente, acreditamos que o maior percentual encontrado para a comparação entre o sistema solar e o modelo de Bohr se deve ao incremento da concepção de órbitas, o que aumenta o número de correspondências entre o alvo e o veículo, diferentemente da comparação deste veículo com o modelo de Rutherford ou com a figura popular de átomo.

Quanto às comparações feitas entre os níveis de energia e os degraus de uma escada, consideramos que as relações de semelhança foram corretamente estabelecidas, embora os estudantes que a fizeram não tenham percebido ou citado alguma diferença entre o alvo e o veículo.

4.4.3 3ª PARTE – A: ANÁLISES DAS COMPARAÇÕES PROPOSTAS

4.4.3.1 Respostas dos alunos da 1ª série do EM

Os dados a seguir referem-se às respostas dadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio ao serem solicitados a analisar cada uma das quatro afirmações comparativas apresentadas no questionário (parte A), a assinalar uma das cinco opções quanto ao nível de concordância ou discordância quanto à comparação estabelecida e a justificar a marcação feita.

4.4.3.1.1 1ª comparação

A primeira comparação proposta refere-se ao modelo atômico de Dalton. Nesta comparação dizemos que está sendo estabelecida uma relação analógica

entre o modelo atômico com uma bola de sinuca. Para os estudantes foi proposta a seguinte afirmação:

“De acordo com a teoria de Dalton, o átomo seria como uma bola de sinuca”.

Antes da apresentação dos resultados obtidos através das respostas dos estudantes, vale fazer algumas considerações prévias sobre esta comparação.

Primeiramente é importante ressaltarmos que o conceito alvo referido trata-se do primeiro modelo atômico consensual que normalmente é ensinado aos alunos do ensino médio da educação básica. Limitamo-nos a discutir em nossa análise apenas os aspectos estruturais propostos em cada modelo. Dessa forma, quanto ao modelo atômico elaborado por Dalton, nos interessou verificar apenas o “nível” de compreensão dos alunos quanto à indivisibilidade estrutural da entidade modelada, seu formato esférico e seu preenchimento maciço.

Ao analisarem a comparação proposta entre o modelo atômico de Dalton e a bola de sinuca, 10 estudantes – o equivalente a 71% - assinalaram concordar parcialmente com a analogia, enquanto que o restante (29%) concordou totalmente com a mesma. Enquanto o gráfico 1 indica em barras o percentual obtido para cada opção de resposta apresentada no questionário, o gráfico 1.1 agrupa as respostas dos estudantes separando entre os que concordam e os que discordam da comparação.

Aproveitando o ensejo, quanto à apresentação gráfica destes dados, é importante considerar que:

Embora muitos pesquisadores prefiram gráficos em barras verticais das frequências, os gráficos de porcentagens e em barras horizontais também são muito utilizados. (...) Não há diferença real entre as barras horizontais ou verticais; a escolha freqüentemente se reduz a uma decisão prática sobre qual se adapta melhor à página. De modo

geral, a forma horizontal é a melhor apresentação para um gráfico em barras com muitas categorias. (LEVIN & FOX, 2004, p. 58, 59).

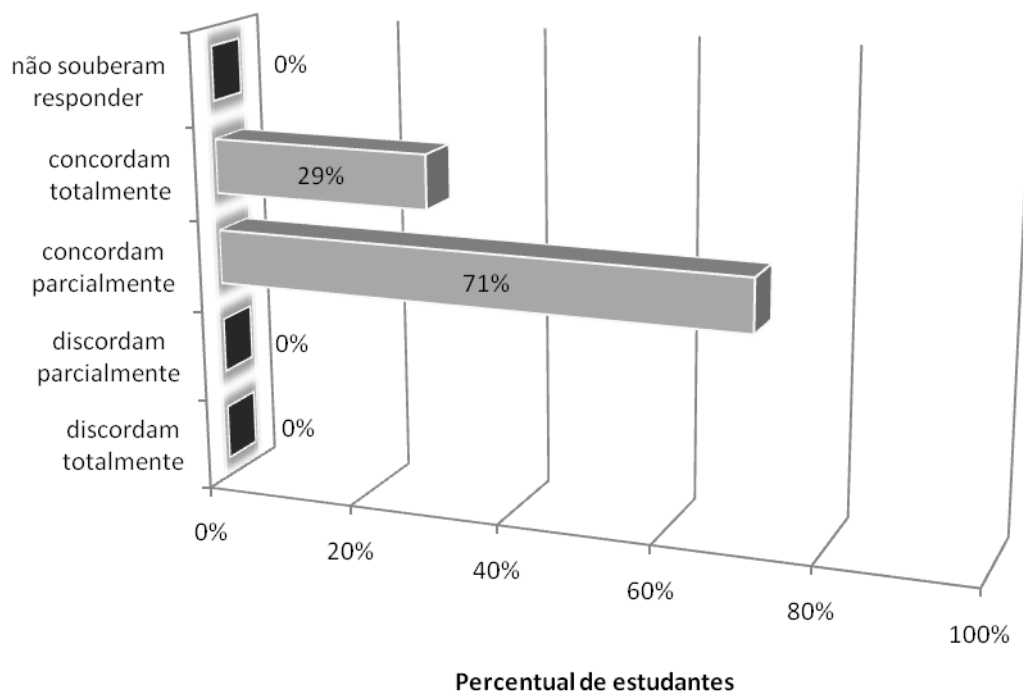


Gráfico 1 – Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.

Fonte: Original, 2008.

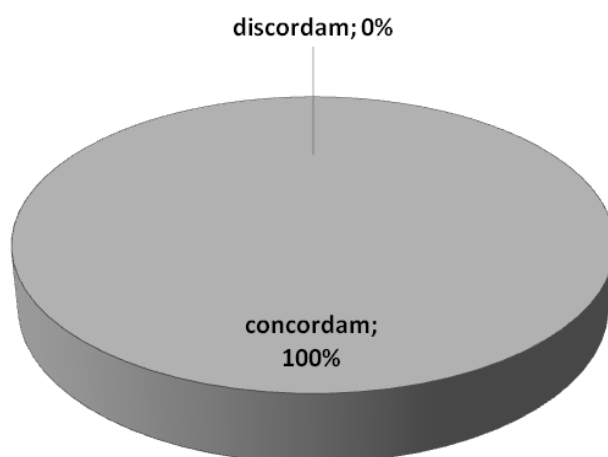


Gráfico 1.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.

Fonte: Original, 2008.

Entre aqueles que concordaram parcialmente com a analogia, encontramos justificativas que consideraram: (a) a diferença quanto às dimensões da estruturas comparadas (B_1 , F_1 , G_1 , M_1); (b) a divisibilidade da bola de sinuca que não se aplica ao átomo modelado de Dalton (E_1 , H_1 , J_1 , K_1 , N_1); e (c) a cor do objeto análogo (F_1).

Os estudantes que concordaram parcialmente com a comparação justificaram esta opção expressando idéias tais como:

“... esta comparação está correta, mas há outras características do modelo que não combinam com a bola de sinuca” (C_1).

É interessante perceber como este estudante procede a análise da comparação; a partir do seu conhecimento sobre o modelo para o átomo, é que ele observa o análogo e avalia a analogia. Podemos dizer, a partir da justificativa deste estudante que, provavelmente, conhecendo ele as características relacionadas ao formato, ao preenchimento e à indivisibilidade do átomo, o raciocínio analógico foi estabelecido apenas no sentido do *alvo* para o *análogo*. Ou seja, o estudante fez referência às características do modelo que *“não combinam”* com o objeto análogo (bola de sinuca), e não pensou – ao menos não deixou registrado – nas características do análogo que, em suas palavras, não combinariam com o modelo em questão. Enfim, a justificativa apresentada pelo estudante C_1 corrobora a concepção de raciocínio analógico apresentada na figura 09 (p.68).

Destacamos também a justificativa apresentada pelo estudante K_1 :

“O átomo é indivisível e uma bola de sinuca pode ser quebrada”

Esta justificativa nos permite pensar em como estudantes compreendem o conceito da indivisibilidade atribuída à “menor porção” da matéria, que inclusive lhe

conferiu, por nome, o termo grego átomo. Para eles, o que significaria ser indivisível: não possuir uma estrutura? Não ser constituído por unidades menores ainda? Ou ser incapaz de sofrer uma fissão? De ser impenetrável, indestrutível, inquebrável?

E, para além de tais concepções, quais têm sido suas implicações para o desenvolvimento de noções estruturais e fenomenológicas necessárias à estruturação do pensamento químico? (LIMA & BARBOZA, 2005)

O estudante M₁ justificou sua resposta escrevendo:

“... a dimensão do objeto comparado com a do átomo não pode ser comparada.”

Podemos perceber através desta afirmação que, para o estudante M₁, somente é comparável o que é semelhante, ou seja, as diferenças não são passíveis de comparação ou, para ele, não há sentido ou importância em compará-las. Imaginamos ser esta concepção de comparação algo pertencente ao senso comum e naturalmente praticado, seja no desenvolvimento das Ciências ou no próprio ensino de Ciências.

Já entre os estudantes que concordaram totalmente com essa primeira comparação, destacam-se as seguintes respostas:

“Eu concordo com essa analogia (mesmo não achando-a necessária) pois representa de forma perfeita o que propõe o modelo de Dalton; ela é maciça, indivisível e é uma esfera”. (estudante D₁ – grifos nossos)

Nesta justificativa do estudante D₁ há três considerações importantes. A primeira diz respeito à colocação do estudante ao considerar desnecessária a comparação proposta. Ao fazê-la, podemos dizer que o estudante procede uma

análise metacognitiva²², ou seja, no que diz respeito ao ensino e a aprendizagem do modelo atômico de Dalton, ele considera suficiente a apresentação das principais características deste para que se possa compreendê-lo. O estudante não se limitou em analisar apenas a extensão das correspondências semelhantes entre o alvo e o análogo; ele também fez uma consideração sobre a necessidade de elaboração da analogia para a compreensão e visualização mental do modelo de átomo.

A segunda consideração se refere à expressão utilizada pelo estudante – “*de forma perfeita*”. No contexto desta expressão, mais uma vez podemos constatar o sentido alvo-análogo estabelecido durante a análise da analogia. A ênfase dada à representação do alvo pelo análogo utilizando a referida expressão, sugere que a análise do estudante ocorreu em função das características fundamentais do modelo de átomo (conceito alvo) por ele conhecidas, que possuíam *total* correspondência no objeto análogo, isto é, na bola de sinuca. Raciocinando dessa forma, e não desenvolvendo o “caminho” inverso, não lhe foi possível (ou não considerou relevante) levantar características da bola de sinuca que não são semelhantes às do modelo atômico.

A terceira consideração diz respeito à palavra “indivisível” utilizada como característica da bola de sinuca. Ao nos depararmos com tal atribuição como algo semelhante ao átomo modelado, novamente perguntamos: *quais são as concepções de indivisibilidade dos estudantes? O que significa, para eles, ser indivisível? É uma questão estrutural no sentido de não haver porções menores que compõe a entidade, ou é uma questão mecânica no sentido de oferecer resistência à deformação, partição e quebra? Qual é a correta conceptualização? Quais são as*

²² Sobre o conceito de metacognição ler: RIBEIRO, Célia. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*. 2003, 16(1), p.109-116. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prc/v16n1/16802.pdf> . Acessado dia 03/06/2008.

concepções de indivisibilidade dos professores de Química? Como esse conceito tem sido ensinado?

Apesar de estas questões escaparem ao alcance do presente trabalho, acreditamos que as mesmas são relevantes e nos permitirão visualizar novas perspectivas de pesquisa em torno desta temática.

Destacamos ainda a justificativa do estudante L₁:

“A palavra ‘como’ diz que ele não é igual e sim com estrutura parecida”

O estudante L₁ fez uma consideração interessante ao analisar a comparação proposta; identificou no termo “*como*” diferenças implícitas, isto é, se não houvesse alguma diferença entre as estruturas comparadas, não deveria ser utilizada a palavra “*como*”, mas sim o termo “*igual*”. É importante também considerar que na descrição das características do modelo de Dalton e na citação de alguma analogia relacionada ao estudo deste modelo, este estudante considerou que entre o modelo e uma bola de sinuca (análogo citado) o formato e o preenchimento eram semelhantes, enquanto que a bola é divisível e o átomo não seria.

4.4.3.1.2 2ª comparação

A segunda comparação proposta também se refere ao modelo atômico de Dalton. Porém, nesta comparação dizemos que está sendo estabelecida uma relação contra-analógica entre o modelo atômico com um *compact disc* – CD. Para os estudantes foi proposta a seguinte afirmação:

*“De acordo com a teoria de Dalton, o átomo **não seria como** um CD”.*

Ao analisarem a afirmação, 10 estudantes concordaram totalmente com a comparação proposta, enquanto que 02 concordaram parcialmente, 01 discordou parcialmente e 01 discordou totalmente (A₁). O gráfico 2 apresenta esses resultados

em termos percentuais, e o gráfico 2.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

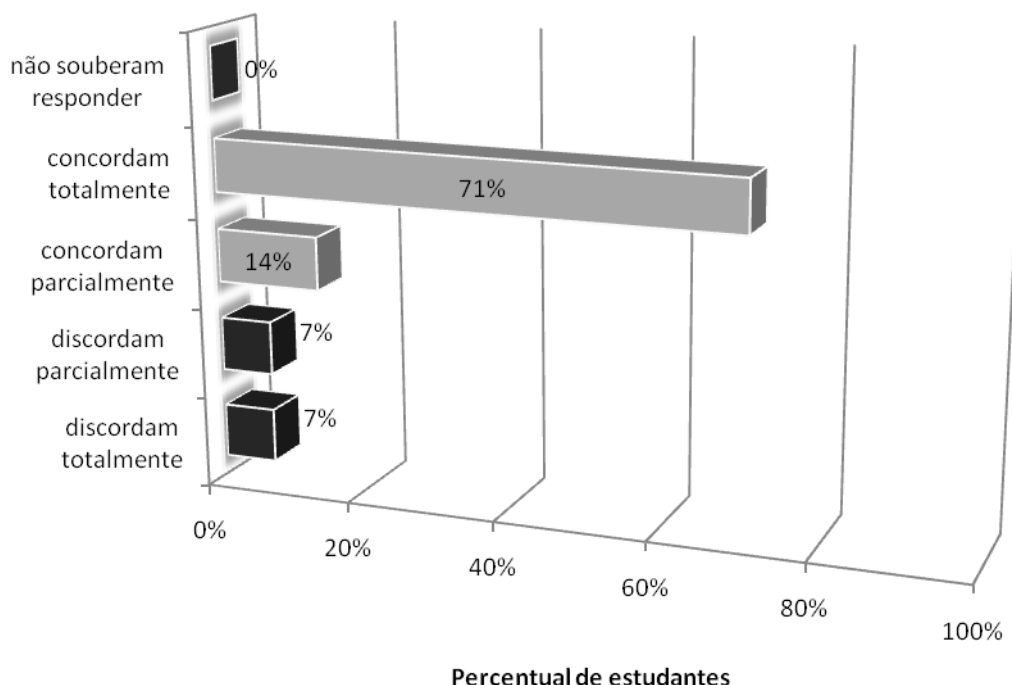


Gráfico 2 – Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um *compact disc* – CD, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

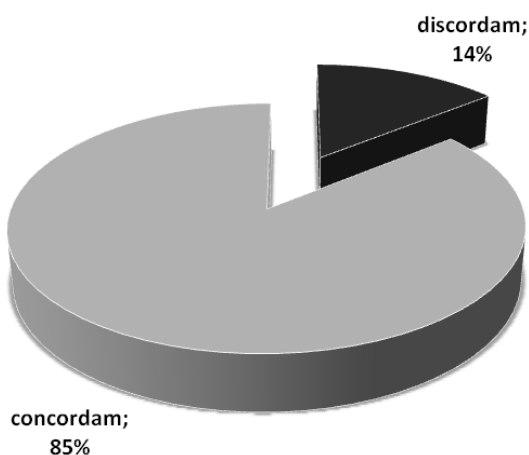


Gráfico 2.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um *compact disc* – CD, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

Entre os dois estudantes (D_1 e N_1) que concordaram parcialmente com a comparação estabelecida, a justificativa de D_1 apresenta algumas considerações que julgamos interessantes. Primeiramente este estudante escreveu que nesta afirmação não há correspondência entre o objeto mencionado e o átomo, e que ela somente seria útil para nos permitir uma idealização do modelo que não tem o “núcleo” que o CD apresenta. Ao nos depararmos com a justificativa apresentada por N_1 – justamente o aluno que descreveu equivocadamente as características do modelo proposto por Dalton – mais uma vez encontramos o equívoco da concepção de núcleo para este modelo:

“Eles têm algumas semelhanças como o centro do CD que representa o núcleo, mas isso não torna o CD exatamente igual ao átomo” (N_1).

Entre os estudantes que concordaram totalmente com a afirmação, o principal argumento apresentado nas justificativas se relacionava ao aspecto da tridimensionalidade do modelo atômico. Entre os 10 estudantes, 09 fizeram esta referência. A seguir estão apresentadas justificativas dadas por alguns estudantes que assinalaram concordar totalmente com a comparação, com grifos nossos.

“De acordo com Dalton o átomo seria uma esfera maciça, bem diferente de um CD” (B_1).

“Concordo totalmente porque de acordo com Dalton o átomo seria maciço e esférico, muito diferente de um CD” (G_1).

“Pois o CD é plano e o átomo de Dalton é uma esfera” (J_1).

“O modelo de Dalton citava o átomo como uma esfera tridimensional” (M_1).

Além do aspecto dimensional também foram encontrados como argumentos a diferença no preenchimento (06 estudantes) e na divisibilidade do

objeto comparado – o *contra-análogo* – (02 estudantes). Para estes casos, destacamos as seguintes respostas:

“Concordo totalmente porque o átomo de Dalton é esférico e o CD não, é maciço e o CD não, é indivisível e o CD não” (E₁).

“O CD não é esférico, não é maciço e é divisível” (H₁).

Ainda entre esses estudantes, houve apenas um que não apresentou de forma explícita em sua justificativa as diferenças entre o modelo atômico e o CD. De qualquer modo sua resposta se constitui relevante uma vez que esta sugere ter ocorrido a assimilação das características do alvo. O estudante justificou a opção “concordo totalmente” escrevendo: *“porque o átomo de Dalton não se parece em nada com um CD” (I₁).*

Já o estudante L₁, o único que assinalou discordar parcialmente, em sua justificativa afirmou que *“o átomo pode ser como um CD”*. Tal proposição, a princípio, contraria a *contra-analogia* proposta. Porém, o estudante continua sua justificativa fazendo uma espécie de análise semântica da afirmação. Ele escreveu que se usando a palavra *como*, *“pode-se dizer que tem pelo menos uma característica parecida, como por exemplo o formato circular”*. Consideramos esta observação do aluno muito interessante, pois apesar de ter discordado, embora parcialmente da *contra-analogia* proposta, ele conseguiu perceber *talvez* o único *elemento de aproximação* (ou melhor dizendo: de interseção – conforme a figura 16) entre o modelo de Dalton – quando representado no plano – e um CD, enquanto objeto *contra-análogo* escolhido para comparação. Este elemento de aproximação constituiria um *“apesar de...”* fundamental para as *construções contra-analógicas*. É como se tivesse sido proposto o seguinte texto: *“De acordo com a teoria de Dalton, o*

*átomo não seria como um CD, **apesar de** representarmos o seu modelo com um formato circular, isto é, bidimensionalmente”.*

Verificamos que o estudante que discordou totalmente marcou esta opção equivocadamente, uma vez que na sua justificativa apresentou como sendo uma diferença o formato das estruturas comparadas.

4.4.3.1.3 3ª comparação

A terceira comparação proposta se refere ao modelo atômico de Thomson. Nesta comparação dizemos que está sendo estabelecida uma relação analógica entre o modelo atômico com um pudim de passas. Para os estudantes foi proposta a seguinte afirmação:

“De acordo com a teoria de Thomson, o átomo seria como um pudim de passas”.

Ao analisarem esta afirmação, 10 estudantes assinalaram concordar parcialmente, 02 concordaram totalmente e 02 discordaram parcialmente. Nenhum aluno assinalou não saber responder. O gráfico 3 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 3.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

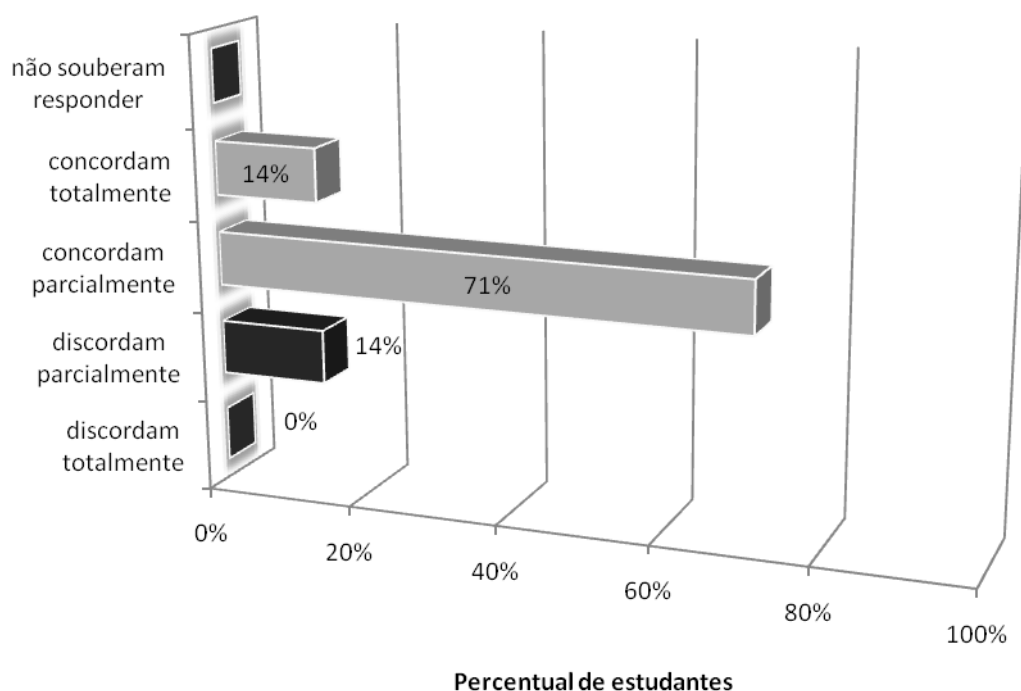


Gráfico 3 – Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.

Fonte: Original, 2008.

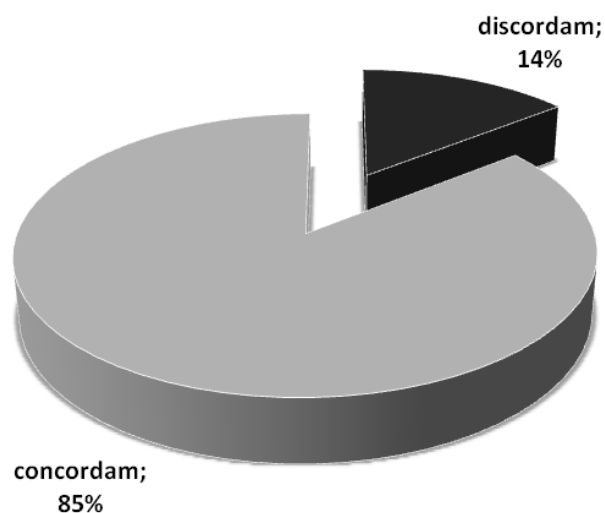


Gráfico 3.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.

Fonte: Original, 2008.

Entre os dois estudantes que discordaram parcialmente, o aluno B₁ inicialmente assinalou concordar parcialmente com a comparação, tendo, porém, apagado a sua marcação e assinalado a opção “discordo parcialmente. Justificou sua resposta se referindo ao formato esférico do átomo que não encontra correspondência no veículo, embora tenha se referido também às correspondências entre a massa do pudim e a do átomo e entre as passas e as “partículas de carga negativa”. O estudante H₁ também se referiu à diferença entre os formatos das estruturas comparadas para justificar a opção assinalada.

Entre os dois estudantes que concordaram totalmente com a comparação, o aluno I₁, além de não identificar diferenças entre as estruturas comparadas, se referindo apenas às correspondências normalmente estabelecidas entre as massas e as partículas, revelou um modelo mental divergente do modelo atômico consensual. De acordo com sua justificativa, o modelo mental de átomo deste aluno, na perspectiva da teoria atômica de Thomson, concebe as partículas de carga negativa distribuídas apenas na superfície da esfera atômica.

“... a teoria fala de uma massa positiva com pequenas cargas negativas, tal como um pudim com passas por cima” (I₁ – grifo nosso)

Já o estudante L₁, assim como para as outras comparações, destacou a palavra *como* na sua justificativa. Embora tenha concordado totalmente, enfatizou o caráter analógico da relação ao afirmar: *“com características parecidas [...]”*. Prosseguiu sua resposta dizendo que *“o ‘como’ demonstra a aproximação das semelhanças entre os dois elementos”* (grifo nosso).

Entre os 10 estudantes que concordaram parcialmente, verificamos através das justificativas que 07 alunos se referiram à diferença entre o formato das

estruturas comparadas, enquanto que os outros três mencionaram diferenças relacionadas à distribuição das cargas elétricas e as passas.

Entre as justificativas apresentadas pelos mesmos, destacamos algumas:

“O átomo não deixou de ser esférico, apenas ganhou cargas positivas e negativas”

(F₁)

“O átomo era como um pudim de ameixa, mas nessa afirmação não é informado o formato de pudim” (J₁)

“Mas a forma do pudim pode ser diferente do modelo de Thomson” (C₁)

“Concordo parcialmente, porque o pudim não é esférico (...)” (G₁)

Como podemos observar, essas quatro proposições exemplificam como essa limitação relacionada com o formato das estruturas comparadas se apresentou como algo relevante para estes estudantes.

E como foi dito, outros estudantes fizeram referência à distribuição de cargas. Enquanto alguns denotaram o reconhecimento de correspondências, isto é, semelhanças entre a distribuição das cargas e as passas/ameixas no pudim, outros entendiam este aspecto como uma diferença. Destacamos algumas justificativas que apresentam estas duas percepções:

“(...) mostra direitinho a organização das partículas positivas e negativas” (G₁)

“(...) ele tem as ameixas que mostra exatamente como fica os elétrons no átomo”

(D₁)

“Os elétrons incrustados seriam na crosta da esfera e em um pudim de passas, tem passas nele todo” (K₁)

“Levando em conta que as passas não se misturam com a massa do bolo eu concordo com a comparação (...)” (M_1)

Embora os estudantes D_1 e G_1 não tenham revelado qual era a imagem mental de pudim com passas eles possuíam, em suas justificativas demonstraram perceber nesta relação analógica uma correspondência entre a distribuição de cargas na estrutura atômica e no veículo de comparação. Já para os estudantes M_1 e especialmente K_1 , que havia descrito o modelo atômico de Thomson fazendo referência à distribuição superficial das cargas negativas, este aspecto na comparação se apresenta como divergente. Podemos dizer, analisando as proposições destes estudantes, seja na descrição do modelo atômico ou nas justificativas para a concordância parcial, que os modelos mentais de átomo na perspectiva de Thomson e até mesmo de pudim com passas admitem de forma equivocada os elétrons distribuídos apenas na superfície da esfera atômica e, no caso do pudim, as passas em todo o seu interior, bem como na superfície da massa. No trabalho de Souza *et al* (2006), preocupados em identificar o significado que os alunos atribuíam à expressão “pudim de passas”, e definir a imagem que eles possuíam, foi analisado tanto os desenhos quanto as explicações dadas aos mesmos. Perceberam que entre os estudantes da escola particular, 71,5 % evidenciaram entender que as passas se encontram na superfície do pudim. Os pesquisadores entenderam que, talvez, estes alunos tenham expressado tal idéia a partir da imagem provavelmente mais comum para eles – de um tipo de pudim com ameixas em sua superfície, conhecido como um “manjar”. Souza *et al* também constatou que os alunos que representaram as passas no interior do pudim totalizaram 21,4 %.

Houve ainda duas outras justificativas, entre os 10 estudantes que assinalaram concordar parcialmente com a analogia, que evidenciaram outros aspectos na compreensão da mesma e dos modelos mentais relacionados ao modelo atômico de Thomson e ao pudim de passas:

“No pudim o espaçamento entre as passas é muito grande e esse espaço no átomo não existe” (N₁)

“Concordo parcialmente, porque o núcleo é esférico e o meio do pudim não. O átomo é todo esférico e o pudim não. O núcleo é menor (muito menor), comparando com o átomo (o pudim)” (E₁)

Enquanto a justificativa apresentada pelo estudante N₁ sugere a mentalização de uma imagem particular de pudim, com um aspecto que ainda não havia sido mencionado sobre o veículo, a justificativa do estudante E₁, que afirmou não se lembrar de nenhuma analogia ao ser solicitado em citar alguma que havia conhecido durante o estudo do modelo atômico de Thomson, demonstra uma certa confusão entre aspectos desta teoria com a de outros modelos para o átomo. Mesmo tendo descrito o átomo, segundo a perspectiva de Thomson, como *“uma esfera com cargas positivas e negativas; indivisível” (grifo nosso)*, de modo bastante incoerente, em sua justificativa, descreve a estrutura como sendo possuidora de um “núcleo esférico”. Consideramos que este caso se constitui como mais um exemplo da constatação feita por Romanelli (1996), que diz ser freqüente a confusão feita pelos estudantes entre o átomo e o núcleo do átomo.

4.4.3.1.4 4ª comparação

A quarta comparação proposta também se refere ao modelo atômico de Thomson. Nesta comparação dizemos que está sendo estabelecida uma relação

contra-analógica entre o modelo atômico com um doce brigadeiro. Para os estudantes foi proposta a seguinte afirmação:

4ª - “De acordo com a teoria de Thomson, o átomo **não seria como** um doce brigadeiro”.

Ao analisarem esta afirmação, 04 estudantes assinalaram discordar totalmente, 04 discordaram parcialmente, 04 concordaram parcialmente e apenas 02 estudantes concordaram totalmente. Nenhum aluno assinalou não saber responder.

O gráfico 4 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 4.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

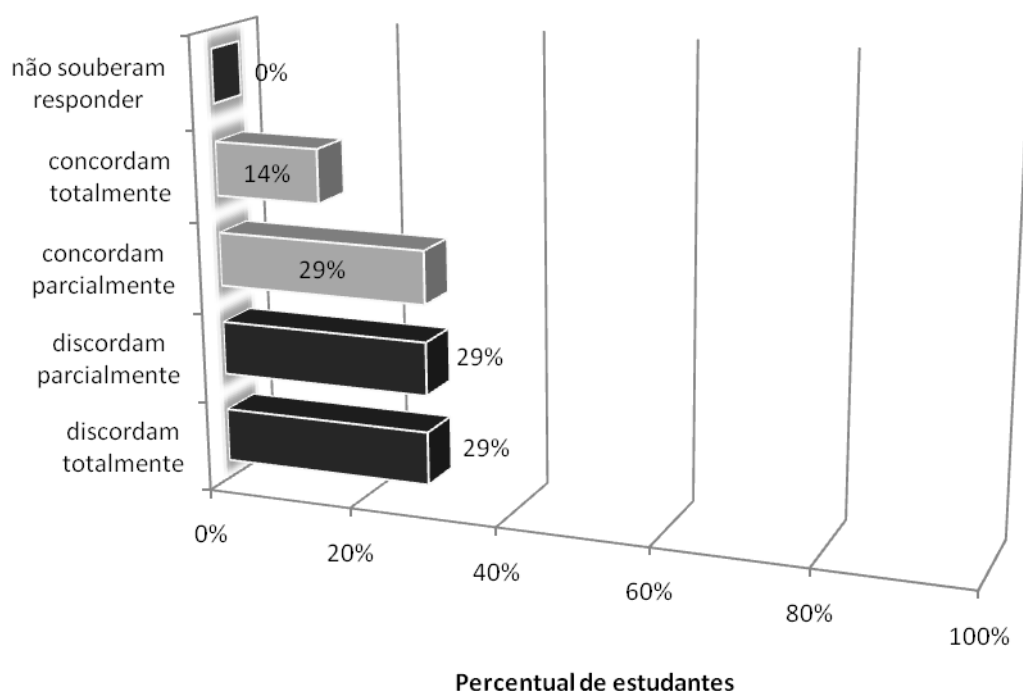


Gráfico 4 – Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.

Fonte: Original, 2008.

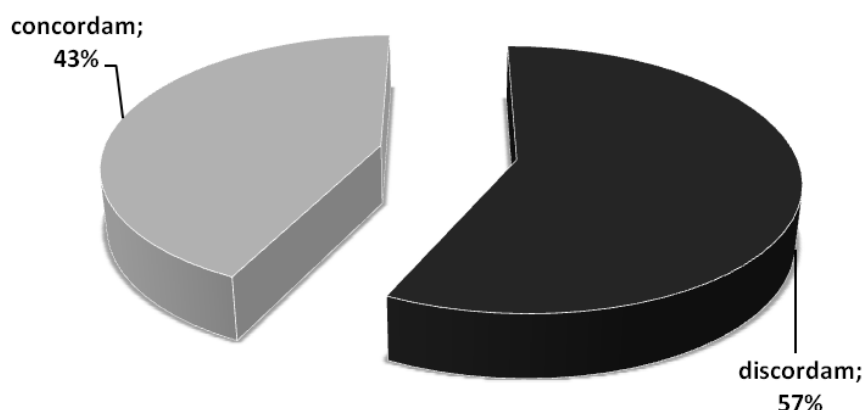


Gráfico 4.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.

Fonte: Original, 2008.

Entre os estudantes que assinalaram discordar totalmente, percebemos aspectos interessantes para a nossa análise. O estudante L₁, por exemplo, afirmou:

“O átomo pode ser como um brigadeiro (o formato, por exemplo)” (grifo nosso)

Esta justificativa nos permitiu considerar, como Nagem *et al* (2002) acerca das analogias, que a mera afirmação sem a complementação de explicações pode provocar dúvidas, confusões ou até mesmo a inaceitabilidade da comparação proposta. Pode também, por um lado positivo, provocar inquietações (GIORDAN, 1996), havendo, porém a possibilidade desta vir a se constituir, como diz Duit (1991) para as analogias, “uma faca de dois gumes”.

Ainda sobre a justificativa deste estudante, não poderíamos deixar de reiterar o valor do “como” em sua resposta. Como o próprio estudante havia afirmado na justificativa dada à marcação feita na segunda comparação entre o modelo atômico de Dalton e o *compact disc*, o uso da “palavra como” permite “dizer que tem pelo menos uma característica parecida”. Assim, ao dizer que “o átomo

pode ser **como** um brigadeiro” (grifo nosso), justificando sua total discordância da *contra-analogia*, o estudante percebe a existência de aspectos semelhantes. Tais aspectos constituiriam, a nosso ver, elementos de interseção para o estabelecimento da relação contra-analógica.

Consideramos também as justificativas dos estudantes K_1 e I_1 .

“De acordo com a teoria de Thomson, até um brigadeiro seria mais apropriado, pois o chocolate com formato esférico seria a massa positiva e o granulado seria as cargas negativas” (I_1)

“Ele seria como um brigadeiro, redondo com granulados” (K_1)

Possivelmente para o estudante K_1 , o motivo da sua total discordância está relacionado com a existência de um maior número de elementos correspondentes em relação com o número de elementos divergentes entre as duas estruturas comparadas. É importante lembrar que o modelo mental elaborado pelo estudante K_1 para o modelo atômico na perspectiva de Thomson admite os elétrons “incrustados” na superfície da esfera atômica. No caso do estudante I_1 , percebemos o mesmo motivo para se ter assinalado discordar totalmente – a existência de um maior número de elementos correspondentes, sendo, porém, o formato do veículo, provavelmente o aspecto por ele considerado como o mais relevante.

O estudante D_1 justificou dizendo:

“Eu discordo totalmente com essa afirmação, mas o átomo teria que ter um enorme número de elétrons (para fazer jus a quantidade de granulado) para ser exatamente como apresenta o modelo” (grifo nosso)

Embora o estudante D_1 tenha discordado da afirmação e, dessa forma, considerado que o átomo na perspectiva de Thomson possa ser comparado com um

doce brigadeiro, a sua consideração feita sobre a necessidade de se ter no átomo uma grande quantidade de elétrons para que a correspondência com o veículo pudesse ser feita, nos permitiu constatar um aspecto relevante em seu raciocínio. Percebemos que o estudante percorreu o “caminho” veículo-alvo (do contra-análogo para o alvo) para discorrer sobre uma diferença entre os dois domínios. Isto é, a partir do seu conhecimento a respeito das características do veículo, idealizou como *deveria* ser a estrutura alvo da compreensão para que pudesse ser verificada uma “exata” semelhança entre as duas estruturas.

Entre os estudantes que discordaram parcialmente também encontramos aspectos interessantes presentes no raciocínio desenvolvido por este grupo de alunos.

A partir da justificativa de G_1 , por exemplo, foi possível enfim identificar as características do seu modelo mental elaborado para o modelo atômico de Thomson.

“Discordo parcialmente porque o granulado está do lado de fora do brigadeiro” (G_1 – grifo nosso)

Considerando sua justificativa, percebemos que o motivo da sua discordância está relacionado com o equívoco quanto à distribuição superficial dos elétrons na estrutura atômica. Entendemos que, ao discordar da afirmação, mesmo sendo parcialmente, o estudante está visualizando o átomo na perspectiva de Thomson como o doce brigadeiro, isto é, com os elétrons distribuídos pela superfície.

Pareceu-nos, semelhantemente a este estudante que o F_1 também tenha discordado parcialmente por ter visualizado correspondências entre as duas estruturas comparadas.

“O átomo de Thomson poderia ser descrito como um brigadeiro, pois transmite a mesma idéia” (F_1 – grifo nosso)

Esta colocação de F_1 , a nosso ver, reforça a necessidade de explicações acerca da relação contra-analógica, o que evita que a sua interpretação fique inteiramente a cargo do aluno.

Outra justificativa para a discordância parcial que do mesmo modo nos sugere esse reforço foi a apresentada por C_1 : *“Pois se tiver granulado pode sim representar o modelo de Thomson”*.

Ainda neste grupo de estudantes consideramos relevante a justificativa dada por A_1 :

“O granulado lembra a distribuição de cargas pelo átomo mas as cargas de acordo com Thomson estão por todo o átomo inclusive no interior e o brigadeiro não tem granulado no interior”

Pelo visto, o motivo da discordância parcial com a afirmação se baseou no fato de haver também, para este estudante, uma correspondência entre os elétrons e os granulados, tendo, porém, de acordo com a teoria em questão reafirmada pelo próprio estudante, uma diferença relevante quanto à distribuição das partículas nas estruturas comparadas. Consideramos, portanto, que teria sido equivalente a marcação “concordo parcialmente” caso o estudante assim o fizesse. Além destas considerações, a partir da análise da comparação feita por este

estudante finalmente foi possível identificar quais são as características do modelo mental elaborado pelo mesmo para o modelo atômico de Thomson.

Ao analisar as justificativas dadas pelos alunos que concordaram parcial ou totalmente, também identificamos elementos importantes da percepção dos mesmos sobre a contra-analogia proposta. Os estudantes H_1 e J_1 apresentaram idéias parecidas.

“Se for o brigadeiro de panela, a afirmativa é verdadeira, uma vez que ele não é esférico e não tem nada para representar as cargas. Mas se for o na fôrma, é esférico e tem os granulados representando as cargas” (H_1)

“Pois se for o de panela não tem nada a ver” (J_1)

Estas respostas nos chamaram a atenção para a possibilidade de haver divergência na mentalização do veículo (no caso, um contra-análogo) por parte dos estudantes. De fato, sendo como disseram os dois estudantes – “se for o de panela” – não há aspecto semelhante algum que possa ser considerado com relevante para o estabelecimento de uma *relação contra-analógica* ou até mesmo analógica. Desse modo entendemos que a *contra-analogia* não teria sentido para então ser proposta. Este dado reforça o que já tínhamos dito sobre a necessidade de um elemento de interseção entre os domínios comparados, conforme a figura 16.

E, do mesmo modo que Souza *et al* (2006) trataram sobre a imagem comum de pudim de passas entre os estudantes por eles investigados, vemos por estas justificativas a necessidade de que seja feita, por parte do professor, explanação das características do veículo em questão. Consideramos inclusive que tal explicação deva ser conduzida de forma dialógica, assumindo um caráter

investigativo, a fim de se evitar confusões ou até mesmo a inaceitabilidade da *contra-analogia* por parte dos alunos.

Os outros dois estudantes que concordaram parcialmente com a comparação em questão, também fizeram associações adequadas entre a massa do brigadeiro e a massa atômica, e entre os granulados e os elétrons. O estudante E₁, mesmo cometendo o equívoco já comentado entre o átomo e o núcleo do átomo, está incluído entre estes. A única diferença apontada por eles diz respeito à provável desproporcionalidade entre os tamanhos do brigadeiro e dos granulados em comparação com os tamanhos da esfera atômica e dos elétrons.

E por fim, houve os dois estudantes que concordaram totalmente com a comparação. O N₁ escreveu que para ele “um brigadeiro não se assemelha em nada a um átomo”. Embora esta justificativa não revele características da imagem de brigadeiro deste aluno, e tendo ele concordado totalmente com a afirmação, sua resposta sugere não ter ocorrido o raciocínio contra-analógico pelo mesmo. Talvez a sua imagem de brigadeiro seja o “de panela”, como foi citado por outros estudantes, ou este não tenha percebido nenhum elemento de correspondência que pudesse suscitar o raciocínio comparativo.

O estudante M₁, cujo modelo mental para o modelo atômico de Thomson admite elétrons distribuídos na superfície, justificou sua total concordância dizendo que “*as partículas negativas, que seriam o granulado, deveriam estar misturados na massa*”. Analisando esta justificativa juntamente com a resposta dada à terceira comparação, consideramos que o estudante ou foi incoerente ao dizer que o granulado deveria estar misturado na massa, provavelmente para que assim o átomo na perspectiva de Thomson passasse a ter aspectos semelhantes ao

brigadeiro, ou tentou dizer que concorda com a idéia de se afirmar que o átomo não é como um doce brigadeiro, caso este tenha seu granulado misturado com a massa.

4.4.3.2 RESPOSTAS DOS ALUNOS DA 3ª SÉRIE DO EM

Consideramos ser conveniente seguir com a apresentação dos resultados obtidos através da análise dessa mesma parte do questionário do apêndice B aplicado aos alunos da 3ª série do ensino médio. Dessa maneira pensamos que o estudo paralelo das proposições obtidas com os dois grupos poderia se tornar mais proveitoso.

Os dados a seguir, portanto, referem-se às respostas dadas por 26 alunos da 3ª série do ensino médio ao serem solicitados a analisar cada uma das quatro afirmações comparativas apresentadas no questionário, a assinalar uma das cinco opções quanto ao nível de concordância ou discordância quanto à comparação estabelecida e a justificar a marcação feita.

Na tentativa de tornar o texto mais breve sem contudo perder a riqueza dos dados procedemos a uma discussão um mais sucinta.

A turma era constituída por 17 mulheres e 11 homens, com a faixa etária de 16 a 19 anos; 01 estudante com 16 anos, 11 com 17, 09 com 18 e 04 com 19.

Informamos também que o questionário foi respondido em um dia seguinte a aula expositiva sobre as características estruturais de cada um dos quatro modelos atômicos – de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Neste dia haviam faltado dois alunos, sendo, portanto o número de respondentes igual a 26.

Para facilitar a leitura e a identificação, os 26 estudantes dessa série foram identificados como A₃, B₃, C₃ até Z₃.

4.4.3.2.1 1ª comparação

Do mesmo modo que para o primeiro grupo de estudantes, para estes apresentamos a mesma seqüência de comparações. Sendo assim, a primeira comparação proposta referiu-se ao modelo atômico de Dalton, na qual foi estabelecida uma relação analógica entre o modelo atômico com uma bola de sinuca.

Entre os 26 alunos, 15 que concordaram parcialmente com a comparação, 07 concordaram totalmente, 02 discordaram parcialmente e 01 discordou totalmente. Houve 01 estudante que não assinalou sua opinião. A justificativa apresentada por este aluno, sendo também para as outras comparações, foi a seguinte:

“Não tenho como dar minha opinião porque eu nunca vi um átomo e acredito que não exista, pois a teoria não é comprovada por isso se chama “teoria”. (O₃ – grifo no original).

Embora não tenhamos dados que retratem o histórico do processo de ensino e aprendizagem do conteúdo disciplinar relacionado à constituição da matéria e aos modelos de partícula, por este aluno, e sabendo apenas que antes da aplicação deste questionário a ele foi ministrada uma aula expositiva que tratava a respeito das características de cada modelo investigado, podemos fazer algumas considerações a partir do que diz Mortimer (1995). Segundo este autor, diversas pesquisas realizadas em diversos países mostram que idéias bastante diferente das aceitas cientificamente são universais. E que desse conjunto de pesquisas podem ser identificadas algumas características principais das idéias dos alunos dessa faixa etária sobre a matéria. Entre tais características tem-se que há uma forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre partículas constituintes da matéria, o

que implica também, em alguns casos, negar a existência dessas próprias partículas. Como apresenta o autor, as pesquisas revelam ainda que características como esta do pensamento dos alunos evoluem com a idade e com a instrução, mas são freqüentes mesmo entre os que já foram submetidos ao ensino dos modelos atômicos. Ao discorrer sobre as conseqüências dessas concepções para o ensino, Mortimer nos chama a atenção para o fato do estudo de modelos atômicos no ensino fundamental e médio começar em geral pela introdução do modelo de Dalton, pressupondo normalmente que os alunos já possuem essa visão atomista científica, o que na maioria das vezes, como reitera o autor, não é verdadeiro. Diz ainda que os alunos, na maioria das vezes, conseguem entender o modelo aceito cientificamente, mas têm dificuldades em aceitá-lo, principalmente por considerar que ele contraria a idéia intuitiva de que *a natureza abomina o vácuo* (grifo nosso). E por fim, vale ressaltar que:

... é importante lembrar que a hipótese atômica de Dalton (1766-1844) não foi prontamente aceita pelos químicos, como transparece a leitura de alguns livros didáticos. Durante todo o século XIX, vários químicos e físicos se recusaram a aceitá-la por falta de evidências empíricas para a existência de átomos. (MORTIMER, 1995)

Quanto às respostas de todos esses estudantes inquiridos, o gráfico 5 apresenta os resultados em termos percentuais, e o gráfico 5.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

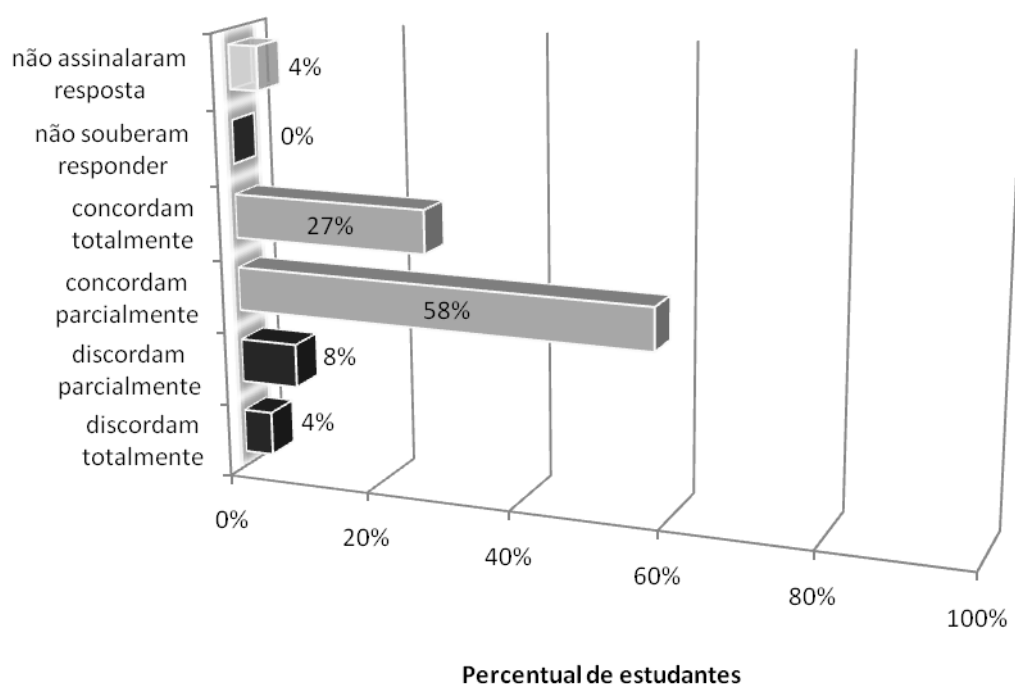


Gráfico 5 – Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

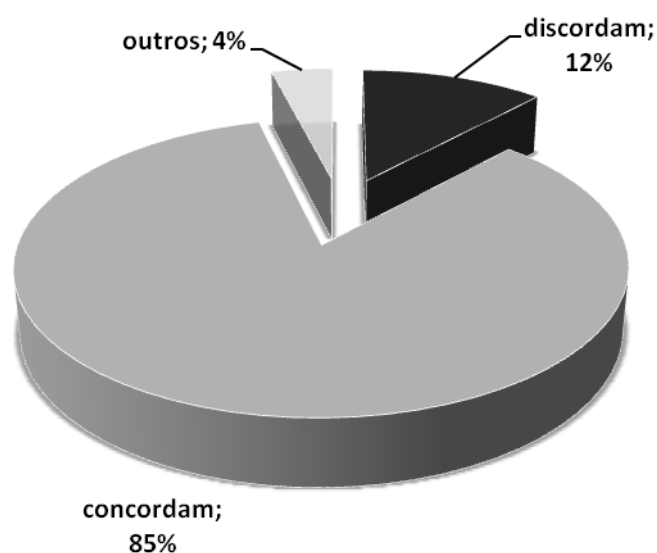


Gráfico 5.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Dalton e uma bola de sinuca, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

Retomando a análise das justificativas apresentadas pelos estudantes da 3ª série, encontramos entre os 15 alunos que concordaram parcialmente uma considerável dispersão de idéias em suas justificativas. Houve dois que demonstraram não fazer distinção entre as teorias atômicas, mencionando a existência de núcleo, eletrosfera, prótons, elétrons, nêutrons. O estudante G₃, por exemplo, embora tenha reconhecido alguma característica semelhante entre as duas estruturas, escreveu:

“Tanto o átomo quanto a [bola] de sinuca são maciços e indivisíveis, mas nada que esteja presente na bola pode representar o núcleo e a eletrosfera”

Encontramos também um estudante que mesmo tendo percebido o aspecto estrutural correspondente das duas estruturas comparadas, nos pareceu não ter reconhecido explicitamente uma relação analógica entre a bola de sinuca e o modelo de Dalton. Vale ressaltar que acreditamos que este aluno pode ter reconhecido a analogia, mas não a expressou adequadamente ao escrever:

“Concordo que o átomo é uma esfera maciça, mas discordo que o átomo é indivisível” (X₃)

Os outros 12 estudantes demonstraram perceber relações de semelhança, principalmente no que diz respeito às características estruturais nos dois domínios. Alguns demonstraram um maior domínio dos aspectos relacionados à teoria de Dalton que ultrapassam à mera identificação das características estruturais do modelo, como a justificativa do estudante D₃:

“Dalton afirmou que os átomos eram esferas maciças; todos os átomos de um mesmo elemento eram idênticos e os elementos diferentes, diferentes. Porém as

bolas de sinuca são iguais em tamanho e massa, diferentes em cores apenas, o que não explicaria as características de cada átomo”.

Outro, em sua percepção da relação analógica, extrapolou a mera imagem estrutural do veículo recorrendo à possibilidade de movimentação da bola de sinuca, o que seria, segundo o estudante, semelhante ao átomo.

Um dado que consideramos bastante importante é que apenas 07 entre os 15 estudantes que concordaram parcialmente com a comparação apontaram explicitamente diferenças entre as duas estruturas da relação analógica. As principais diferenças levantadas por este grupo estão relacionadas à concepção de indivisibilidade, mesmo sendo esta divergente²³ entre eles, e ao fato de não haver bolas de sinuca de tamanhos e massas diferentes para denotar a diferença entre os elementos químicos. Destacamos ainda a justificativa apresentada pelo estudante H₃ que nos revelou a existência de uma idéia talvez próxima da concepção atomista substancialista que, de acordo com Mortimer (1995, 2000), é muito comum nos modelos atomistas intuitivos elaborados pelos estudantes. Segundo Bachelard (1996), o que também comenta Mortimer (2000), esse substancialismo está intimamente ligado à “metafísica da poeira”, ou seja, à idéia de que o atomismo é uma composição racional elaborada a partir de intuições sensoriais. O estudante H₃ escreveu:

“(...) Discordo no seguinte: a bola é muito pesada comparada com a massa do átomo, que são partículas pequenas e leves, que se movimentam livremente”

²³ Esta divergência identificada na concepção de indivisibilidade entre os estudantes também já havia sido identificada e comentada entre os 14 estudantes da 1ª série investigados.

Entendemos que é como se quisesse dizer que a bola não se movimenta livremente devido a sua maior massa, ou que os átomos somente se movimentam livremente por serem “pequenos e leves”.

Destacamos ainda a justificativa do estudante B₃ que nos remete à “abominação pelo vácuo”.

“... o átomo seria maciço como a bola de sinuca, seria uma ‘figura’ espacial, porém se as reações fossem combinações de bolas de sinuca, haveria espaços vazios na matéria” - (B₃ – grifo nosso).

Passemos a considerar o grupo de 07 estudantes que assinalaram concordar totalmente com a comparação. Estes sete alunos, em suas justificativas apontaram somente aspectos semelhantes entre a bola de sinuca e o modelo atômico de Thomson. **Nenhum aluno reconheceu explicitamente que entre as duas estruturas comparadas houvesse alguma diferença.** Não queremos dizer que para estes alunos não há diferença alguma entre uma bola de sinuca e o átomo na perspectiva de Dalton, mas esse não reconhecimento de diferenças juntamente com o fato de terem assinalado total concordância com a comparação sugere que, diferentemente da outra parcela que assinalou concordar parcialmente, não haveria nenhuma atributo relevante do veículo que não pudesse ser transportado para o alvo.

Entre as justificativas dadas por este grupo destacamos duas que evidenciaram outros aspectos que estão relacionados com a concepção atomista construída por estes estudantes:

“Porque o modelo que eu vi no livro é redondinho a aparência dele” – (J₃ – grifo nosso)

“Pois todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos, tendo o mesmo tamanho, massa e propriedades físicas” – (L₃ – grifo nosso)

A resposta do estudante J₃ revela uma concepção “desse processo de modelar” que Romanelli (1996) considera, dentro de um gradiente de níveis de apreensão, como um nível de elaboração primitiva, caracterizada por uma mera reprodução da imagem observada, decorrente muitas vezes, como coloca a autora, de um processo de ensino que considera o conhecimento científico do átomo bem estabelecido, organizado, como se fosse um corpo inviolável, sem que durante o mesmo seja colocado em apreciação qualquer aspecto do mesmo. O conceito de átomo é assumido como tendo natureza estática, devendo torná-lo disponível para o aluno tal qual é tomado. Já a resposta de L₃ denota mais uma vez a concepção atomista substancialista ao atribuir ao átomo propriedades macroscópicas das substâncias.

Finalizando a análise das justificativas para esta primeira comparação, nos restam apenas os 03 estudantes que discordaram da analogia. Como já dissemos, dois discordaram parcialmente e um discordou totalmente. Entre estes três estudantes, consideremos a justificativa do estudante V₃:

“Embora a época que ele tava e as coisas que tinha para utilizar, as vezes nem sabia o que era uma bola de sinuca” (V₃)”

Consideramos que este estudante não reconheceu explicitamente a relação analógica proposta ou não focou sua atenção neste aspecto. Do mesmo modo o outro estudante não reconheceu a analogia como tal, e sim apresentou uma resposta confusa que demonstrava pouco domínio sobre a teoria em questão.

E quanto ao estudante (P_3) que assinalou discordar totalmente, analisando sua justificativa, consideramos que talvez tivesse sido mais apropriado se assinalasse “não saber responder”, uma vez que sua resposta nos sugere, ou que o mesmo não se recordava da teoria apresentada em sala de aula, ou que ele não entendeu a proposta do questionário.

4.4.3.2.2 2ª comparação

Para a *relação contra-analógica* estabelecida entre um *compact disc* e o modelo atômico de Dalton, 14 estudantes concordaram totalmente, 02 concordaram parcialmente, 04 discordaram parcialmente, 03 discordaram totalmente, 02 não souberam responder. E, do mesmo modo que procedeu na primeira comparação, o estudante O_3 não assinalou sua opinião.

O gráfico 6 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 6.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

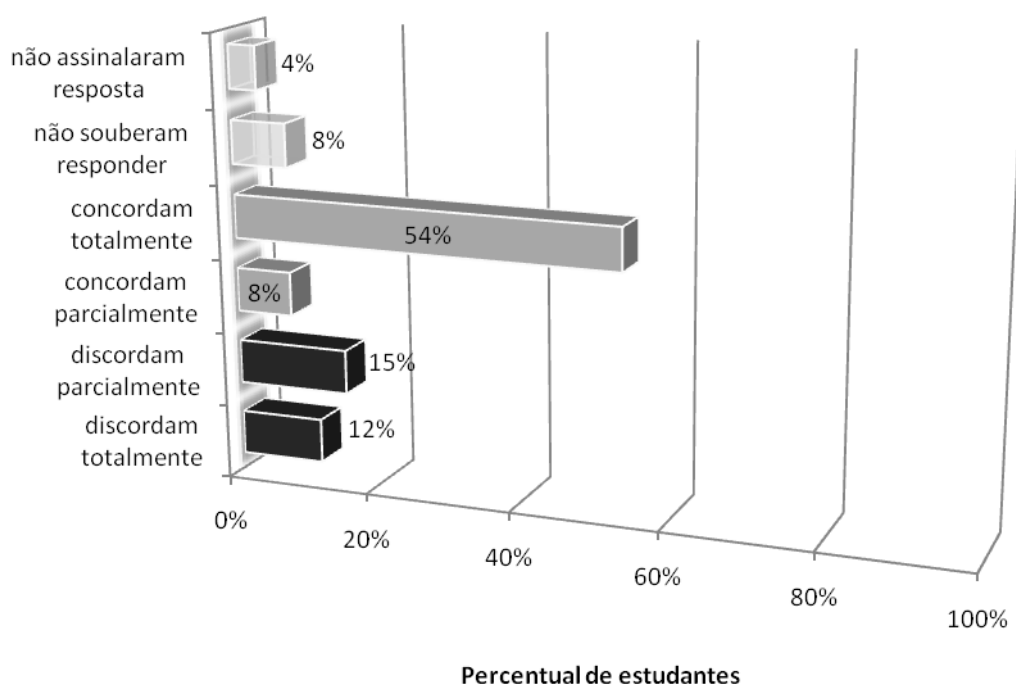


Gráfico 6 – Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um *compact disc* – CD, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

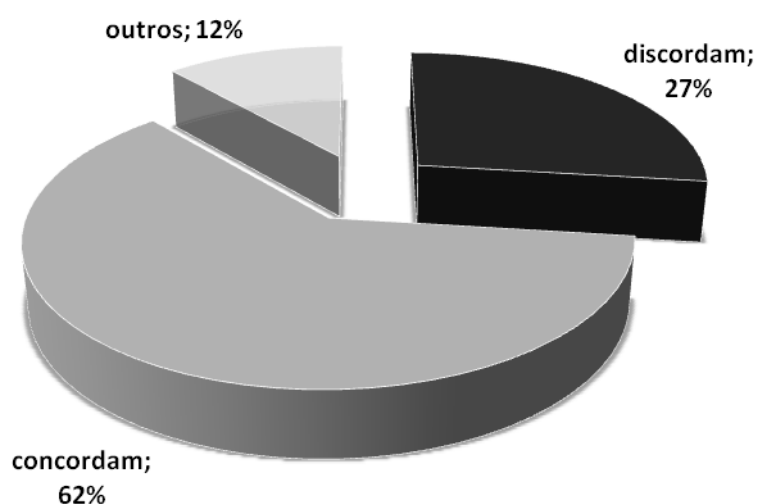


Gráfico 6.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Dalton e um *compact disc* – CD, 2006.

Fonte: FERRY & NAGEM, 2006.

Ao analisar as justificativas dadas para esta segunda comparação, primeiramente consideramos o grupo de 14 estudantes que assinalaram concordar totalmente. Entre estes alunos encontramos novamente o estudante P₃. Ao ler sua justificativa entendemos que este não demonstrou possuir conhecimento suficiente para proceder a análise, não somente desta, mas de todas as quatro comparações. A fim de tornar esta nossa consideração mais clara, transcrevemos sua justificativa a seguir:

“Ele usou essa teoria para explicar seu estudo com isso para Dalton um átomo e relativo a um CD” – (P₃)

Entre os outros 13 estudantes que assinalaram que concordaram totalmente, encontramos 10 alunos que justificaram a total concordância apenas descrevendo diferenças entre os dois domínios, sendo que destes 06 apontaram diferenças do tipo estrutural²⁴ e dimensional²⁵, 03 levantaram apenas a diferença dimensional e 01 apenas a estrutural. E, entre estes 10 estudantes, houve apenas 01 que apontou uma característica semelhante entre o CD e o modelo atômico:

“O modelo de Dalton não pode ser comparado a um CD, pois este último, apesar de ter uma forma circular, é achatado e não é inteiriço. Os átomos do modelo de Dalton eram esféricos e diferenciavam-se em tamanho e características físico-químicas” – (D₃ – grifos nossos)

Destacamos a justificativa deste estudante por encontrarmos nela uma série de elementos interessantes e importantes para a nossa discussão. Primeiramente observamos que o estudante demonstrou uma certa resistência com

²⁴ Estamos chamando de diferença estrutural aquela que se refere a alguma característica relacionada a estrutura de algum dos dois domínios, como por exemplo, o “buraquinho” existente no meio do *compact disc*.

²⁵ E chamamos de diferença dimensional aquela relacionada à tridimensionalidade do modelo atômico ou a bidimensionalidade, indicada por alguns estudantes, do *contra-análogo*

a comparação entre o modelo atômico e o *compact disc*. Acreditamos que esta resistência se deve, normalmente, à associação habitual que cotidianamente é feita entre o ato de se comparar com a possibilidade de se encontrar semelhanças entre as estruturas comparadas. Seria como se somente fosse possível fazer uma comparação entre duas coisas que de fato fossem semelhantes, sendo dessa forma um *paradoxo* comparar coisas diferentes. Em nosso trabalho pensamos diferente: a comparação é um meio para se evidenciar a diferença.

Em segundo lugar, vimos uma expressão utilizada pelo estudante que se apresenta como mais um aspecto a ser discutido nas *construções contra-analógicas*: **“apesar de”**. Embora não tenha demonstrado certa aceitabilidade com a comparação proposta, esta expressão indica o reconhecimento de elementos de correspondência entre aspectos das estruturas comparadas. Acreditamos que toda contra-analogia, a princípio, carregaria um “apesar de” que a potencializa e justifica sua construção. *Mas será que realmente toda contra-analogia deve carregar essa conjunção para ser considerada como relevante?* Pensamos ser esta mais uma questão que possa suscitar novos estudos. E, esse reconhecimento indicado pela expressão nos remete à figura 16, que apresenta a interseção necessária entre os domínios comparados.

Outro aspecto que consideramos bastante interessante para o nosso estudo foi a possibilidade de se identificar através das justificativas o “caminho” percorrido por alguns destes estudantes, incluindo D₃, no estabelecimento do raciocínio aqui considerado como *contra-analógico*. Entre os 10 estudantes que concordaram totalmente com a comparação e levantaram diferenças entre os domínios, foi possível identificar esse caminho. Alguns alunos (D₃, J₃ e S₃) desenvolveram o caminho **contra-análogo-alvo**: primeiro descreveram algumas

características do contra-análogo para, a partir delas, mostrar as diferenças do alvo.

O estudante S₃, por exemplo, escreveu:

“O CD é um disco bem fino e não satisfaz as características do átomo”

Outros (L₃, W₃, X₃) desenvolveram o caminho **alvo–contra-análogo**: levantaram as diferenças a partir de características descritas para o modelo atômico.

Como fez o estudante X₃:

“Um átomo não apresenta características similares a de um CD. Já que não acho que o átomo é achatado”.

E ainda houve 04 alunos que descreveram diferenças desenvolvendo um raciocínio por uma via semelhante; primeiro descreveram o alvo a partir do conhecimento sobre outro veículo e depois, pelo raciocínio *contra-analógico* o fizeram considerando as características do CD. Como fez o estudante I₃ ao escrever:

“Porque o átomo é como uma esfera maciça e não como uma circunferência com um vácuo no meio” – (I₃ – grifo nosso)

Parece-nos que o caminho alvo–contra-análogo é, assim como o caminho alvo-análogo é para as analogias, o caminho mais comum, ou o primeiro a ser percorrido em decorrência das próprias construções analógicas e contra-analógicas. Por exemplo, ao sugerir que o modelo atômico de Dalton é como uma bola de sinuca ou, ainda, que ele não é como um *compact disc*, nos parece que o imediatismo intrínseco ao pensamento nos conduz primeiro a descrever ou a visualizar as características do modelo atômico, para somente depois buscar no domínio familiar elementos correspondentes ou não-correspondentes. Vale ressaltar que estamos considerando o caso de um estudante que já havia entrado em contato com as primeiras noções estruturais do domínio alvo.

Ao considerar os 02 estudantes que assinalaram concordar parcialmente, percebemos que o estudante G₃, mesmo tendo apresentado confusões entre teorias atômicas ao mencionar a existência de núcleo e eletrosfera para a teoria de Dalton, também utilizou a expressão conjuntiva “apesar de”, indicando o reconhecimento de algum elemento de semelhança entre o veículo e o seu modelo mental para a estrutura atômica. Esse aluno escreveu:

“Apesar da ‘borda’ do CD poder representar a eletrosfera do átomo, no CD o ‘núcleo’ é vazio, e sabemos que todo o átomo possui um núcleo” – (G₃ – grifo nosso)

O outro estudante justificou concordar parcialmente reconhecendo alguma semelhança estrutural entre o modelo atômico e o *compact disc*. Esse reconhecimento foi feito pela via alvo–contra-análogo; a diferença entre as estruturas comparadas foi indicada a partir de uma característica do alvo não encontrada no contra-análogo.

4.4.3.2.3 3ª comparação

Para a relação analógica estabelecida entre um pudim de passas e o modelo atômico de Thomson, 11 estudantes concordaram totalmente, 09 concordaram parcialmente, 03 discordaram parcialmente, 01 discordou totalmente, 01 não souber responder. E, do mesmo modo que procedeu na primeira comparação, o estudante O₃ não assinalou sua opinião.

O gráfico 7 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 7.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

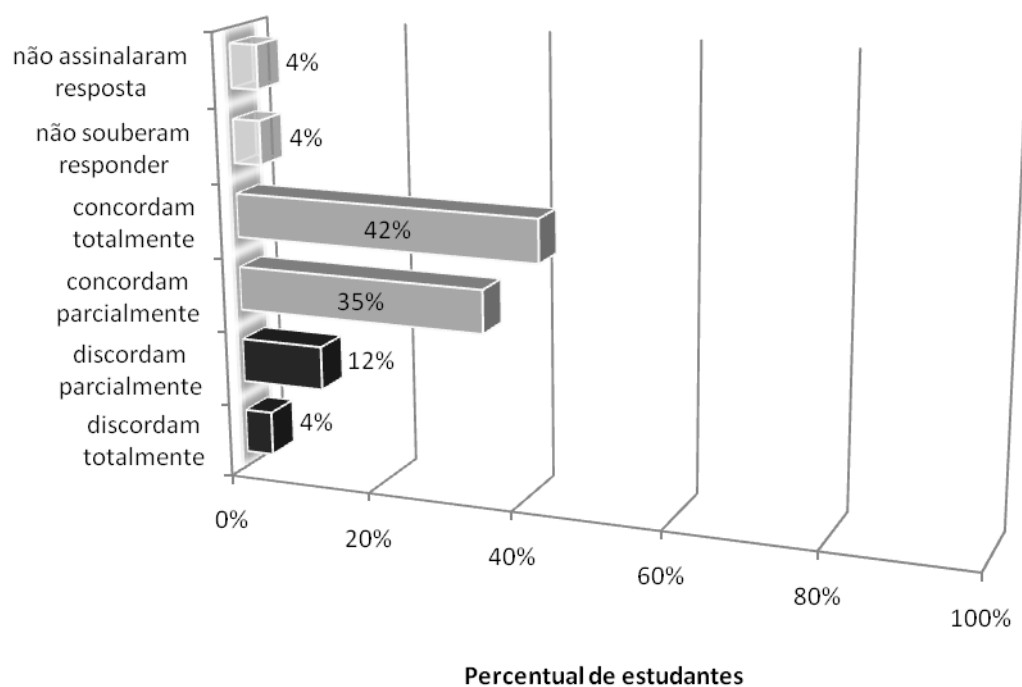


Gráfico 7 – Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.

Fonte: Original, 2008.

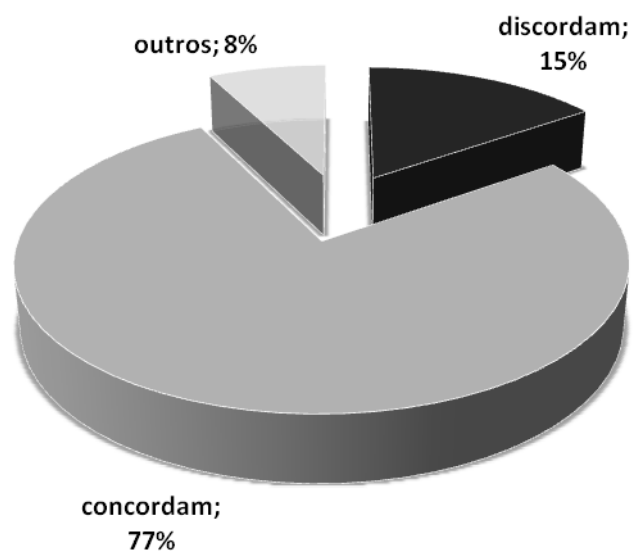


Gráfico 7.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, 2006.

Fonte: Original, 2008.

De acordo com a análise feita da justificativa dada pelo estudante J₃, que assinalou não saber responder, percebemos que este não estabeleceu nenhuma relação analógica entre os dois domínios comparados. Sua justificativa está reproduzida a seguir:

“Porque eu não faço a mínima idéia do que tem haver com um pudim de passas em que sentido” (J₃)

Da mesma maneira o único estudante que assinalou discordar totalmente não reconheceu relação alguma entre os domínios. Neste caso o motivo provavelmente esteja relacionado à sua concepção equivocada do modelo em questão, segundo a sua justificativa:

“Pois não tem nada a ver um átomo ser um pudim de passas com cargas negativas, pois o átomo é uma partícula de carga positiva” (H₃)

Já entre os 11 estudantes que concordaram totalmente com a comparação entre o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas, todos fizeram menção a algum aspecto semelhante ou correspondente entre as duas estruturas, não citando, porém, nenhuma diferença. Dentre as justificativas analisadas destacamos a do estudante V₃:

“Concordo totalmente, pois esse ‘pudim de passas’ foi seu primeiro exemplo de átomo (...)” (V₃)

A justificativa deste estudante nos sugere que embora tenha reconhecido algum aspecto da relação analógica decorrente da comparação proposta, para ele não há uma distinção clara entre o que seria um análogo e o que seria um exemplar. Como sinaliza Mól (1999), em situações de ensino é necessário que se defina de

forma mais precisa e diferenciada cada um dos termos a fim de evitar situações ambíguas.

Entre os 09 estudantes que concordaram parcialmente com a comparação houve apenas 04 que mencionaram na justificativa algum aspecto diferente entre os dois domínios comparados. Foram citadas diferenças relacionadas à distribuição dos elétrons e das passas e ao formato das estruturas. Os outros 05 estudantes, mesmo tendo concordado parcialmente, não levantaram nenhuma limitação da analogia em questão. Dentre estes cinco destacamos a justificativa do S₃ reproduzida a seguir:

“O pudim de passas pode ser imaginado de diversas maneiras, ou seja, é muito subjetiva a idéia. Mas mesmo assim é uma boa comparação com o modelo de átomo de Thomson e cria um símbolo para tal, a fim de facilitar sua visualização e entendimento” (S₃ – grifos nossos)

A análise desta justificativa nos permite perceber o grau de compreensão deste estudante com relação a diversos aspectos intrínsecos à concepção de modelos em ciências e ao uso de analogias para a aprendizagem dos mesmos. Vale ressaltar que este nível de compreensão não tem sido comum de se encontrar em nossos estudos.

Há que se considerar ainda que destes 09 estudantes houve 06 que levantaram semelhanças entre os domínios comparados – um número maior que aqueles que levantaram diferenças. Destacamos a justificativa do estudante T₃ que, numa espécie de “mapeamento mental” de correspondências, desenvolveu o caminho **alvo-análogo** a fim de modelar este último aumentando o número de características semelhantes.

“Concordo parcialmente, pois Thomson diz que o átomo possui uma massa positiva com elétrons incrustados tanto dentro como na superfície. Portanto esse ‘pudim de passas’ teria que apresentar passas em sua massa” (T_3 – grifo nosso)

E por fim, entre os 03 estudantes que assinalaram discordar parcialmente, enquanto o estudante R_3 afirmou em sua justificativa que Thomson fez a comparação com um pudim de ameixas e não com um de passas, os outros dois mencionaram características de outros modelos atômicos em confusão com o de Thomson.

4.4.3.2.4 4ª comparação

Para a relação *contra-analógica* estabelecida entre o modelo atômico de Thomson e um “doce brigadeiro”, 09 estudantes concordaram totalmente, 06 concordaram parcialmente, 05 discordaram totalmente, 03 discordaram parcialmente e 02 não souberam responder. E, do mesmo modo que procedeu na primeira comparação, o estudante O_3 não assinalou sua opinião.

O gráfico 8 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 8.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

Quanto aos dois estudantes que não souberam responder se concordavam ou discordavam desta comparação proposta, enquanto um justificou não se lembrar da “explicação dada para esta comparação”, o outro afirmou não conhecer bem a teoria de Thomson. Completou sua justificativa dizendo que “não tem nada a ver a comparação e um átomo com um doce brigadeiro”, o que talvez lhe tivesse possibilitado assinalar a concordância total com a afirmação em questão.

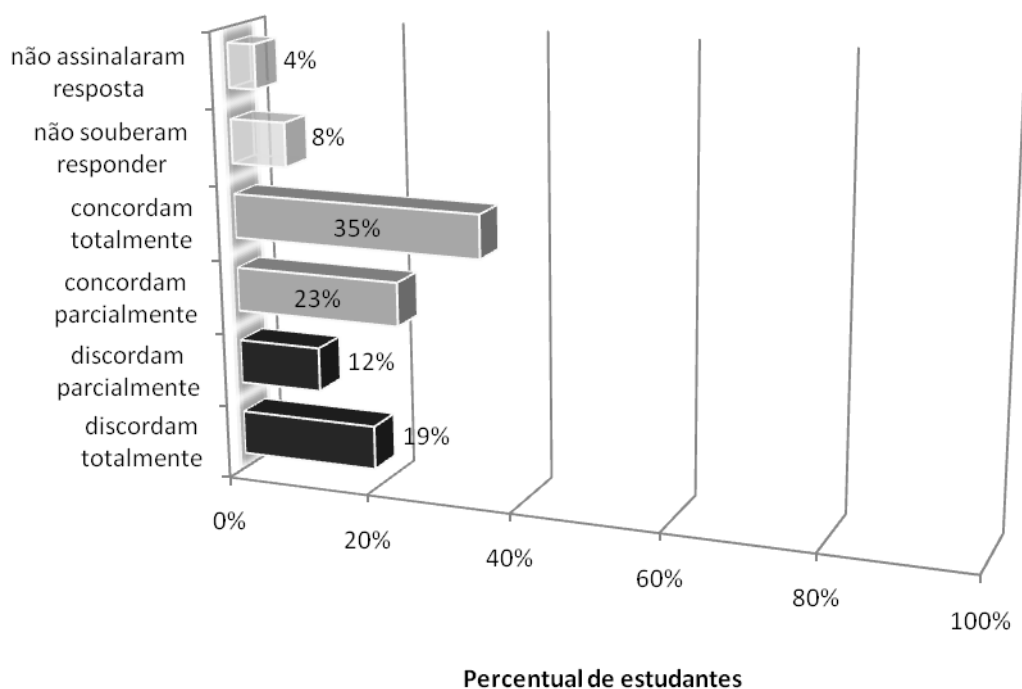


Gráfico 8 – Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.

Fonte: Original, 2008.

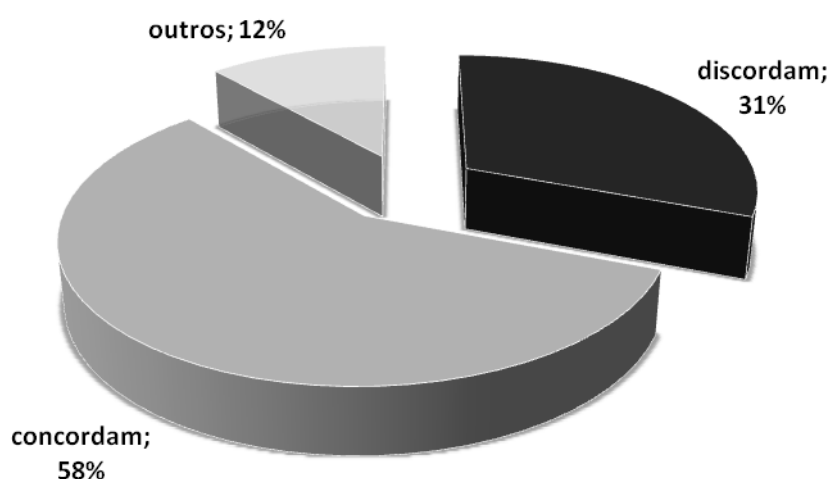


Gráfico 8.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à contra-analogia entre o modelo atômico de Thomson e um doce brigadeiro, 2006.

Fonte: Original, 2008.

Entre os 09 estudantes que concordaram totalmente com a afirmação, houve 05 que estabeleceram correspondências contra-analógicas adequadas entre os dois domínios comparados, mencionando em suas justificativas a diferença entre a distribuição interna dos elétrons na estrutura atômica sugerida pelo modelo e a distribuição superficial dos granulados na massa do doce brigadeiro. Destacamos a justificativa do estudante A_3 que descreveu um raciocínio no sentido *alvo–contra-análogo* e a do estudante S_3 que desenvolveu o caminho *contra-análogo–alvo*.

“Não pode ser como um brigadeiro, pois de acordo com o modelo existem partículas dispersas dentro da ‘massa uniforme de carga positiva’, que deve ser visível em um modelo de comparação, como as passas de um pudim” (A_3)

“O doce de brigadeiro apresenta chocolate granulado apenas em sua superfície, o que se contrapõe ao modelo de Thomson, que diz que partículas negativas ‘incrustadas’ na massa, carga positiva do átomo” (S_3)

Entre estes cinco estudantes houve um (Q_3) que, embora tenha concordado com a afirmação, demonstrou certa confusão entre os domínios comparados ao escrever que “dentro do brigadeiro não há partículas positivas e negativas”.

Há que se considerar também que entre estes 09 estudantes que concordaram totalmente não encontramos nenhuma citação explícita de aspectos semelhantes entre os domínios. Houve, inclusive, dois estudantes que afirmaram não “ver” nenhuma semelhança entre os mesmos, como podemos perceber através da justificativa a seguir:

“Pois não vejo semelhanças entre um brigadeiro e um átomo” (K_3)

Entre os 06 estudantes que concordaram parcialmente com a contra-analogia, apenas 03 levantaram correspondências contra-analógicas adequadas entre as estruturas comparadas, citando a diferença entre a distribuição dos elétrons na estrutura atômica e a dos granulados na massa do doce, como o estudante C₃:

“O brigadeiro tem a parte do doce (massa positiva) e o granulado (que seria os elétrons). A diferença é que num brigadeiro o granulado não fica no meio, fica por fora” (C₃ – grifo nosso)

E assim como o estudante C₃ levantou semelhanças que provavelmente o fez concordar parcialmente, todos os 06 citaram alguma característica semelhante e/ou correspondente entre os dois domínios.

Analisando as justificativas apresentadas pelos 03 estudantes que discordaram parcialmente da contra-analogia verificamos que para estes não haveria nenhuma limitação relevante ao se comparar o modelo atômico de Thomson com um doce brigadeiro, isto é, para eles as duas estruturas apresentam semelhanças importantes. Consideramos relevante a observação feita pelo estudante N₃ que escreveu:

“O átomo pode se parecer com um brigadeiro, mas discordo que os elétrons que seriam representados com o granulado estejam tão próximos” (N₃)

Entre os 05 estudantes que discordaram totalmente verificamos em suas justificativas algumas divergências: enquanto dois (I₃ e Z₃) estudantes justificaram a discordância levantando alguma semelhança entre o modelo atômico de Thomson e o doce brigadeiro, houve outros dois que se contradisseram afirmando que o átomo não seria como um brigadeiro – os estudantes L₃ e P₃.

“O átomo não seria como um brigadeiro (...)” (L₃)

“(...) o brigadeiro não se compara com o átomo” (P₃)

Com relação à justificativa dada pelo estudante I₃, embora tenha mencionado o formato esférico do doce brigadeiro como semelhante ao modelo atômico, percebemos que o seu modelo mental para a estrutura atômica é equivocada, uma vez que, para ele, os elétrons estariam distribuídos pela superfície da esfera de carga positiva:

“Pois, seria como brigadeiro, devido a sua forma; uma esfera cujos elétrons estão dispersos na superfície dela” (I₃)

Houve ainda um estudante (U₃) que justificou não concordar totalmente dizendo que não se lembrava de nenhuma comparação feita com o brigadeiro durante a aula sobre a teoria de Thomson ou na pesquisa que havia feito.

4.4.4 3ª PARTE – B: SISTEMA SOLAR E MODELOS ATÔMICOS DE RUTHERFORD E DE BOHR

Os dados a seguir referem-se às respostas dadas pelos 14 estudantes da 1ª série do ensino médio ao serem solicitados a desenhar e descrever o que entendiam sobre o sistema solar, a compará-lo com os modelos atômicos de Rutherford e o de Bohr, além de justificar a resposta dada para o grau de concordância ou discordância quanto à comparação proposta entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar.

Os desenhos e as descrições feitas por cada estudante foram analisados segundo alguns critérios previamente estabelecidos. Procuramos identificar, tanto no desenho quanto na descrição, o destaque dado ao Sol, a representação das órbitas, a quantidade de planetas bem como a disposição e o tamanho dos mesmos.

O quadro 13 reúne as principais características de acordo com os critérios anteriormente apresentados.

Quadro 13 – Características verificadas nos desenhos e nas descrições feitas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM a respeito do sistema solar, 2006.

Estudante	Destaque ao Sol	Representação das órbitas	Quantidade de planetas	Disposição dos planetas	Tamanho dos planetas	Obs.:
A ₁	Maior à esquerda	Desenhou apenas uma seção de linha contínua	09	Todos em um mesmo eixo	Distinto	
B ₁	Ao centro	Concêntricas e pontilhadas	09	Aleatória	Igual	
C ₁	Ao centro	Não desenhou nem descreveu	09	Em espiral	Distinto	
D ₁	Maior à esquerda	Seção de linhas contínuas	09	Todos em um mesmo eixo	Igual	Citou o modelo atômico
E ₁	Maior ao centro	Não desenhou nem descreveu	09	Aleatória	Distinto	
F ₁	Ao centro	Concêntricas e pontilhadas	06	Aleatória; um em cada órbita	Distinto	Desenhou estrelas
G ₁	À esquerda e acima	Não desenhou, mas descreveu	11	Todos em um mesmo eixo	Praticamente igual	
H ₁	Ao centro	Concêntricas e contínuas	02	Aleatória; um em cada órbita	Igual	
I ₁	Maior ao centro	Concêntricas, coplanares e contínuas	04	Aleatória; um em cada órbita	Distinto	Citou a atração gravitacional
J ₁	Ao centro	Elípticas e contínuas	09	Todos em um mesmo eixo	Praticamente igual	
K ₁	Maior ao centro	Não desenhou, mas descreveu	09	Aleatória	Distinto	
L ₁	Maior ao centro	Não desenhou, mas descreveu	09	Ao redor eqüidistantes	Igual	Destaque a Saturno
M ₁	Maior	Não desenhou	07	Aleatória	Distinto	“planetas possuem uma trajetória”
N ₁	Maior ao centro	Concêntricas, coplanares e contínuas	03	Aleatória; um em cada órbita	Igual	Planetas desenhados diferentemente

FONTE: Original, 2008.

De acordo com os elementos apresentados no quadro 13 percebemos, através dos modelos expressos, que a imagem de sistema solar destes estudantes possui características diversificadas umas das outras. No apêndice C estão

apresentados os desenhos elaborados pelos 14 estudantes inquiridos para representar o sistema solar.

Em praticamente todas as descrições encontramos referência ao movimento dos planetas em torno do Sol através de suas órbitas, como descreveu o estudante K₁, por exemplo.

“O sol no centro e os planetas ao seu redor em sua órbita” (K₁)

No entanto, encontramos 04 descrições que sugerem ter havido uma recorrência mental a algum modelo atômico (provavelmente o de Bohr) ao apresentar as características do sistema solar. Podemos dizer que tal recorrência caracteriza aquela via de raciocínio analógica a qual denominamos como “caminho alvo-análogo”, uma vez que o domínio familiar (o sistema solar) foi descrito em função do que se conhecia sobre o domínio alvo (o sistema atômico). Enquanto duas implicitamente (F₁ e M₁) a fizeram, as outras duas (D₁ e G₁) de modo bastante explícito.

“Os planetas, cada um em sua rota giram em torno do Sol, o núcleo do sistema solar” (F₁ – grifo nosso)

“O sol é o núcleo do sistema solar e os planetas possuem uma trajetória ao seu redor” (M₁ – grifo nosso)

“O sistema solar é organizado de forma que há um núcleo (o sol) e que em torno dele rodam os planetas, exatamente como o modelo atômico de Bohr” (D₁ – grifos nossos)

“Os planetas rodam em voltas do Sol, em órbita, como se estivessem em níveis e um não pode sair do seu” (G₁ – grifo nosso)

Silva & Terrazan (2005) também perceberam um aspecto semelhante nas respostas dos estudantes referente aos limites da validade das analogias com os modelos atômicos. Constataram que os alunos expressaram as falhas apresentadas

pelos modelos e que consecutivamente levaram a elaboração de um novo modelo explicativo, ou seja, não expressaram limitações do análogo, mas somente as do alvo.

Com relação a existência de semelhanças e de diferenças perguntadas no questionário a estes estudantes entre o sistema solar e os modelos de Rutherford e de Bohr, o quadro 14 reúne as que foram apresentadas por eles com suas respectivas frequências, em ordem decrescente.

QUADRO 14 – Semelhanças e Diferenças apresentadas pelos 14 estudantes da 1ª série do EM entre o sistema solar e os modelos atômicos de Rutherford e de Bohr, com suas respectivas frequências, 2006.

	VEÍCULO	ALVO	Frequência
	<i>Sistema Solar</i>	<i>Modelos atômicos de Rutherford e Bohr</i>	
SEMELHANÇAS / CORRESPONDÊNCIAS	No centro do sistema solar há o Sol	No centro do átomo há o núcleo	8
	Os planetas descrevem uma trajetória em torno do Sol	Os elétrons se movimentam em torno do núcleo atômico	7
	Os planetas se encontram em órbitas	Os elétrons possuem órbitas – níveis de energia	7
	No sistema solar há os planetas	No átomo há os elétrons	6
	O sol exerce uma força de atração sobre os planetas	O núcleo exerce uma força de atração sobre os elétrons	2
	É divisível	É divisível	1
	Seria esférico	É esférico	1
DIFERENÇAS	O Sol é bem maior que os planetas	O núcleo não é maior (ou bem maior) que os elétrons	6
	Os planetas circulam em torno do Sol em trajetórias bem definidas	No modelo de Rutherford os elétrons giram aleatoriamente/livremente ao redor do núcleo	5
	Os planetas não mudam de órbita	Os elétrons podem mudar de nível	3
	Há apenas um planeta por órbita	Pode haver mais de um elétron por órbita	2
	Os planetas não poderiam ganhar ou perder energia	Os elétrons podem ganhar ou perder energia	2
	Há 09 planetas e, portanto, 09 órbitas	Há somente 07 níveis de energia	1
	Quantidade de planetas	Quantidade de elétrons	1

FONTE: Original, 2008.

De acordo com o quadro 14 podemos perceber que os aspectos semelhantes mais relevantes para este grupo de estudantes estão relacionados às

estruturas dos sistemas comparados – o solar e o atômico. Com relação aos aspectos diferentes, o tamanho relativo do Sol em comparação com o tamanho relativo do núcleo atômico foi o mais indicado pelos estudantes, embora tenha sido indicado apenas por seis destes.

A fim de complementar nossa discussão em torno do modo como estes estudantes interpretam a comparação entre o modelo atômico de Rutherford/Bohr e o sistema solar, consideramos válido apresentar alguns pontos destacados por Figueiredo & Silva (2007). Discutem que os livros didáticos (de Física) do ensino médio, ao abordarem o tema modelos atômicos, habitualmente comparam a estrutura atômica com o sistema solar. Todavia, geralmente não explicitam o modelo planetário a que se referem, se o de Copérnico²⁶, se o de Kepler²⁷; não mencionam que o modelo utilizado para apresentação do átomo é inconsistente com a realidade; não fazem o levantamento histórico de seu desenvolvimento; costumam trocar os modelos entre os cientistas que os propuseram; não esclarecem a distinção entre fenômenos microscópicos e macroscópicos; não explicitam as limitações que levaram um modelo a ser superado por outro, nem as semelhanças e diferenças levantadas por essa analogia.

Figueiredo & Silva (2007) complementam a discussão apresentando um quadro com semelhanças e diferenças entre os modelos atômicos de Rutherford, de

²⁶ Copérnico, Nicolau (1473-1543): astrônomo e matemático polonês. Ficou famoso por suas pesquisas em cosmologia publicadas no livro *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre as revoluções das esferas celestes). Criou um modelo heliocêntrico do sistema solar, afirmando que tanto a Terra como os outros planetas conhecidos na época giravam em torno do Sol. O seu modelo descreve o movimento dos planetas em órbitas circulares. (RODITI, 2005; FIGUEIREDO & SILVA, 2007)

²⁷ Kepler, Johannes (1571-1630): astrônomo e matemático alemão. Kepler acreditava no sistema heliocêntrico proposto por Copérnico e determinou três leis do movimento dos planetas – as leis de Kepler. O seu modelo descreve o movimento dos planetas em órbitas elípticas. (RODITI, 2005; FIGUEIREDO & SILVA, 2007)

Bohr, entre outros, e o sistema solar. O quadro 15 reproduz a elaboração desses autores.

Quadro 15 – Comparação entre sistemas planetários e modelos atômicos, proposto por Figueiredo & Silva (2007).

	Sistema planetário	Modelo atômico
SEMELHANÇAS	No sistema de Copérnico, os planetas percorrem órbitas circulares em torno do Sol.	No modelo de Rutherford (1911) e mais tarde no modelo de Bohr (1913), os elétrons percorrem órbitas circulares em torno do núcleo do átomo, formado por prótons e nêutrons.
	No sistema de Kepler, os planetas percorrem órbitas elípticas em torno do Sol.	No modelo de Sommerfeld (1916), os elétrons percorrem órbitas elípticas em torno do núcleo.
	Os planetas apresentam movimento de rotação em torno de seu próprio eixo e de translação em torno do Sol.	Os elétrons possuem movimento de rotação em torno de seu próprio eixo (spin) e de translação em torno do núcleo do átomo.
	A força gravitacional prende os planetas em sua órbita em torno do Sol e pode ser calculada pela equação da Lei da Gravitação: $F = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$ em que: G é a constante de gravitação universal m₁ e m₂ são as massas dos corpos em questão d é a distância de um planeta ao Sol.	A força elétrica prende os elétrons em sua órbita em torno do núcleo e pode ser calculada pela equação da Lei de Coulomb: $F = \frac{Kq_1q_2}{d^2}$ em que: K é a rigidez dielétrica do meio q₁ e q₂ são as cargas dos corpos em questão d é a distância de um elétron ao núcleo.
	Se, por exemplo, uma estrela passar próxima de um planeta, este terá sua órbita modificada muito ou pouco.	Para estados excitados de energias elevadas, os efeitos quânticos tornam-se imperceptíveis. Os átomos podem ser afetados por qualquer quantidade de energia, como um sistema planetário comum.
DIFERENÇAS	Os planetas possuem diferentes formas (uns têm anéis, outros não) e cores, de acordo com os gases que formam suas atmosferas, além de diferentes massas.	“Imagina-se” que os elétrons possuam a mesma forma e a mesma massa. São indistinguíveis, pois até hoje não foram observados diretamente, assim como os prótons e nêutrons.
	Os planetas percorrem órbitas que, aproximadamente, acham-se dispostas num mesmo plano (plano da eclíptica), com exceção de plutão que gira em um plano inclinado em relação à elíptica.	Em um átomo, as órbitas dos elétrons não estão confinadas a algum plano, podendo girar em qualquer plano, portanto.

Quadro 15 (continuação) – Comparação entre sistemas planetários e modelos atômicos, proposto por Figueiredo & Silva (2007).

DIFERENÇAS	Os planetas podem ocupar qualquer órbita em torno do Sol.	Quando um elétron possui valores de energia próximos ao estado fundamental, ele não pode percorrer qualquer órbita em torno do núcleo, devido às regras de quantização de energia. Quando ele se encontra em determinada órbita, para mudar para uma mais afastada do núcleo, por exemplo, deve receber quantidades bem definidas de energia.
	Se um asteróide se chocar contra um planeta, este poderá desviar sua órbita e ocupar qualquer outra.	Se uma partícula se “chocar” contra um elétron e este ainda se mantiver ligado ao átomo, ele não poderá ocupar qualquer órbita devido às regras de quantização de energia, sendo deslocado para órbitas bem definidas dependendo da energia recebida.

FONTE: FIGUEIREDO & SILVA (2007).

Retomando nossa discussão, ao serem solicitados a assinalar o grau de concordância ou discordância quanto à comparação entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr, **todos os 14 estudantes inquiridos demonstraram concordar com a mesma**, sendo que 10 concordaram parcialmente enquanto apenas os outros 04 concordaram totalmente.

O gráfico 09 apresenta esses resultados em termos percentuais.

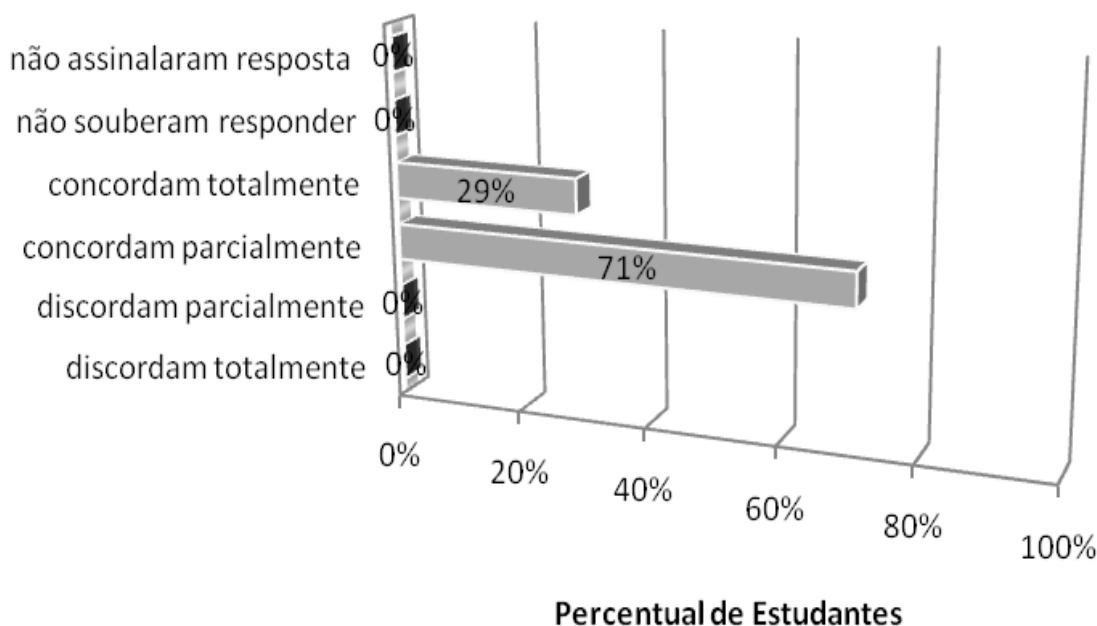


Gráfico 9 – Respostas dos estudantes da 1ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, 2006.

Fonte: Original, 2008.

É interessante perceber que, de acordo com análises feitas de outras partes do questionário aplicado a este mesmo grupo de estudantes, ao serem perguntados sobre alguma analogia que haviam conhecido durante os estudos sobre cada um destes modelos atômicos, apenas 06 citaram o sistema solar como análogo ao modelo atômico de Bohr (como análogo ao modelo atômico de Rutherford esse número foi ainda menor – 04 estudantes). Também é interessante perceber que entre os 10 estudantes que concordaram parcialmente com a comparação, 08 justificaram a resposta apresentando diferenças entre os domínios comparados. E que até mesmo entre os 04 que concordaram totalmente houve 02 estudantes que mencionaram a existência de alguma diferença ou a possibilidade de limitações nesta comparação. Acreditamos que tais observações feitas pelos estudantes, neste caso (diferentemente das comparações analisadas na parte A), se devem ao fato de ter sido solicitado aos inquiridos primeiramente a descrição e o levantamento de características semelhantes e diferentes a respeito do veículo, para

somente depois ter sido solicitado a marcação quanto ao grau de concordância ou discordância quanto à comparação com o alvo.

A fim de enriquecer nossas observações, destacamos e reproduzimos justificativas apresentadas por alguns destes 14 estudantes.

“Os elétrons de acordo com o conteúdo energético mudam de camada o que não acontece com os planetas sendo uma analogia não coerente para o modelo” (A₁; concordou parcialmente – grifo nosso)

“Concordo parcialmente porque eles não são idênticos (...)” (E₁)

“A idéia da atração e da trajetória devem ser consideradas. A idéia da dimensão deve ser descartada” (M₁; concordou parcialmente)

“O átomo é como, não totalmente igual ao sistema solar. Há proximidade de semelhanças” (L₁; concordou totalmente – grifos nossos)

E, por fim:

“Eu concordo totalmente com essa afirmação pois o modelo de Bohr tem a eletrosfera dividida em níveis eletrônicos, o núcleo e um ‘caminho’ certo para o elétron, exatamente como os planetas rodando em torno do Sol, mas com a diferença do nº das ‘camadas’ – planetas e níveis eletrônicos” (D₁ – grifos nossos)

Finalizamos o questionário com este grupo de estudantes perguntando o que eles entenderiam a respeito do átomo caso fosse afirmado pelo professor de química que “o átomo, de acordo com a teoria de Bohr, não é como o sistema solar”. Partimos do pressuposto que uma afirmação como esta, falada por um professor, portaria valor, isto é, mediante a autoridade de alguém que possui conhecimento, a afirmação não poderia ser desconsiderada ou negligenciada, devendo sim ser tomada para reflexão.

Ao serem solicitados a responder o que entenderiam sobre o átomo caso fosse afirmado, pelo professor de química, que o modelo proposto por Bohr não é como o sistema solar, 07 estudantes afirmaram que considerariam a inexistência de órbitas na estrutura atômica. Outros estudantes também mencionaram alguma outra característica estrutural que imaginariam o átomo não possuir. Entre as respostas analisadas destacamos alguns elementos como na do estudante J₁ que escreveu entender que o átomo seria como proposto no modelo de Rutherford. Outros estudantes afirmaram entender que entre o átomo e o sistema solar há diferenças importantes que deveriam ser esclarecidas. Entre tais respostas destacamos a do estudante D₁.

“Eu entenderia que o átomo apresentaria diferenças consideráveis ao sistema solar: o Sol não é como o núcleo, ele é muito maior que todos os planetas – totalmente diferente do núcleo. Os elétrons de um átomo apresentam as mesmas características, já os planetas são bem diferentes. Eu só levaria em consideração a idéia de nível – mas mesmo assim o n^o é diferente. 9 para os planetas e 7 para o nível eletrônico” (D₁ – grifos nossos)

Analisando o conjunto de respostas destes estudantes mais uma vez percebemos o apelo estrutural levantado pela analogia entre o modelo atômico questionado e o sistema solar. Embora tenhamos encontrado respostas que apontavam para importantes diferenças entre os dois domínios, o mesmo não aconteceu para aspectos funcionais, isto é, características que dizem respeito não somente à estrutura, mas também ao modo como os elementos interagem entre si (NAGEM, 1997).

Consideramos importante também o fato de um estudante (F₁) ter mencionado a possibilidade de imaginar o átomo, mediante a afirmação feita pelo

professor, parecido com outra estrutura – uma fruta, que segundo ele, possui uma semente capaz de representar o núcleo e a casca para representar a eletrosfera.

Ao serem solicitados a responder se consideravam a afirmação, porventura feita pelo professor, como sendo útil ou interessante para que se pudesse compreender melhor o modelo proposto por Bohr, enquanto apenas 02 estudantes responderam não ser útil nem interessante, houve 01 que afirmou ser interessante, mas não útil; por outro lado, houve 01 que disse depender da explicação dada pelo professor, 03 que afirmaram ser útil e interessante e 07 que disseram ser útil.

Entre os que responderam não ser útil mesmo sendo simplesmente interessante, encontramos um estudante que justificou haver semelhanças entre os dois domínios, e outros que mencionaram a possibilidade de ocorrer confusão com relação ao que havia aprendido sobre o modelo em questão. Destes estudantes, o que afirmou ser interessante embora não útil, julgou a afirmação como causadora de uma curiosidade que o levaria a “pesquisar sobre o assunto”.

Entre as justificativas daqueles que consideraram a afirmação como sendo útil e/ou interessante encontramos uma variedade de justificativas. Houve estudantes que mencionaram a possibilidade decorrente de se pensar em outro análogo ou ao menos de outra maneira as características do modelo atômico, como nas justificativas dos estudantes J_1 e N_1 :

“Essa afirmação é útil pois assim podemos descartar a possibilidade dele ser como um sistema solar e o imaginaremos de outra forma” (J_1 – grifo nosso)

“Eu a considero útil já que faz com que nós possamos fazer outra comparação em relação ao objeto análogo” (N_1 – grifo nosso)

Outro estudante afirmou ser útil devido ao fato da analogia com o sistema solar, segundo o mesmo, não “definir por completo” a estrutura de um átomo.

Para o estudante M₁ a afirmação é útil por permitir que sejam descartadas “as informações que não são corretas” na comparação entre os dois domínios.

Houve também um estudante que considerou a afirmação como sendo útil simplesmente pelo fato de ter sido apresentada pelo professor, embora também tenha considerado que a mesma não facilitaria sua percepção a respeito do modelo atômico de Bohr.

E por fim, destacamos as justificativas dos estudantes D₁, H₁ e L₁. Analisando as justificativas apresentadas por estes três estudantes, encontramos importantes elementos que pesquisas têm apontado no que diz respeito ao uso de comparações para o ensino de conceitos e modelos científicos – sejam estas analogias ou o que neste trabalho chamamos de contra-analogias.

As respostas destes estudantes estão reproduzidas a seguir:

“Sim, eu considero esta afirmação útil e interessante para que se possa compreender melhor este modelo ou estrutura do átomo, pois ao fazermos analogia, às vezes esquecemos das diferenças, o que é muito importante para não nos confundirmos. E enfatizando a diferença entre o real e a comparação, conseguimos idealizar melhor o modelo atômico” (D₁ – grifos nossos)

Eu considero interessante e útil se quem falou explicasse a diferença, pois assim estaria claro o que ela quis dizer e contribuiria para a minha aprendizagem. Porém se visse essa frase sem uma explicação, seria horrível, pois iria me confundir, assim me prejudicando” (H₁ – grifos nossos)

“Depende se caso ele for explicar as semelhanças dos dois e as diferenças, isso é muito importante, pois deixa tudo bem mais claro. Porém se focar só nas diferenças dos dois, fica meio incompleto e muitas vezes confuso, assim como em algumas analogias. É preciso relevar os dois aspectos (diferenças e semelhanças)”
(L₁ – grifos nossos)

Reiterada nas justificativas destes estudantes, a necessidade de se mapear tanto os aspectos diferentes quanto os semelhantes entre domínios comparados também deve ser a tônica no possível uso de contra-analogias para o ensino de ciências. E da mesma forma que o mero (ou indiscriminado) foco nos aspectos semelhantes, no uso de analogias, poderia causar equívocos na aprendizagem do conceito alvo, entendemos que uma contra-analogia, meramente focada nas diferenças entre o domínio familiar e o domínio alvo, não favoreceria a compreensão deste último.

Consideramos, portanto, que para alcançar o seu fim pretendido – a aprendizagem do conceito alvo – uma contra-analogia deva ser apresentada, normalmente, como um complemento de outra comparação (uma analogia), de modo que o aluno, mediado pelo professor, possa construir seu modelo mental para o conceito/modelo científico proposto.

4.5 ANÁLISE DA TRANSCRIÇÃO DOS DIÁLOGOS FILMADOS DURANTE O JÚRI SIMULADO

Como já foi dito, a realização do júri simulado para se discutir as implicações decorrentes da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, mais que uma estratégia de observação participante para o presente

trabalho, constituiu parte de uma estratégia de ensino, que contou com o engajamento dos alunos investigados da turma da 3ª série do EM.

4.5.1 Desenvolvimento da dinâmica – Transcrições destacadas

A dinâmica do júri simulado foi desenvolvida em dois horários de aula, tendo aproximadamente 100 minutos de duração. A abertura foi feita pelo professor (pesquisador) que estipulou para as duas equipes os tempos previstos para exposição, além de reiterar os devidos papéis dos jurados bem como os de cada equipe.

A primeira exposição foi conduzida, sem interrupções ou intervenções da outra equipe, pela equipe 1, que estava encarregada de apresentar argumentos que defendesse a analogia – “o átomo, de acordo com a teoria de Bohr, é como o sistema solar”. Logo em seguida, assim como a primeira, a equipe 2 conduziu uma exposição apresentando argumentos que defendiam a negativa – “o átomo, de acordo com a teoria de Bohr, não é como o sistema solar.

A primeira equipe, responsável por apresentar argumentos que defendessem a possibilidade da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, conduziu sua exposição apresentando uma sequência de *slides*. Iniciaram apresentando um conceito de analogia – “*proporção, correspondência; relação de semelhança entre coisas diferentes*”. Logo em seguida, disseram ter consultado uma pesquisa que relatava como alunos entendiam ou visualizam o sistema solar. Segundo eles, a maioria dos alunos conheceria bem o sistema solar, permitindo desse modo a compreensão da analogia. Prosseguindo com o conceito de analogia que haviam apresentado, insistiram que em uma analogia são estabelecidas determinadas relações de semelhança entre dois domínios, embora entre os mesmos também existam diferenças. Dessa maneira, apresentaram uma

relação de aspectos semelhantes entre o sistema solar e o modelo atômico em discussão.

A seguir reproduzimos trechos da transcrição das falas desses alunos que relataram os aspectos semelhantes.

“(...) O sistema solar: a gente pode estar comparando o sol, apesar do tamanho, como se fosse o núcleo, aqui, e as órbitas circulares onde estão concentrados os elétrons” (aluna AMD)

“As semelhanças: Foi o que eu falei né... o sol seria o núcleo e os planetas seriam as partículas, ou seja, os elétrons girando em torno do átomo e os planetas girando em torno do sol”. (AMD)

“No sistema solar os planetas não se misturam ao Sol. Assim acontece com os átomos, que não se misturam com o núcleo. Em ambos os domínios existem forças de atração. Planetas e Sol: gravidade. Elétrons e núcleo do átomo: forças eletrostáticas. A concentração de massa é muito maior no núcleo assim como no Sol. Essas são as semelhanças mais importantes”. (aluna JNA)

A figura 40 apresenta as ilustrações utilizadas pela equipe 1 para discutir as semelhanças entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar.

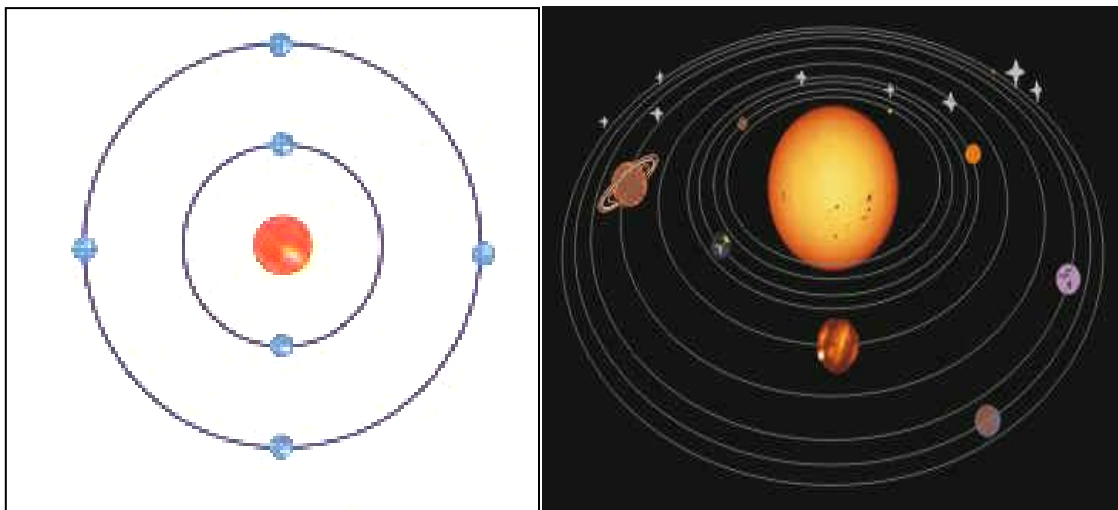


FIGURA 40 – Ilustrações utilizadas para comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar apresentadas pela Equipe I, no slide nº06.

FONTE: Arquivo Pessoal.

Após terem apresentado aspectos semelhantes, a equipe começou a relatar aspectos diferentes entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr. Mencionaram a diferença entre o formato das órbitas, os diferentes diâmetros dos planetas, as dimensões de cada domínio e a excentricidade do sistema solar. Em seguida, afirmaram que “assim nem tudo pode ser comparado”. Entendemos, pelo contexto dessa afirmação, que a equipe teve a intenção de dizer que há limitações a serem observadas nessa analogia.

Com a finalidade de corroborar seus argumentos, a equipe 1 também discorreu brevemente implicações decorrentes de analogias freqüentemente estabelecidas para outros modelos atômicos – o de Dalton e o de Thomson. A figura 41 apresenta as ilustrações que a equipe apresentou para discutir tais implicações.

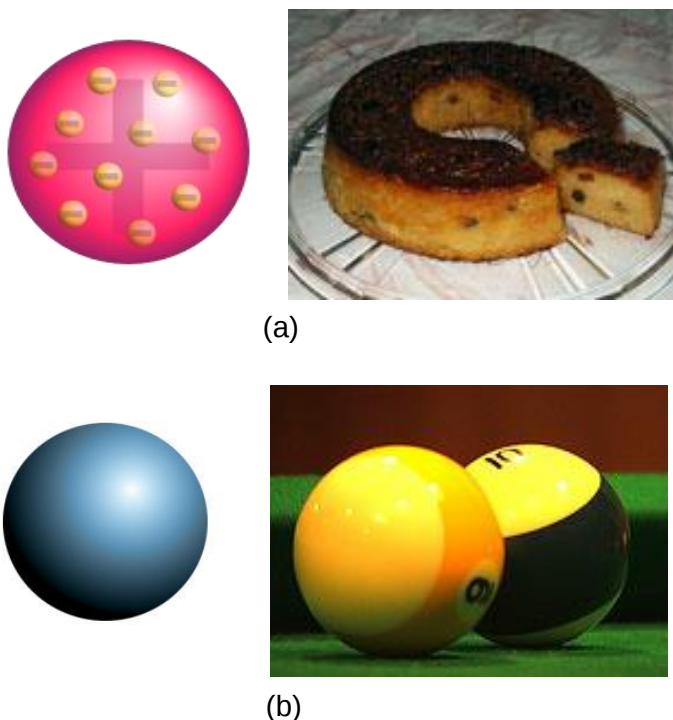


FIGURA 41 - Ilustrações utilizadas para comparação entre (a) o modelo atômico de Thomson e o pudim com passas apresentadas e (b) entre o modelo atômico de Dalton e as bolas de sinuca pela Equipe I, no slide nº11.

FONTE: Arquivo Pessoal.

A segunda equipe, responsável por apresentar argumentos que apontavam para a impossibilidade de se estabelecer comparações entre os dois domínios em questão, começou a exposição apresentando as principais características do modelo atômico de Bohr – aspectos normalmente discutidos no ensino deste modelo no ensino médio. Após a apresentação destas características começaram a expor, segundo eles, os aspectos divergentes entre o modelo de átomo e o sistema solar.

A seguir reproduzimos trechos da transcrição das falas desses alunos que relataram os aspectos diferentes.

“Diferentemente dos planetas, os elétrons não possuem órbitas fixas, podendo saltar de um nível de energia menor para um maior e vice-versa, desde que este elétron absorva ou libere energia suficiente para esta transição” (aluna CML)

“... porque um elétron pode passar de um nível pra outro, já um planeta, ele não pode pegar a sua órbita e ir para a órbita de outro planeta, e trocar; isso não pode acontecer... (aluna CML)... cada planeta tem sua órbita fixa... e não muda” (aluna FLV).

Além desta característica divergente, utilizando uma linguagem própria, os estudantes desta equipe mencionaram a possibilidade da ocorrência de ionização do átomo e a permanência dos planetas em suas respectivas órbitas; a existência de outros corpos celestes no sistema solar, como “luas” e estrelas, e a existência de elétrons, somente, na eletrosfera; a ausência de outras partículas orbitando elétrons em contraposição aos satélites em torno dos planetas; as órbitas circulares dos elétrons e as órbitas elípticas dos planetas; a força eletrostática existente entre os elétrons e os prótons, e a força da gravidade entre o sol e os planetas; a velocidade constante desenvolvida pelos planetas nos movimentos de translação e a velocidade variável dos elétrons; o diâmetro igual para todos os elétrons e os diferentes diâmetros para cada planeta.

Tais aspectos divergentes levantados pelos estudantes nos remeteram ao modelo de raciocínio analógico caracterizado pelas duas vias, apresentado nas figuras 09 e 10 (p.68 e 71, respectivamente). Podemos perceber que alguns aspectos decorrem de uma descrição do alvo a partir do que se conhece sobre o análogo (ou contra-análogo). Outros derivam do sentido oposto, isto é, da descrição do análogo a partir do que se imagina a respeito do alvo.

A seguir reproduzimos a transcrição da última fala de um dos integrantes dessa segunda equipe.

“A gente não pode fazer uma analogia entre o sistema solar e o átomo porque existem diferenças como estas que a gente falou que são berrantes. Por exemplo, se não tivesse a gravidade os planetas não iam ter esse... [apontando para os círculos de arame da montagem do sistema solar] ...o caminho definido, a velocidade... e no átomo não, os elétrons podem sair, ir para outro lugar... igual Plutão não ficou perdido... e o elétron ele se perde... (aluna FLV)... e nem como forma de representação porque a forma de representação do sistema solar, você pode falar que ela é meio plana, você pode representá-la plana, já pra o elétron não, pra ele seria espacial, eles rodam em torno do núcleo de forma variadas [mostrando o modelo de átomo feito com arame]... (aluna CML)... eles giram de forma desordenada e livre e os planetas não; eles giram de forma elíptica mas naquele mesmo plano... os elétrons têm a liberdade de... fazer um movimento livre.” (aluna LRA)

A figura 42 apresenta fotos das montagens feitas pela equipe 2, em arame e isopor, para representar as diferenças entre a estrutura atômica do modelo de Bohr e a estrutura do sistema solar.

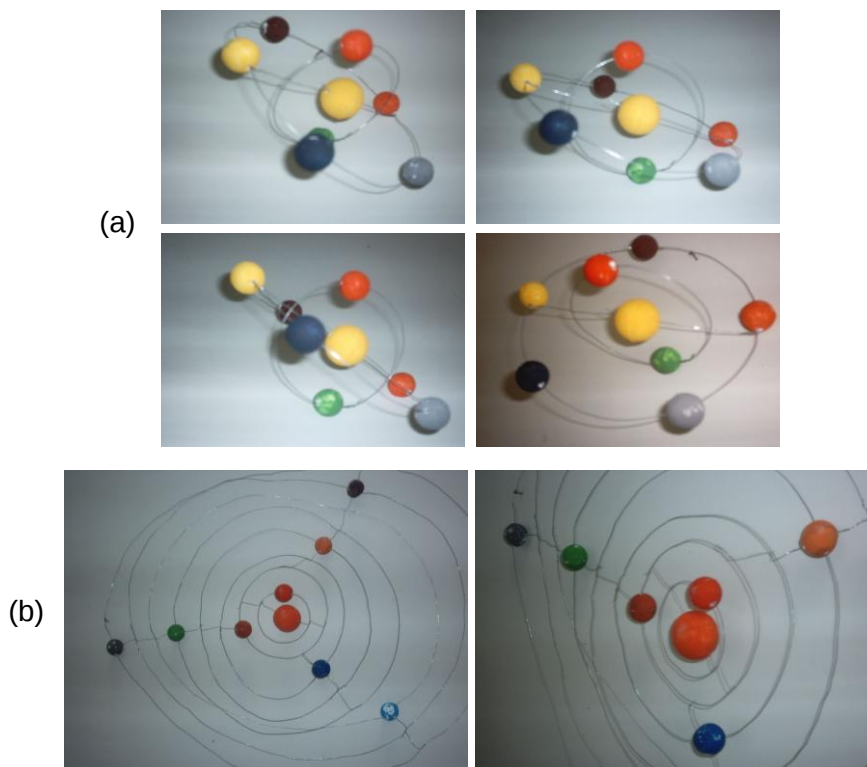


FIGURA 42 – Montagens elaboradas pelos alunos da equipe 2 para representar (a) a estrutura do modelo atômico de Bohr e (b) a estrutura do sistema solar.

FONTE: Arquivo Pessoal.

É interessante perceber nestas estruturas, feitas com arame e isopor, apresentadas na figura 42 que, embora quisessem apresentar diferenças e tenham mencionado o fato dos elétrons serem iguais entre si, diferentemente dos planetas, as cores utilizadas para pintar tanto os elétrons quanto os planetas foram as mesmas.

Após a exposição dos argumentos da equipe 2, foi dado a cada grupo a oportunidade de uma réplica. A equipe 1 retomou sua exposição afirmando conhecer bem as diferenças existentes entre o modelo atômico e o sistema solar e que apesar destas a analogia poderia ser feita, pois, segundo eles, as principais características – o núcleo e a eletrosfera – podem ser comparadas.

“O que a gente quer comparar é a disposição dos planetas com os elétrons, a disposição do núcleo, da força de atração, que apesar de não ser igual pode ser comparada. A analogia é um meio de facilitar o entendimento dos alunos.(...) Assim como o modelo de Thomson [apontando para o pudim]: o átomo não tinha esse formato; os elétrons não são como as passas... podem haver duas passas juntas, três passas juntas... pode ser que tenha um pedaço de maisena dentro do pudim... então isso tem que ser explicado pelo professor...” (aluna JNA – equipe 1)

Consideramos esta fala bastante interessante por apresentar alguns elementos que exemplificam pontos de nossa discussão vistos nas análises dos questionários: a possibilidade do estabelecimento de comparações entre conceitos/elementos diferentes – concepção de comparação; a necessidade de explanação do professor para que não ocorram transposições e elaborações mentais confusas e/ou conflituosas; e até mesmo a possibilidade de uma contra-analogia poder ser elaborada ou percebida pelos próprios estudantes. Como podemos ver na transcrição da fala da estudante JNA, ela própria apresentou uma idéia sob a forma de uma contra-analogia – “os elétrons não são como as passas”.

A equipe 2 iniciou a réplica mostrando que a outra equipe se dedicou enfaticamente com as diferenças, sendo que, segundo eles, deveriam ter se dedicado apenas com as semelhanças. A transcrição da fala da aluna FLV sintetiza a colocação da equipe com relação ao trabalho apresentado pelo outro grupo:

“Uma outra crítica que eu gostaria de fazer ao trabalho deles foi que semelhanças foram apresentadas duas e uma delas ainda errada. Falaram que os planetas estão em órbita circular e não é: é em órbita elíptica, pois tanto é que o Sol, tem momentos que a Terra está mais próxima do Sol e momentos que tá mais afastada. E foi um

slide só apresentado com semelhanças. Eu acho que o trabalho deles deveria estar mais concentrado nas semelhanças.” (aluna FLV)

Após esta fala da aluna FLV o “professor-juiz” concedeu mais um breve período para que cada equipe expusesse seus argumentos finais para os jurados.

A equipe que primeiro discorreu suas últimas idéias foi a de número 2. Destacamos a fala da aluna BBR e FLV.

“Eu acho que as diferenças que elas (equipe 1) apresentaram são maiores que as semelhanças; o número de diferenças entre o átomo de Bohr e o sistema solar é maior que o número de semelhanças... em quantidades entendeu... existem mais diferenças entre o modelo de átomo e o sistema solar do que semelhanças... (BBR) ... e talvez até não existam em quantidades maiores as diferenças do que as semelhanças, mas acho que foram apresentadas com mais clareza e em maior quantidade as diferenças do que as semelhanças (FLV)”

A equipe 1 defendeu seus argumentos retomando aquele conceito de analogia – “*relação de semelhança entre coisas diferentes*”. Destacamos as falas dos estudantes JNA e HRR.

“... a gente baseou nosso trabalho principalmente no conceito de analogia, que eu acho que essa que era a idéia do trabalho, e isso que a gente quis mostrar; o que é possível analisar dentro das seguintes semelhanças, que foram as duas mais importantes que a gente mostrou... que o resto não é possível comparar. Então a gente quis deixar claro o conceito de analogia pra demonstrar que as analogias são feitas para melhor entendimento – entendimento do sistema de Bohr que é feito de acordo com a disposição do núcleo e dos elétrons; não cabe o estudo das demais forças nem nada” (aluna JNA)

“Se você faz a comparação você não tá falando que é igual. Ele tá comparando mostrando que os elétrons não estão soltos, em qualquer lugar e sim estão numa roda definida assim como os planetas estão ao redor do Sol” (aluno HRR)

E ainda, a última colocação da aluna JNA.

“Só mais uma coisa: a gente apresentou semelhanças e diferenças, e como a gente apresentou os dois lados, quer dizer que nós estamos seguros que nossas idéias estão corretas. Pode ser comparado... nós estamos seguros... (MCH)... a gente não defendeu a tese do outro grupo... a gente só mostrou os argumentos apenas... o átomo de Bohr é sim semelhante ao sistema solar, não é igual; é semelhante. É diferente falar isso, assim como o FLP é semelhante ao HRQ, mas eles não são iguais” (aluna JNA – obs.: os alunos FLP e HRQ são irmãos gêmeos)

Finalizando a dinâmica do júri, o professor, atuando como “juiz”, solicitou que cada equipe se reunisse brevemente para em seguida responder a seguinte pergunta transcrita: *“Qual seria a vantagem de se afirmar, ou que o átomo de Bohr não é como o sistema solar ou que o átomo é como o sistema solar? A principal vantagem hein!...”*

Após terem se reunido, dois alunos da equipe 2 se propuseram responder pela mesma. Nas respostas destes alunos encontramos alguns elementos importantes para nossa discussão.

“Na analogia comparou só o que é igual, na analogia tem que comparar como um todo. Não só a igualdade que nem compararam o núcleo e as órbitas... e também não pode comparar uma coisa que é muito diferente, porque se não o aluno vai ter uma imaginação errada sobre o que é um átomo e quais são os conceitos dele...”

(aluno FPS)

A fala do aluno *FPS* mostra, como também havia sido constatado em análises anteriores, sob o ponto de vista dos estudantes, a necessidade do mapeamento minucioso das características dos domínios comparados, a fim de sejam observadas tanto as diferenças quanto as semelhanças.

A aluna *BBR*, também da equipe 2, seguindo as proposições do aluno *FPS*, apontou uma desvantagem decorrente da analogia.

“... eu acho que a vantagem dos exemplos dados como o pudim de passas, o sistema solar, a vantagem é que fica mais fácil o aluno entender, de assimilar entendeu... mas desvantagem, na minha opinião é que o aluno fica com aquilo muito na cabeça e que não é uma coisa que é tão certa, e que então ele pode errar...”

(aluna BBR)

Ao dizer que “o aluno fica com aquilo muito na cabeça”, o professor solicitou à aluna que explicasse melhor o que significaria isto. A aluna respondeu dizendo que na associação feita pelo aluno entre o sistema solar e o modelo de atômico de Bohr, ele não “entenderia” as diferenças, achando que “uma coisa é igual a outra”.

As colocações da aluna *BBR* nos remeteram às palavras de Bachelard (1996, p.93,101): “...mesmo quando se quer apagar a imagem, a função da imagem persiste. (...) ... nem sempre são imagens passageiras”.

E por fim, temos também a resposta da equipe 1. A aluna *AMD* reiterou que a importância da comparação seria a possibilidade dos alunos assimilarem os dois domínios, entendendo a imagem que estaria sendo reproduzida a fim de que – nas palavras da aluna – fixassem a informação na mente. Complementou sua resposta dizendo que é fundamental que sejam apresentadas as limitações da

analogia para que o “conceito” não fique “vago”, dificultando a compreensão dos alunos. Desse modo, segundo a estudante, a comparação seria factível, embora nem tudo seja semelhante. Segundo a aluna, estudantes que não compreendem essa analogia são aqueles que não assimilam as limitações da mesma.

4.5.2 Resultado do julgamento

Em um local separado das duas equipes, o grupo de jurados decidiu, por 6 votos a 3, que a Equipe 2 apresentou argumentos mais consistentes e convincentes.

Após a divulgação do resultado para a turma, alguns alunos do grupo de jurados pediram para fazer declarações que justificariam o resultado favorável à equipe 2.

Para a transcrição desses depoimentos, selecionamos a declaração de uma aluna e a resposta da aluna AMD (equipe 1) ao comentário.

Depoimento espontâneo dos jurados

“Apesar de eu achar que teve muita crítica tanto por parte do grupo 2 quanto por parte do grupo 1, acho que o grupo 2 conseguiu expor as idéias, expor os argumentos deles muito mais fácil, com mais clareza, e mais... (aluna HLN) ... e apresentou mais argumentos... (aluno GBL)... e teve mais certeza do que tava falando do que o grupo 1. Acho que o grupo 1 ficou muito mais preocupado em mostrar que eles tavam fazendo uma analogia, que analogia não compara só as coisas semelhantes mais as coisas erradas e... esqueceram de argumentar muito sobre as semelhanças, que era o grupo deles...” (aluna HLN)

Resposta da aluna AMD

“... é porque realmente, desde que a gente começou a pesquisar, eu e a JNA, e foi difícil pra gente conseguir fazer o trabalho. No decorrer do nosso trabalho, no decorrer da nossa pesquisa a gente viu que realmente não era como o sistema solar, que existiam mais argumentos favoráveis ao grupo 2, então foi muito difícil pra gente construir em cima de apenas duas semelhanças... eu conversei com alunos de 3º ano, com alunos de 1º ano, e todos achavam que não, ... é difícil você construir em cima de uma coisa que a maioria acha que não...”

Por meio da resposta dessa aluna podemos perceber elementos que reforçam o papel de uma contra-analogia criada a partir de uma analogia previamente conhecida ou estabelecida pelo senso comum: o “movimento de correção” evocado por Bachelard (1996); a necessidade do questionamento e da confrontação enunciada por Giordan (1996).

Mais uma vez:

... [é] essencial, portanto, criar situações científicas “perturbadoras” caso se deseje ir mais adiante na construção do saber. (GIORDAN, 1996, p.169)

E,

as intervenções do professor podem até ir mais longe, ao participar diretamente nessas confrontações, ao proporcionar opiniões contrárias ao que foi dito, ou, ainda, ao propor situações que contradizem aos esquemas de pensamento apresentados. (GIORDAN, 1996, p.172)

4.5.5 Apreciação dos estudantes sobre a dinâmica do júri simulado

Em depoimentos escritos pelos alunos que participaram da dinâmica a respeito das impressões, sentimentos ou considerações sobre a mesma, percebemos que a maioria dos estudantes demonstrou satisfação mediante a

estratégia de aula desenvolvida. Alguns alegaram sentir ansiedade ou curiosidade para saber qual seria o resultado do julgamento, e outros disseram sentir timidez ou nervosismo devido à filmagem. Muitos alunos escreveram que a dinâmica foi legal, interessante, proveitosa, produtiva, esclarecedora, e que “serviu muito” para reforçar o que já haviam aprendido a respeito do modelo atômico.

E, ao serem solicitados a assinalar o nível de concordância ou discordância com relação à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, como já haviam feito para as analogias relacionadas aos modelos de Dalton e de Thomson, enquanto 01 estudante respondeu concordar totalmente e 10 responderam concordar parcialmente com a analogia, houve 09 que discordaram parcialmente e 04 que discordaram totalmente. Houve também 01 aluno que assinalou não saber responder.

O gráfico 10 apresenta esses resultados em termos percentuais, e o gráfico 10.1 apresenta o agrupamento destes entre os que concordam e os que discordam da comparação.

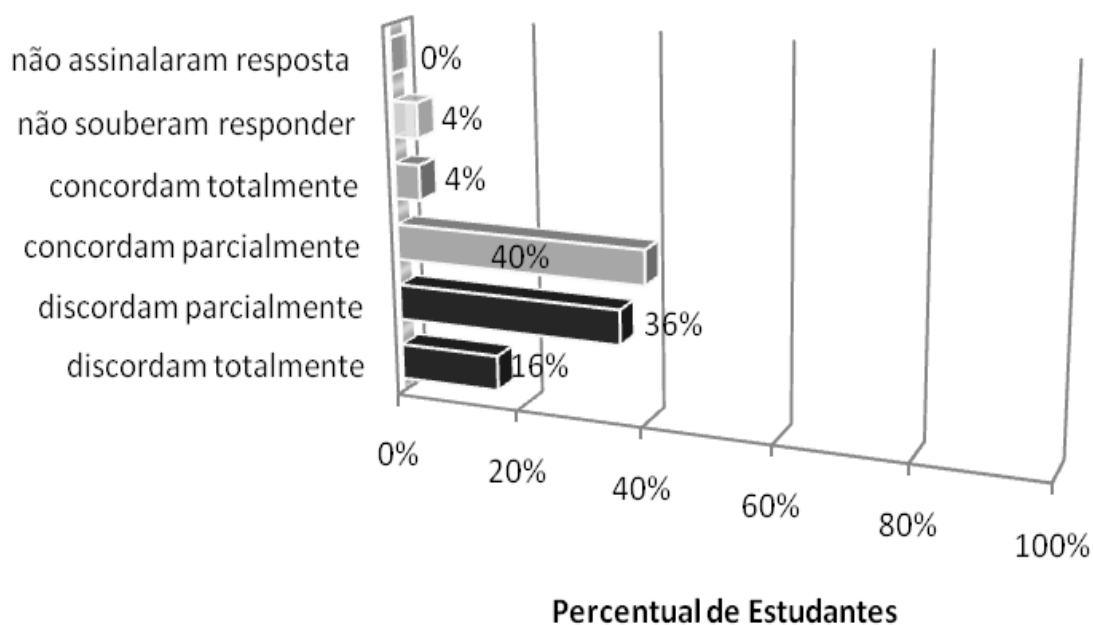


Gráfico 10 – Respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, 2006.

Fonte: Original, 2008.

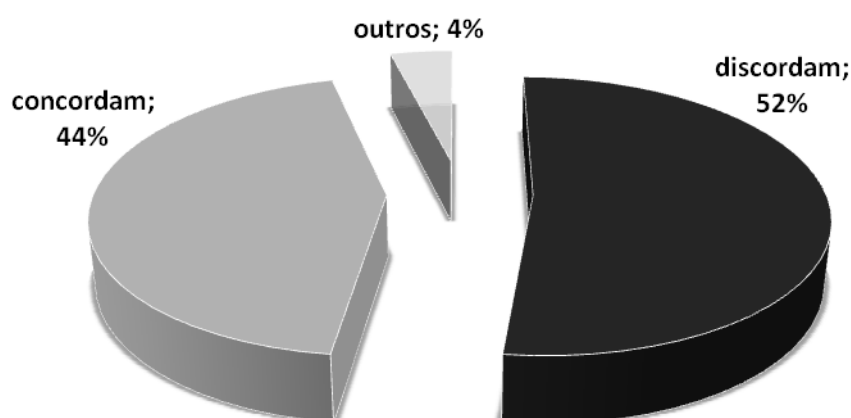


Gráfico 10.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e sistema solar, 2006.

Fonte: Original, 2008.

O estudante que assinalou concordar totalmente justificou sua resposta atribuindo a comparação entre o modelo atômico e o sistema solar ao próprio Niels Bohr. Afirmou que os elétrons não estariam livres, tendo uma rotação em torno do núcleo assim como os planetas em torno do sol.

Entre os outros 10 estudantes que também concordaram, porém parcialmente, oito justificaram mencionando algumas diferenças importantes entre os dois domínios ou ao menos disseram haver diferenças que deveriam ser consideradas.

Entre os 13 alunos que discordaram, encontramos entre os 04 que discordaram totalmente apenas um que mesmo tendo assinalado tal resposta mencionou haver alguma semelhança entre o modelo atômico e o sistema solar. Já entre os 09 que discordaram parcialmente, 07 levantaram aspectos semelhantes. Em quase todas as justificativas apresentadas encontramos ou um maior número de diferenças apontadas ou uma menção à existência dessa maior quantidade de diferenças. As justificativas reproduzidas a seguir exemplificam tais constatações.

“Você pode até chegar a perceber semelhanças mas não se pode levar a risca a afirmação pois tem mais diferenças do que coincidências” (grifo nosso; o aluno discordou parcialmente)

“Pois a única semelhança entre o átomo de Bohr e o sistema solar é que os planetas giram em torno do sol como os elétrons giram em torno do núcleo; porém existem muitas diferenças como a troca de órbitas possível entre os elétrons; a órbita elíptica dos planetas, que nos elétrons é circular, dentre outras”. (grifo nosso; o aluno discordou parcialmente)

O gráfico 11 apresenta a distribuição das respostas dos estudantes por equipe, incluindo os jurados, quanto ao nível de concordância ou discordância. O gráfico 11.1 apresenta o agrupamento destas entre os que concordam e os que discordam da comparação.

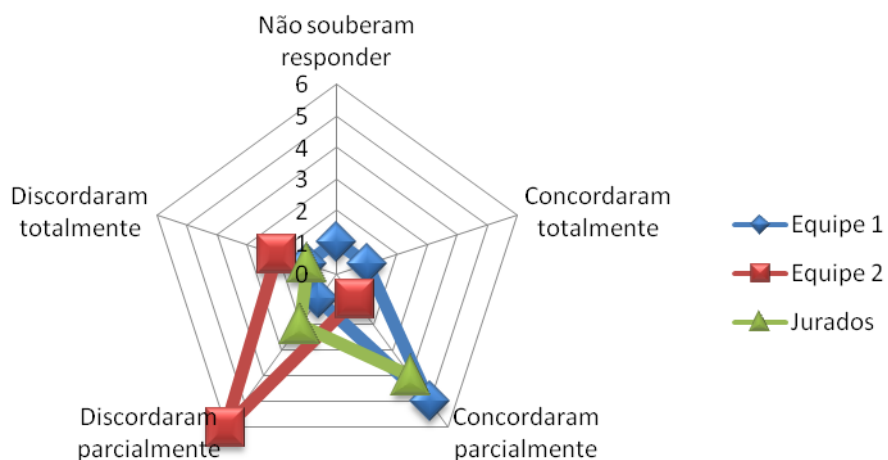


Gráfico 11 – Distribuição das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, agrupadas por equipe, segundo a dinâmica do júri simulado, 2006.

Fonte: Original, 2008.

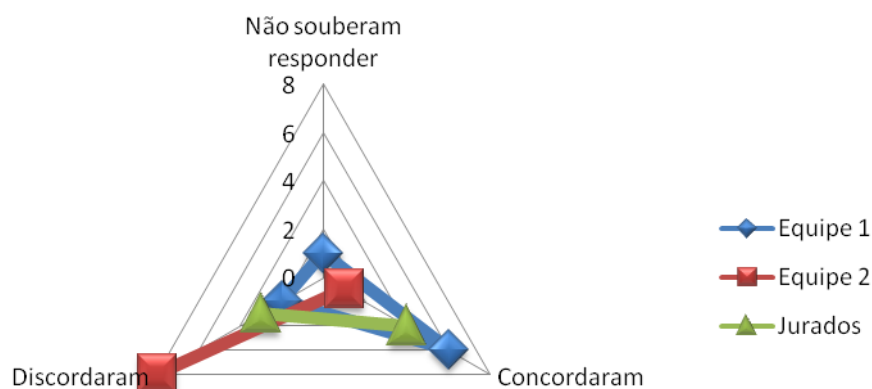


Gráfico 11.1 – Agrupamento das respostas dos estudantes da 3ª série do EM relativas à analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, agrupadas por equipe, segundo a dinâmica do júri simulado, 2006.

Fonte: Original, 2008.

De acordo com os gráficos de número 11 e 11.1 percebemos que a maior parte dos alunos que concordaram com a analogia integravam a equipe 1, que havia sido encarregada de apresentar argumentos favoráveis à comparação. Do mesmo modo, a maior parte dos alunos que assinalaram discordar da comparação integravam a equipe 2, que fora responsável por defender a idéia de que o modelo atômico de Bohr não seria como o sistema solar. Entre os alunos que compunham a equipe dos jurados encontramos um número de respostas menos divergente. Porém, embora o resultado do julgamento na dinâmica do júri tenha sido seis votos para a equipe que defendia a impossibilidade da comparação contra dois votos para a equipe que defendia a analogia, ao serem solicitados a assinalar o nível de concordância ou discordância, quatro responderam concordar parcialmente enquanto apenas três assinalaram não concordar (dois parcialmente e um totalmente). Um dos alunos que integrava a equipe dos jurados não havia freqüentado a aula no dia da aplicação deste questionário.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como propósito analisar as possibilidades e as contribuições do uso de *contra-analogias* como estratégia auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos, a fim de contribuir para ampliar a compreensão do uso das analogias e metáforas no ensino de Ciências. Para se alcançar tais objetivos, procuramos fundamentar nossas discussões em teorias relativas às concepções de analogias, metáforas, modelos em Ciências e no ensino de Ciências, bem como aos modelos propostos para a compreensão do raciocínio analógico.

Abordamos a temática tendo em vista as considerações bachelardianas a respeito do uso de analogias, metáforas e imagens na formação do espírito científico, tendo como foco discursivo os processos de ensino e aprendizagem em Ciências.

O estudo das teorias relativas ao uso de analogias, metáforas e modelos no ensino de Ciências, contextualizado com as considerações de Bachelard (1884-1962), nos permitiu construir reflexões acerca dos modelos de raciocínio analógico, o que culminou em uma elaboração de um modelo similar ao de Duit (1991).

Uma análise de trabalhos sobre analogias revelou inúmeras publicações realizadas nestas últimas décadas. Verificamos ser bastante comum deparar-se com textos que descrevem usos e cuidados no ensino, levantamentos de aspectos relacionados ao modo como analogias são propostas em livros didáticos, metodologias e estratégias de ensino com recurso às analogias, além de conceitos correlacionados tais como metáforas e modelos. Analisamos alguns esquemas

sobre a estrutura das analogias, propostos por diferentes autores (DUIT, 1991; CLEMENT, 1993; BORGES, 1997; e GONZÁLES, 2005) e ampliamos a compreensão proposta em tais modelos, considerando inclusive dados de pesquisa obtidos com alunos da 1ª série do ensino médio que foram inquiridos quanto às características dos modelos de átomo estudados. A partir desse estudo consideramos que o raciocínio analógico devesse ser caracterizado como um processo a ser desenvolvido em duas vias de análise. Tal consideração nos permitiu construir um modelo de compreensão que poderá contribuir para a melhoria do ensino de Ciências com recurso às analogias.

O modelo de raciocínio analógico que propusemos apresenta duas vias necessárias ao estabelecimento de comparações entre dois domínios, a fim de que seja feito o mapeamento tanto de diferenças quanto de semelhanças entre o alvo e o análogo. De acordo com esta concepção, entendemos o raciocínio analógico como um processo de reconhecimento das similaridades que deve ser estabelecido através do desenvolvimento da via *análogo-alvo* e da via *alvo-análogo*. A primeira diz respeito à descrição do alvo, isto é, o levantamento de suas características, tendo como ponto de partida o que se conhece sobre o análogo. A segunda se refere a uma espécie de “retorno ao análogo”; uma vez que o alvo já tenha sido conhecido, faz-se então o levantamento de características no análogo tendo em vista o que se conhece sobre o alvo.

Acreditamos que esse mecanismo de levantamento de características através das duas vias apresentadas potencializa o mapeamento das semelhanças bem como das diferenças entre as estruturas comparadas, permitindo uma melhor discussão das relações analógicas e provavelmente evitando transposições equivocadas. Vale ressaltar que esse processo certamente é complexo e exige

cuidados, o que nos remete ao que outros pesquisadores (JUSTI & MONTEIRO, 2000; NAGEM & CARVALHAES, 2002) da temática observam: não se pode deixar a interpretação de uma analogia inteiramente a cargo dos alunos. O papel do professor (e porque não dizer dos autores de livros didáticos) é fundamental, seja na aplicação de alguma metodologia de ensino ou no uso corriqueiro e espontâneo na sala de aula.

Tendo em vista a necessidade do mapeamento de diferenças entre os domínios em uma comparação, começamos a trabalhar especificamente com o conceito central do nosso trabalho – o de contra-analogias. Partindo das reflexões teóricas decorrentes dos estudos bibliográficos e da perspectiva bachelardiana quanto ao uso de analogias, metáforas e imagens para a formação do espírito científico, construímos uma nova concepção de comparação. A concepção de uma contra-analogia sugere haver a possibilidade de se estabelecer uma comparação entre domínios essencialmente distintos privilegiando-se as diferenças, a fim de que ocorra uma melhor compreensão do alvo da mesma.

Tomando as contra-analogias como comparações em que se privilegiam as diferenças entre os domínios comparados, tecemos algumas considerações acerca do seu papel na estruturação do conhecimento científico. Apresentamos uma proposta de caráter complementar ao uso de analogias no ensino de ciências – uma proposta que promovesse ao processo de ensino-aprendizagem dos fenômenos, modelos e conceitos científicos uma acepção aberta, dinâmica e reflexiva.

A fim de explorar a possibilidade do uso de contra-analogias para o ensino de conceitos ou modelos científicos, optamos por construir determinadas comparações para os modelos atômicos freqüentemente apresentados no contexto do ensino médio da educação básica brasileira, e analisar os aspectos apreendidos

por um determinado grupo de estudantes da 1ª e da 3ª série do EM de uma escola particular diante das mesmas. A análise das proposições obtidas através do questionário aplicado a estes grupos de estudantes nos revelou aspectos interessantes relacionados ao modo como tais comparações potencialmente poderiam ser utilizadas em estratégias de ensino.

Primeiramente, para o grupo de estudantes da 1ª série, apresentamos os resultados das análises feitas a respeito das concepções destes do conceito de analogia e suas considerações acerca do uso nas aulas de Química. Observamos que os estudantes inquiridos possuíam uma compreensão bastante razoável do conceito em questão, o que nos permitiu prosseguir com a análise do questionário aplicado. Logo em seguida analisamos os modelos expressos destes para cada um dos quatro modelos atômicos normalmente estudados no EM: o de Dalton, de Thomson, de Rutherford e o de Bohr. Consideramos esta análise como sendo muito importante para o nosso trabalho uma vez que, para se obter dados relativos ao modo como seriam interpretadas as comparações propostas para os modelos atômicos, seria também imprescindível conhecer o “nível” de compreensão destes estudantes acerca dos mesmos.

A análise dos modelos expressos por estes estudantes revelou um amplo domínio dos aspectos estruturais de cada modelo atômico, com exceção a um detalhe específico do modelo de Thomson, demonstrado por alguns estudantes: a distribuição dos elétrons na estrutura atômica. Embora este não tenha sido um aspecto citado pela maioria, aqueles que a citaram expressaram concepções equivocadas com o modelo consensual de Thomson. O conhecimento de tais concepções foi fundamental para a análise da terceira parte do questionário.

A análise das descrições, dos desenhos e especialmente das justificativas dadas pelos estudantes para as respostas assinaladas na terceira parte do questionário, nos permitiu identificar algumas características e concepções relacionadas aos modelos atômicos discutidos. Identificamos, por exemplo, entre os estudantes, duas concepções sutilmente distintas para o conceito de indivisibilidade associado ao modelo atômico de Dalton. Enquanto que para alguns ser indivisível seria ser indestrutível, inquebrável, impenetrável, para outros a idéia da indivisibilidade estaria associada à inexistência de uma estrutura interna, isto é, a inexistência de partes menores (partículas). Assim, enquanto que para alguns essa característica se configurou como um aspecto semelhante entre o modelo atômico de Dalton e a bola de sinuca, para outros se revelou como uma diferença.

As descrições e os desenhos elaborados pelos estudantes da 1ª série para o modelo atômico de Thomson também nos conduziram a fazer um breve estudo do modo como este modelo tem sido apresentado em alguns livros didáticos de Química. Nossa atenção esteve voltada para os significados de alguns termos de caráter metafórico que foram encontrados nestes livros. A nosso ver, a recorrência verificada a determinados termos metafóricos para a caracterização desse modelo atômico parece ser uma prática comum e irreflexiva, uma vez que os significados associados aos termos empregados sugerem uma possível modelização mental incoerente com a descrição científica do mesmo.

Consideramos oportuno ressaltar um ponto significativo observado em decorrência dos nossos estudos sobre as comparações feitas aos modelos atômicos e da breve análise dos livros didáticos de Química. Entre os livros analisados, discutimos o equívoco cometido por alguns autores ao descrever a distribuição superficial dos elétrons na estrutura atômica. Entre estes autores destacamos como

exemplo o do livro D, de Ferry (2003). O referido autor do livro didático analisado é o autor deste trabalho. Queremos aqui registrar que, em decorrência do trabalho acadêmico, houve por parte desse autor uma reflexão em torno de sua prática educativa enquanto professor de química e pesquisador. Tal ocorrência nos remete à responsabilidade e aos cuidados a serem observados tanto pelos professores quanto pelos autores de livros didáticos na transposição didática de conceitos e modelos científicos.

Considerando novamente as respostas dos estudantes, as justificativas dadas às marcações assinaladas para a concordância ou discordância das **analogias** propostas aos estudantes para os modelos atômicos, embora tivessem que ser analisadas caso a caso devido à variedade nas respostas, nos permitiram perceber que, de modo geral, a total concordância assinalada por alguns estudantes com uma determinada comparação está relacionada ao fato destes não levantarem diferenças entre os domínios comparados. Por outro lado, entre os que concordam parcialmente há o levantamento tanto de aspectos diferentes quanto de semelhantes. Entre os estudantes que discordaram das analogias, embora o percentual tenha sido pequeno, os aspectos diferentes, em poucos casos, ou se apresentavam como sendo mais significativos e/ou mais numerosos que os semelhantes, ou a relação analógica não era reconhecida como tal pelos mesmos.

No caso das **contra-analogias** propostas percebemos que a total concordância se relacionava ao fato dos estudantes não perceberem explicitamente semelhanças entre as estruturas comparadas; apenas diferenças foram levantadas. Já entre aqueles que concordaram parcialmente, além das características diferentes entre os domínios comparados, os estudantes também mencionaram ou reconheceram a existência de aspectos semelhantes. A discordância, de modo

geral, devia-se a uma modelização mental equivocada para a entidade atômica, especialmente no caso da contra-analogia entre o modelo de Thomson e o doce brigadeiro, levando os estudantes a perceberem um número maior de características semelhantes comparadas às diferentes. Nos casos em que não havia o equívoco entre o modelo mental e o modelo científico, entre os estudantes que discordaram parcialmente da contra-analogia houve aqueles que perceberam alguma semelhança entre as estruturas, embora a diferença fosse, de fato, mais significativa.

No estudo sobre como os estudantes investigados interpretavam a comparação entre o modelo atômico de Bohr (ou o de Rutherford) e o sistema solar encontramos inúmeros elementos enriquecedores para nossa discussão. Seja através da análise do questionário aplicado aos alunos da 1ª série ou através da análise das apresentações dos alunos da 3ª série durante a realização do júri simulado, **a construção da contra-analogia entre os dois domínios se revelou como uma possível estratégia didática complementar ao ensino de modelos científicos com recurso às comparações.** Aqui destacamos comparativamente os resultados obtidos entre os estudantes da 1ª e da 3ª séries ao serem solicitados a assinalar o grau de concordância ou discordância relativo a esta comparação: enquanto todos os 14 estudantes da 1ª série assinalaram concordar com a analogia (71% concordaram parcialmente), menos da metade dos alunos da 3ª série deram a mesma resposta – 52% discordaram (36% discordaram parcialmente). Acreditamos que esse percentual significativo de estudantes, neste último grupo, que discordaram da comparação se deve ao intenso debate promovido em torno da mesma através do júri simulado.

Assim, consideramos que a dinâmica do júri simulado com os alunos da 3ª série do EM contribuiu de forma significativa com elementos para nossa discussão sobre a possibilidade de se construir contra-analogias a partir de analogias previamente conhecida. Mais que uma estratégia de ensino, o júri simulado filmado se constituiu como um importante instrumento de pesquisa sob a forma de observação participante. A análise dos diálogos filmados e transcritos nos permitiu perceber o modo como aqueles estudantes compreendiam os sistemas solar e atômico na perspectiva de Bohr. Enquanto estratégia de ensino, o júri revelou ser uma excelente oportunidade para permitir o envolvimento e a confrontação entre os próprios alunos no mapeamento tanto das semelhanças quanto, principalmente, das diferenças entre os domínios comparados, a fim de se promover uma melhor compreensão do conceito alvo – o modelo atômico.

A análise do questionário aplicado aos alunos da 3ª série após a realização da dinâmica do júri simulado nos mostrou o grau de compreensão da analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar, provavelmente decorrente do debate promovido no júri. Através das justificativas dadas por estes estudantes quanto ao nível de concordância ou discordância assinalado para esta comparação, constatamos um mapeamento de semelhanças e diferenças mais elaborado e consistente, comparado com as justificativas dadas às outras comparações.

Retomando as questões básicas que originalmente nortearam nosso trabalho, consideramos que a nossa pesquisa, configurada como exploratória, nos permitiu ampliar a compreensão do uso de analogias e metáforas no ensino de modelos científicos, abrindo novos horizontes para a pesquisa e o desenvolvimento de metodologias dedicadas ao ensino de ciências com recurso às comparações.

Nosso estudo bibliográfico a respeito das analogias e metáforas, bem como dos modelos de raciocínio analógico nos permitiu não somente ampliar e elaborar um modelo de compreensão para o mesmo como também construir e explorar um novo conceito – o da contra-analogia. Ao explorar esse novo conceito conseguimos traçar alguns cuidados e limites a serem observados nas construções contra-analógicas. Contudo, consideramos que para se estabelecer parâmetros para o desenvolvimento de uma metodologia de ensino com recurso às contra-analogias – MECCA, em semelhança à MECA de Nagem *et al* (2001), torna-se necessário um aprofundamento na temática e a realização de estudos comparativos sistemáticos para o desenvolvimento e aplicação da mesma com estudantes, analisando os resultados de aprendizagem decorrente.

Finalizando nossas considerações, reproduzimos as proposições feitas por Mortimer (2000) sobre o ensino de modelos atômicos:

Por que se ensinar, então, esses conceitos clássicos? Uma possível resposta está relacionada ao fato de que devemos ajudar nossos alunos a darem seus primeiros passos na ciência, e esses primeiros passos já envolvem a construção de algo que é diferente do senso comum, através da superação de analogias superficiais e da prisão perceptiva em que eles se encontram. Mas não podemos, de modo algum, abrir mão da crítica, pois só ela pode dar ao aluno a possibilidade de contextualizar essa realidade científica incipiente e penetrar numa realidade cada vez mais complexa. O reconhecimento dos limites de cada teoria, de cada modelo, de cada avanço, é fundamental para se construir uma cultura sobre ciência contextualizada na cultura científica deste final de século. Esse, a nosso ver, é um dos objetivos principais do ensino de ciências. Uma visão do ensino, enquanto construção de concepções mais avançadas e tomada de consciência do contexto em que as concepções, mais ou menos avançadas, podem ser empregadas através do debate de idéias e da crítica, é fundamental para se alcançar esse objetivo. (p.118)

Assim, a fim de promovermos uma concepção de ciências coerente com a cultura científica, consideramos válida a nossa preocupação com o modo de apresentação dos conceitos e dos modelos. Essa tarefa não cabe somente aos

autores de livros didáticos, mas especialmente aos professores – mediadores da aprendizagem.

Como apontam as pesquisas estudadas, os trabalhos que se dedicaram em investigar sobre como analogias são utilizadas em livros didáticos, em muitas delas os autores não fornecem nenhuma explicação do domínio análogo e não discutem suas limitações. Percebemos que, do mesmo modo, determinadas terminologias e modelos de ensino carregam um demasiado caráter analógico-metafórico que necessitam de certas explicações de modo a evitar transposições inadequadas e elaborações mentais equivocadas frente às concepções científicas. Há que se considerar, a partir da discussão em torno das representações e da terminologia demasiadamente metafórica, que a falta de cuidado na transposição didática, seja por parte dos professores ou dos autores de livros, de determinados conceitos ou modelos científicos, pode comprometer a elaboração de modelos mentais coerentes com os modelos consensuais objetos da aprendizagem.

Sabemos que estamos diante apenas de uma proposta. Há muito que se investigar. Esperamos, assim que novas perspectivas para pesquisas dedicadas aos processos de ensino e de aprendizagem relacionados às estratégias de ensino com recurso às comparações tenham sido abertas. Consideramos a necessidade de ampliarmos a investigação de muitos aspectos levantados, uma vez que este estudo apenas forneceu indícios para questões relevantes no campo do estudo das práticas educativas e do ensino de ciências.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. Dicionário de Filosofia. 3ª Ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1999.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith. GEWANDSZNAJDER, Fernando. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. – São Paulo: Pioneira, 1998.

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTANJ, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. Ensaio – Pesquisas em Educação em Ciências. v. 2, n. 2, 2002.

AULETE, C. *Dicionário Contemporâneo da Língua Portuguesa*. 3ª edição. Rio de Janeiro. Delta. 1974.

BACHELARD, G. *A Filosofia do Não: filosofia do novo espírito científico*. Trad. Joaquim José de Moura Ramos. 5.ed. – Lisboa: Editorial Presença, 1991.

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Abreu. – Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BORGES, Tarciso. *Um estudo de modelos mentais*. In: Investigações em Ensino de Ciências. Vol.2. nº3. dez/1997. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

CACHAPUZ, Antonio. *Linguagem Metafórica e o Ensino de Ciências*. In: Revista Portuguesa de Educação. 2 (3), p. 117-129. Universidade do Minho, 1989.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. *Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CLEMENT, J. J. Using bridging analogies and anchoring intuitios to deal with students preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, 1993.

COLINVAUX, D.; KRAPAS, S.; QUEIROZ, G. FRANCO, C. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.2, n.3, 1997.

COLINVAUX, Dominique. *Modelos e Educação em Ciências*. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

DAGHER, Z. & COSSMAN, G. Verbal Explanations Given by Science Teachers: Their Nature and Implications. *Journal os Research in Science Teaching*, 29 (4), 361-374. 1992.

DAGHER, Z. R. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, v.79 n.3, 1995.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

DUARTE, Maria da Conceição. *Analogias na educação em ciências: contributos e desafios*. In: Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 10. nº1. mar/2005. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm> acessado em 20/06/2006.

DUIT, R. *On the role of analogies and metaphors in learning science*. *Science Education*, 75(6), 649-672, 1991.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. O uso de analogias como recurso didático por professores de Biologia no Ensino Médio. *Revista da ABRAPEC*. Belo Horizonte: UFMG, 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. In: *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, V.4, n. 2, Dez 2002

FERRY, Alexandre da Silva; NAGEM, Ronaldo Luiz. Analogias e Contra-analogias no processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos. In: *VIII Seminário de Progressos de Pesquisas em Pós-graduação*. CEFET-MG, 2006.

FERRY, Alexandre da Silva; NAGEM, Ronaldo Luiz. O modelo atômico de Thomson em livros didáticos: um estudo sobre o análogo “pudim de passas”. In: *1º Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica*. CEFET-MG: Belo Horizonte, 2008.

FIGUEIREDO, Warlisson G.; SILVA, FÁBIO W. O. Limitações da Analogia entre Sistemas Planetários e Modelos Atômicos. In: *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 17., 2007, São Luis: UFMA, UEMA, CEFET-MA.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Learning science through models and modeling. *International Handbook of Science Education*. Ed. Barry J. Fraser, Kennethg Tobin, 1994.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. As origens do Saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Trad. Bruno Charles Magne. 2.ed. – Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GLYNN, S. *Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model*. In: GLYNN, S. M.; YEANY, R.H. & BRITTON, B.K. (Eds). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240. 1989.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciencias: um estudo sobre as influencias nas concepções de átomo. *In: Ciência e Cognição*. v.12, p.96-109, 2007.

GONZÁLEZ, Benigno Martín González. El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*. 37(2), 2005. <http://www.rieoei.org/1080.htm> acessado em 12/12/2007.

GONZÁLEZ, B. M.: *Las analogías en el proceso Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza*, La Laguna (Tenerife), Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, 2002.

GÜNTHER, H. Como elaborar um questionário. (Série: Planejamento de Pesquisas nas Ciências Sociais, Nº 01). – Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003.

HAARAPANTA, L. *The Analogy Theory of Thinking*. *Dialectica*, 46 (2), p.169-183. 1992

HAGUETTE, Teresa Maria Frota. *Metodologias Qualitativas na Sociologia*. – 5ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1997.

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: a case study in grade 10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, .v30 n.10. 1993.

HOUAISS, A. VILLAR, M. S. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Elaborado no Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. – Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

JUSTI, R.S., MONTEIRO, I.G. *Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros Destinados ao Ensino Médio*. 2000. (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n2/v5>) - acessado em 14/06/2005

LAKOFF, George. JOHNSON, Mark. *Metáforas da Vida Cotidiana*. [coordenação da tradução Mara Sophia Zanotto] – Campinas, SP: Mercado de Letras; São Paulo: Educ, 2002. – (Coleção *As Faces da Lingüística Aplicada*)

LEVIN, Jack; FOX, James Alan. *Estatística para ciências humanas*. - 9.ed. Tradução: Alfredo Alves de Farias. Revisão técnica: Ana Maria Lima de Farias. – São Paulo: Prentice Hall, 2004.

LIMA, M. E. C. C.; BARBOZA, L. C. Idéias Estruturadoras do Pensamento Químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*. n.21. mai/2005.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, Florianópolis, v.13, n.3, p.248-273, dez/1996.

MACHADO, Andréa Horta. *Aula de química: discurso e conhecimento*. 2.ed. – Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. – 200 p. – (Coleção educação em química). (Originalmente apresentada como Tese de Doutorado).

MAN, P. *A epistemologia da metáfora*. In: PERRELLI, M. A. S. Reunião Anual de Pós-graduação. (AMPED). Comunicação. 1992.

MARCELOS, Maria de Fátima. Analogias e Metáforas da Árvore da Vida, de Charles Darwin, na Prática Escolar. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, 2006. (Dissertação de Mestrado)

MELO, Ana Carolina Staub. Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos da óptica. – Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. (Dissertação de Mestrado).

MÓL, Gerson de Souza. *O uso de analogias no ensino de Química*. Brasília: Universidade de Brasília – Instituto de Química, 1999. (Tese de Doutorado).

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000 – 383 p. – (Aprender)

MORTIMER, E.F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 23-26, 1995b.

MÜLLER, Mary Stela. CORNELSEN, Julce Mary. Normas e padrões para teses, dissertações e monografias. – 5. ed. atual. – Londrina: Eduel, 2003.

NAGEM, Ronaldo Luiz ; SENAC, Ana Maria ; SILVA, Cinthia Maria Gomes e ; CARVALHO, Ewaldo Melo de . Analogias e Metáforas no Cotidiano do Professor - Texto complementar. In: 26a. Reunião Anual da ANPEd, 2003, Poços de Caldas. Novo Governo. Novas Políticas. Rio de Janeiro, 2003. p. 1-13.

NAGEM, Ronaldo Luiz. *Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação com o processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia – imagens, metáforas e analogias*. In: Seminário apresentado durante o Concurso Público para o Magistério Superior do CEFET-MG, 1997.

NAGEM, Ronaldo Luiz; CARVALHAES, Dulcinéia de Oliveira. *Abordagem de Analogias em Ambientes Interacionistas na Educação*. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2002.

NAGEM, Ronaldo Luiz; CARVALHAES, Dulcinéia de Oliveira; DIAS, Jully Anne Yamauchi Teixeira. *Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias*. In: Revista Portuguesa de Educação, 14(1), p. 197-213. Universidade do Minho, 2001.

NEWBY, T. Learning Abstract Concepts: The Use of Analogies as a Mediatl Strategy. *Journal of Instructional Development*, 10 (2), 20-26. 1987.

OLIVA, J.M. (2003). Rutinas y Guiones del Profesorado de Ciencias ante el Uso de Analogias como Recurso de Aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1)

OLIVEIRA, M. *A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma abordagem didáctica*. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. 1996.

OTERO, R. M. Como usar analogias em classes de Física?. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14(2). 1997.

PERELMAN, C. *O Império Retórico – Retórica e Argumentação*. Porto: Edições ASA. 1993.

RICOUER, P. A. *A metáfora viva*. Porto, Portugal, Rés-Editora. In: PERRELLI, M. A. S. Reunião Anual de Pós-graduação. (AMPED). Comunicação. 1983.

RODITI, Itzhak. *Dicionário Houaiss de Física*. – Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. 248p.

ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. *O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo*. In: Química Nova na Escola. p.27-31. Nº3, maio 1996.

RUIZ, João Álvaro. *Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos*. – 4. ed. – São Paulo: Atlas, 1996.

SILVA, Leandro Londero da.; TERRAZAN, Eduardo A. O uso de analogias no ensino de modelos atômicos. *XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. – Rio de Janeiro, 2005.

SILVEIRA, H. E.; DIAS, S. S.; LEITE, V. M. Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: um estudo das imagens de átomos. In: *Candombá – Revista Virtual*, v.2, n.2, p.72-79, 2006.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; JUSTI, Rosária da Silva; FERREIRA, Poliana Flávia Maia. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. In: *Investigações em Ensino de Ciências*. 2006. (www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n1/v11_n1_a1.htm) acessado em 10/07/2006.

STERNBERG, R; RIFKIN, B. *The development of analogical reasoning processes*. Journal of Experimental Child Psychology, 27, 195-232. 1979.

THIOLLENT, Michel. *Metodologia da pesquisa-ação*. – 10. ed. – São Paulo: Cortez: Autores Associados, 2000. (Coleção temas básicos da pesquisa-ação).

TREAGUST, D. et al Science Teachers' Use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*. 14(4), 413-422, 1992.

VENVILLE, G. J.; BRYER, L; TREAGUST, D. F. Training students in the use of analogies to enhance understanding in science. *Australian Science Teacher Journal*, v.40, n.2, 1994.

VOSNIADOU, S. & ORTONY, A. *Similarity and Analogical Reasoning: a Synthesis*. In: Vosniadou & Ortony (Eds). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1-17. 1989.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AOS ESTUDANTES DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO



Belo Horizonte, 04 de agosto de 2006

Ao aluno(a) _____

Caro aluno,

Venho através desta fazer-lhe um convite solicitando sua contribuição para o desenvolvimento de uma pesquisa, realizada em função do curso de Mestrado em Educação Tecnológica no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

A pesquisa em educação traz importantes contribuições para o aprimoramento da prática pedagógica, uma vez que fornece subsídios para que se possa melhor entender as nuances do processo de ensino-aprendizagem. **O objetivo da pesquisa em questão é de contribuir para a melhoria do ensino de Química.**

A sua contribuição para o desenvolvimento dessa pesquisa será dada através de um questionário a ser preenchido, juntamente com outros alunos convidados, no próximo **dia 07, segunda-feira, a partir das 13:30 h**. A duração prevista é de aproximadamente uma hora e meia.

Saliento que, devido à ética envolvida nas pesquisas científicas de caráter social e humano, os nomes dos alunos inquiridos não serão divulgados em nenhuma das publicações oriundas dessa pesquisa, resguardando assim suas identidades. Acrescento que a realização dessas atividades não acarretará em prejuízos à qualidade das aulas de Química ministradas na turma, assim como também não envolverá riscos de natureza alguma para os alunos.

Portanto, solicito, por gentileza, a confirmação da sua presença no dia acima marcado para o preenchimento do questionário, que será antecedido por orientações necessárias para realização da atividade. **A confirmação poderá ser feita pessoalmente ou pelo e-mail abaixo até o próximo dia 05.**

Certo de sua atenção e valorosa contribuição, desde já agradeço e me coloco à disposição para esclarecimentos.

Prof. Alexandre Ferry, responsável pela pesquisa

E-mail: *****

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Prezado estudante,

Este questionário faz parte de uma pesquisa desenvolvida no CEFET-MG com o objetivo de contribuir para a melhoria do ensino de Química. Por isso solicitamos que você o responda com seriedade. Não existem respostas corretas. O importante para nós são suas próprias idéias. Por favor, tente expressá-las de forma mais clara possível. Caso seja necessário, utilize o verso da folha para completar suas respostas.

Não é necessário que você se identifique. Solicitamos apenas que complete os dados a seguir.

Muito obrigado pela colaboração.

Alexandre Ferry (responsável pela pesquisa)

1. Idade: _____

2. Está repetindo a 1ª série do ensino médio:

☐ NÃO

☐ pela 1ª vez

☐ pela 2ª vez

1ª PARTE – Concepções sobre analogias

1. Para você, o que são analogias?

2. Você gosta ou considera importante que o professor de Química utilize analogias para explicar ou introduzir algum conceito, teoria ou modelo científicos? Por quê?

3. Alguma analogia utilizada pelo professor no estudo dos modelos atômicos te ajudou a compreender algum conceito/modelo/teoria difícil? Qual(is)?

4. Para você, quais são as vantagens e/ou desvantagens de estudar Química através de analogias?

2ª PARTE – Modelos atômicos estudados e analogias

Complete os quadros a seguir com as principais características dos modelos atômicos estudados e as analogias que você conseguir recordar.

QUADRO 1 – Teoria atômica de Dalton (1803)

CARACTERÍSTICAS DO MODELO ATÔMICO	DESENHO
<i>Cite alguma ANALOGIA que você conheceu no estudo deste modelo atômico.</i>	
<i>Quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia?</i>	
<i>Existe alguma diferença entre o modelo atômico e o objeto análogo (a analogia)? Qual(is)?</i>	
<i>Você conhece alguma outra analogia relacionada a este modelo?</i> ☐ SIM ☐ NÃO	
<i>Qual?</i> _____	

QUADRO 2 – Teoria atômica de Thomson (1897)

CARACTERÍSTICAS DO MODELO ATÔMICO	DESENHO
<i>Cite alguma ANALOGIA que você conheceu no estudo deste modelo atômico.</i>	
<i>Quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia?</i>	
<i>Existe alguma diferença entre o modelo atômico e o objeto análogo (a analogia)? Qual(is)?</i>	
<i>Você conhece alguma outra analogia relacionada a este modelo?</i> ☐ SIM ☐ NÃO	
<i>Qual?</i> _____	

QUADRO 3 – Teoria atômica de Rutherford (1911)

CARACTERÍSTICAS DO MODELO ATÔMICO	DESENHO
Cite alguma ANALOGIA que você conheceu no estudo deste modelo atômico.	
Quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia?	
Existe alguma diferença entre o modelo atômico e o objeto análogo (a analogia)? Qual(is)?	
Você conhece alguma outra analogia relacionada a este modelo? ☐ SIM ☐ NÃO	
Qual? _____	

QUADRO 4 – Teoria atômica de Bohr (1913)

CARACTERÍSTICAS DO MODELO ATÔMICO	DESENHO
<i>Cite alguma ANALOGIA que você conheceu no estudo deste modelo atômico.</i>	
<i>Quais são as semelhanças estabelecidas nesta analogia?</i>	
<i>Existe alguma diferença entre o modelo atômico e o objeto análogo (a analogia)? Qual(is)?</i>	
<i>Você conhece alguma outra analogia relacionada a este modelo?</i> ☐ SIM ☐ NÃO	
<i>Qual?</i> _____	

3ª PARTE – Análise de comparações

A – Analise cada afirmação que se segue, assinale a sua opinião quanto à comparação estabelecida e justifique sua resposta.

I. “De acordo com a teoria de Dalton, o átomo seria como uma bola de sinuca”.

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

II. “De acordo com a teoria de Dalton, o átomo **não seria** como um CD”.

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

III. “De acordo com a teoria de Thomson, o átomo seria como um pudim de passas”.

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

IV. “De acordo com a teoria de Thomson, o átomo **não seria** como um doce brigadeiro”.

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

B – Sobre os Modelos de Rutherford e de Bohr

Desenhe e descreva o que você entende sobre o sistema solar

DESENHO

DESCRIÇÃO

1. A partir do seu desenho e da sua descrição, há alguma semelhança entre o modelo de átomo segundo as teorias de Rutherford e Bohr e o sistema solar? Qual(is)?

2. Existe alguma diferença? Qual(is)?

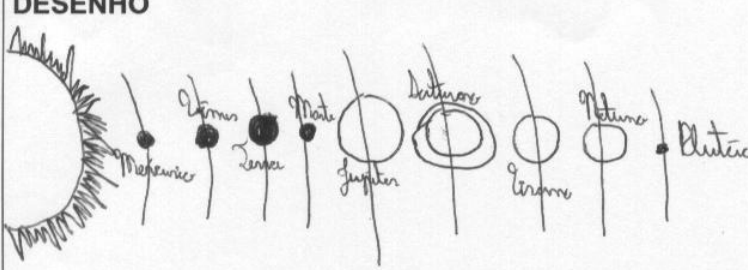
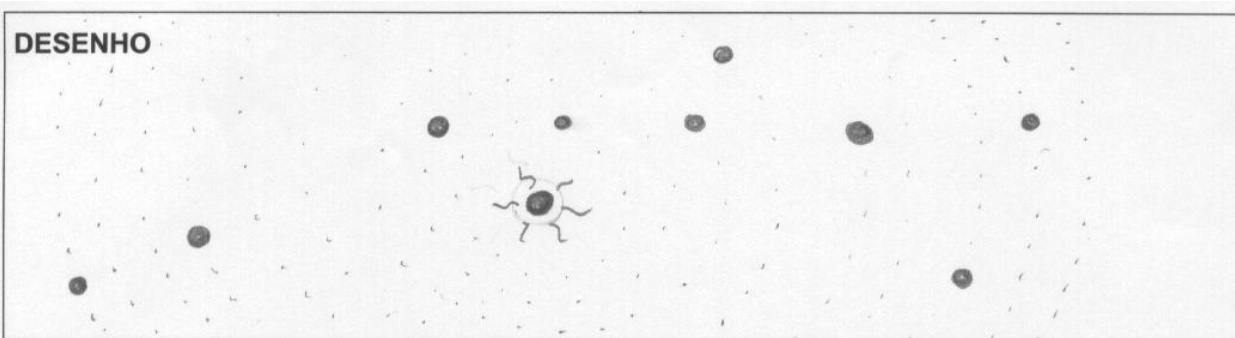
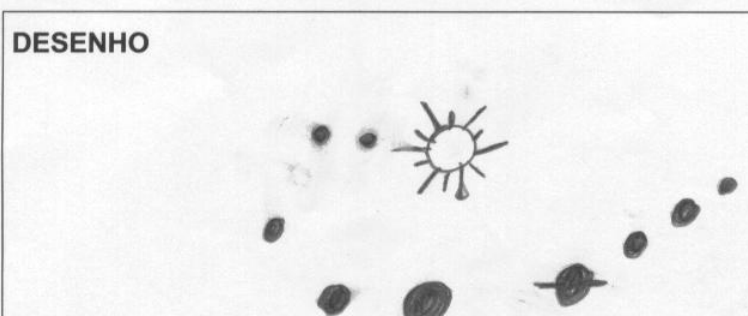
3. Analise: “O átomo, segundo o modelo de Bohr, é como o sistema solar”.

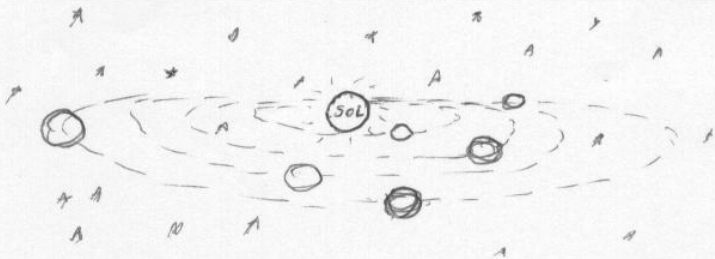
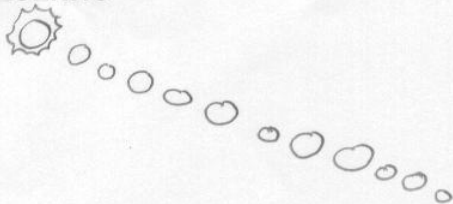
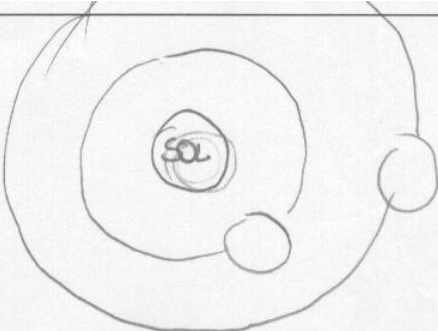
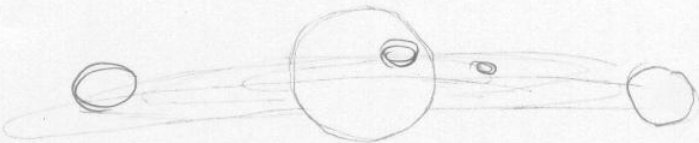
- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Concordo totalmente

4. Se o professor de Química afirmasse que “o átomo, de acordo com a teoria de Bohr, **não é como o sistema solar**”, o que você entenderia sobre o átomo?

5. Você considera esta afirmação interessante ou útil para que se possa compreender melhor este modelo de estrutura do átomo? Por quê?

APÊNDICE C – DESENHOS ELABORADOS PELOS 14 ESTUDANTES DA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO PARA REPRESENTAR O SISTEMA SOLAR

A ₁	DESENHO 
B ₁	DESENHO 
C ₁	DESENHO 
D ₁	DESENHO 

E ₁	DESENHO 
F ₁	DESENHO 
G ₁	DESENHO 
H ₁	DESENHO 
I ₁	DESENHO 

J ₁	DESENHO
K ₁	DESENHO
L ₁	DESENHO
M ₁	DESENHO
N ₁	DESENHO

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO APRESENTADO AOS PAIS OU RESPONSÁVEIS



Belo Horizonte, 15 de setembro de 2006.

Caros pais ou responsáveis,

Esta carta tem por finalidade informar sobre a parceria estabelecida pelo professor *Alexandre da Silva Ferry*, pesquisador e aluno do curso de *Mestrado em Educação Tecnológica do CEFET-MG*, com a *Escola Palomar Piagetiana de Lagoa Santa*, representada pela Diretora Pedagógica da mesma, *Srª Jaqueline Salomão Dolabella de Souza*, para a realização de parte da pesquisa provisoriamente intitulada “**Analogias e Metáforas no processo de ensino-aprendizagem dos Modelos Atômicos**”, nessa escola. Esclareço que esse trabalho é de autoria do referido pesquisador sob a orientação do Prof. Dr. *Ronaldo Luiz Nagem*, professor do *Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET- MG*.

A pesquisa em educação traz importantes contribuições para o aprimoramento da prática pedagógica, uma vez que fornece subsídios para que se possa melhor entender o processo de ensino-aprendizagem. **O objetivo da pesquisa em questão é de contribuir para a melhoria do ensino de Química.**

Em um primeiro momento, todos os alunos da turma da 3ª série do Ensino Médio respondem a um questionário que tem por objetivo investigar como eles compreendem determinadas comparações utilizadas na explicação de alguns modelos atômicos. Este questionário é então respondido no próprio horário da disciplina, na sala de aula, conforme o planejamento de aulas previamente elaborado. É importante dizer que este questionário não possui caráter avaliativo; ele se propõe, como já foi dito, apenas investigar como este grupo de alunos compreende algumas comparações (analogias) comumente construídas sobre os modelos atômicos estudados. Após a análise dos questionários, provavelmente torna-se necessário convocar alguns alunos para a realização de uma outra técnica de pesquisa chamada “grupo focal”.

A segunda parte da pesquisa consiste no desenvolvimento de uma dinâmica conhecida como “júri simulado”. Para tanto, a turma envolvida foi organizada em três grupos: o grupo I ficou encarregado de estudar os postulados que compõe a teoria atômica de Bohr e apresentar argumentos que apóiam a comparação entre o modelo atômico deste cientista e o sistema solar; o grupo II, por sua vez, ficou responsável por apresentar argumentos que defendam a tese de que este mesmo modelo não seria como o sistema solar, ou seja, de que há razões para não fazermos esta comparação; o terceiro grupo, em número ímpar, integra o corpo jurado, que deverá analisar as apresentações dos argumentos de cada equipe e, ao final, dizer qual delas apresentou uma maior consistência teórica. A simulação deste júri promoverá uma excelente oportunidade de análise das concepções e formas de raciocínio analógico dos alunos envolvidos. Para realização desta análise, no dia das apresentações (simulação do júri), haverá uma equipe técnica para execução da filmagem.

Saliento que, devido à ética envolvida nas pesquisas científicas de caráter social e humano, os nomes dos alunos inquiridos não serão divulgados em nenhuma das publicações oriundas dessa pesquisa, resguardando assim suas identidades, bem como as suas imagens não serão veiculadas por nenhum meio de divulgação, sendo assistida unicamente pelos responsáveis acima citados. Acrescento que a realização dessas atividades não acarretará em prejuízos à qualidade das aulas de Química ministradas na turma, assim como também não envolverá riscos de natureza alguma para os alunos.

Portanto, solicito, por gentileza, sua assinatura abaixo indicando que está ciente da execução desse trabalho e que autoriza a participação do(a) aluno(a) acima citado nas atividades descritas. Desde já agradeço a atenção e me coloco à disposição para esclarecimentos.

Prof. Alexandre Ferry, responsável pela pesquisa

Tel.: (31) **** * E-mail: *****

Autorizo o(a) aluno(a) _____, matriculado(a) na turma da 3ª série do ensino médio da Escola Palomar Piagetiana de Lagoa Santa, a participar das atividades integrantes da pesquisa de mestrado de Alexandre da Silva Ferry, durante o mês de setembro de 2006, nesta mesma escola.

_____, ____ de setembro de 2006.

Nome legível do pai, mãe ou responsável pelo(a) aluno(a)

Nº da CI

Assinatura

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Analise cada afirmação que se segue, assinale a sua opinião quanto à comparação estabelecida e justifique sua resposta.

I. *“De acordo com a teoria de Dalton, o átomo seria como uma bola de sinuca”.*

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

II. *“De acordo com a teoria de Dalton, o átomo não seria como um CD”.*

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

III. *“De acordo com a teoria de Thomson, o átomo seria como um pudim de passas”.*

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

IV. *“De acordo com a teoria de Thomson, o átomo **não** seria como um doce brigadeiro”.*

☐ Discordo totalmente

☐ Concordo parcialmente

☐ Não sei responder

☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo totalmente

Justificativa:

APÊNDICE F – INSTRUÇÕES DADAS AOS ALUNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO PARA REALIZAÇÃO DA DINÂMICA DO JÚRI SIMULADO

JÚRI SIMULADO

O júri simulado é uma técnica de dinâmica de grupo que permite a socialização, estimula o interesse e o pensamento, e ajuda os alunos a desenvolverem as habilidades de observação, análise e lógica.

A fim de desenvolver parte do conteúdo do estudo dos modelos atômicos e de discutir algumas analogias freqüentemente utilizadas na caracterização dos mesmos, propomos a simulação de um júri que deverá avaliar a validade das seguintes comparações:

- I. *“De acordo com a teoria de Bohr, o átomo **seria como o sistema solar**”*
- II. *“De acordo com a teoria de Bohr, o átomo **não seria como o sistema solar**”*

Para a simulação do júri, a turma será organizada da seguinte forma: um grupo (cerca de um terço da turma) deverá se preparar com idéias, artigos de revista, informações obtidas em livros didáticos, imagens, fotografias, textos históricos e argumentos que apóiam a defesa da primeira afirmativa – *“De acordo com a teoria de Bohr, o átomo seria como o sistema solar”*. O segundo terço da turma deverá se preparar da mesma forma para defender a segunda afirmativa – *“De acordo com a teoria de Bohr, o átomo não seria como o sistema solar”*. O terceiro grupo (em número ímpar) ficará encarregado de avaliar, de acordo com as apresentações dos argumentos e discussões promovidas por cada equipe, qual foi a afirmativa defendida com mais consistência teórica.

A seguir está apresentada a sequência de desenvolvimento do júri:

- **1ª PARTE (10 minutos):** Abertura do tribunal. O juiz informa o que é o caso e os objetivos do tribunal; realiza o juramento dos jurados e em seguida dos advogados.
- **2ª PARTE (40 minutos):** Momento de exposição das razões de o tribunal estar acontecendo. Neste momento cada grupo deverá verbalizar sem interrupções. São dados 20 minutos para cada um:
 - As apresentações, os argumentos, as provas que cada grupo de advogados preparou para expor aos juízes, jurados e platéia.
 - Este momento é ideal para expor filmes, músicas, power points, imagens, teatro, sensibilizações; tudo que considerar necessário para promover a apresentação e as argumentações.
- **3ª PARTE (20 minutos):** Momento de contra-argumentação em que cada grupo apresenta críticas sobre os argumentos feitos pela outra equipe na segunda parte. Este momento permite protestos, réplicas e tréplicas. Permite também o uso de recursos audiovisuais para apoio às críticas.
- **4ª PARTE (20 minutos):** Apresentação dos argumentos/provas finais. A cada grupo é dado 10 minutos para fazer os seus últimos comentários sem protestos, livremente. Este é o último momento para exposição estratégica de sensibilização dos jurados.
- **5ª PARTE (10 minutos):** Retirada do grupo de jurados e Juiz para realizar o veredicto seguindo o roteiro dos jurados.

APÊNDICE G – FICHA DE AVALIAÇÃO ENTREGUE AOS ALUNOS “JURADOS”**FICHA DE AVALIAÇÃO DOS JURADOS**

Caro jurado, responda as seguintes perguntas da maneira mais clara possível a partir da sua avaliação do desempenho de cada equipe. Lembre-se de que não há “respostas corretas”; o que existem são respostas coerentes para esta avaliação.

- 1. Qual dos grupos atuou mais em equipe e teve um entrosamento maior, onde um maior número de integrantes falou e se posicionou?**

- 2. Quais foram as falas e colocações mais marcantes do tribunal? Quem as fez e com quais intenções?**

- 3. Qual grupo apresentou melhores argumentos/provas? Quais foram e como os fez?**

- 4. Quais foram as conclusões que você tirou da fala dos advogados?**

- 5. Veredicto (assinale o item que corresponde à sua opinião):**

Nesta sessão o grupo vencedor foi:

- ☐ Grupo 1 – “De acordo com a teoria de Bohr, o átomo **seria como** o sistema solar”
- ☐ Grupo 2 – “De acordo com a teoria de Bohr, o átomo **não seria como** o sistema solar”

APÊNDICE H – TRANSCRIÇÃO COMPLETA DOS DIÁLOGOS OCORRIDOS EM FUNÇÃO DA DINÂMICA DO JÚRI SIMULADO

➤ 1ª PARTE

- Abertura do júri com a negociação entre as equipes, os jurados e o professor mediador do júri.
- Apresentação de um vídeo com a reportagem apresentada no programa Fantástico da Rede Globo de Televisão – “Poeira das Estrelas”, apresentado no dia 03/09/06.

➤ 2ª PARTE

- Primeira apresentação dos argumentos de cada equipe. Tempo: 15 minutos por equipe

Equipe 1

▪ AMD

... proposto por nós é que seria como o sistema solar. Como o que está sendo feito é uma analogia, a gente vai começar o trabalho lendo o conceito de analogia.

▪ ALC

Analogia: proporção, correspondência; relação de semelhança entre coisas diferentes.

▪ AMD

Então portanto a gente vai demonstrar semelhanças entre o átomo proposto por Bohr e o sistema solar. Pra isso a gente vai usar os slides que a gente montou. (Apresentação dos slides)

“De acordo com a teoria de Bohr, o átomo seria como o sistema solar”. Eles usam analogias pra familiarizar o estudo, pra facilitar o entendimento dos alunos em geral... dos estudantes... do entendimento do que tá sendo proposto, que no caso, seria o modelo de Bohr. Usaram o sistema solar porque é um domínio familiar... todo mundo conhece o sistema solar, todo mundo tem uma idéia de como esse sistema seria

▪ JNA

Já foi feita uma pesquisa e relatou-se que mais de 60% dos alunos, eles conseguem visualizar ou entender o sistema solar, e é por isso que a gente fala que facilita a analogia.

▪ Professor

Quantos por cento?

▪ JNA

Aproximadamente 60% dos alunos de escola particular. A gente pode ler isso aqui (apontando para os slides).

▪ AMD

(Leitura do texto do 2º slide seguida pela apresentação dos slides 3, 4, 5 e 6): “Analogia do modelo do átomo de Bohr com o sistema solar: - Na analogia do modelo de átomo de Bohr com o sistema solar o domínio familiar é o sistema solar, conhecido pelos alunos, e o domínio científico é o modelo de átomo de Bohr, desconhecido pelos alunos. Através da exploração de algumas/alguns relações/atributos comuns a ambos os domínios podemos construir, ilustrar, descrever ou prever o domínio científico pretendido”.

(s.3) “O que é analogia?” (s.4) “Relação de semelhança”, que no caso seria o sistema solar, “entre coisas diferentes” (s.5), que no caso é o átomo de Bohr. Então nem tudo pode ser comparado. A gente usa a analogia pra comparar, apenas pra ter uma idéia... então a gente vai mostrar o que a gente pode comparar.

(s.6) O modelo de Bohr propunha um núcleo positivo com partículas neutras também e elétrons girando em órbitas circulares pela eletrosfera. O sistema solar: a gente pode estar comparando o sol, apesar do tamanho, como se fosse o núcleo, aqui, e as órbitas circulares onde estão concentrados os elétrons.

(s.7) As semelhanças: Foi o que eu falei né... o sol seria o núcleo e os planetas seriam as partículas, ou seja, os elétrons girando entorno do átomo e os planetas girando entorno do sol.

▪ JNA

E eu vou ler agora as semelhanças e logo após as diferenças.

(Leitura do slide 7): “O Sol é como se fosse o núcleo do átomo e os planetas as outras partículas. No sistema solar os planetas não se misturam ao Sol. Assim acontece com os átomos, que não se misturam com o núcleo. Em ambos os domínios existem forças de atração. Planetas e Sol: gravidade. Elétrons e núcleo do átomo: forças eletrostáticas. A concentração de massa é muito maior no núcleo assim como no Sol”.

Essas são as semelhanças mais importantes.

- AMD

Explicando o que ela falou, os planetas não conseguem se misturar, eles não conseguem chegar perto do sol assim como no núcleo não é possível pegar os elétrons e aproximar até se misturar com o núcleo.

Aqui (apontando para o slide 8) as diferenças

“Todas as órbitas são elipses de pequena excentricidade enquanto que no átomo, a órbita é circular (excentricidade igual a zero). Tamanho diferente dos planetas. Dimensão dos sistemas comparados”.

- JNA

Excentricidade é o achatamento. O tamanho diferente dos planetas é uma diferença também porque os elétrons, além de serem partículas minúsculas, são representados do mesmo tamanho e os planetas são todos de tamanhos diferentes. Dimensão dos tamanhos comparados: a gente não pode comparar... se a gente for comparar o átomo ele é muito pequeno... se a gente for mostrar o tamanho do núcleo, o raio, as proporções, as medidas, não estão em escala, quando se representa no livro didático não estão em escala.

- AMD – (apresentação do slide 9)

... “Assim nem tudo pode ser comparado”, como a gente já havia dito.

“Massa e tamanho do núcleo em relação ao Sol”: o núcleo tem uma massa de acordo com cada elemento químico e o sol não. É claro que o sol é muito maior que o núcleo do átomo. A massa do átomo é... a gente pegou a de carbono pra facilitar... é 12,0107 u, que é a unidade de medida de átomos. E o raio é 70 picômetros... e tem uma relação (apontando para o slide) entre picômetros e metros e de massa com quilos. A massa do sol é muito maior: $1,9891 \times 10^{31}$ kg então... o diâmetro do sol chega a 1.392.000 km. A gente colocou aqui a proporção: 1 unidade de massa atômica vale $1,66 \times 10^{-27}$ kg e 1 picômetro é igual a 10^{-12} m. Só pelo desenho dá pra gente perceber a diferença entre o tamanho do núcleo... claro que o desenho não está em escala... o núcleo tá superdimensionado e o sol tá bem menor.

(Leitura do slide 10)

“De acordo com a lógica...” isso foi uma frase de um pesquisador que foi até na pesquisa que a Joana citou que 60% dos alunos entendiam a relação do átomo de Bohr com o sistema solar... “De acordo com a lógica, com idéias diferentes, você pode não entender uma e entender a outra, e como consequência, entender as duas!”

- JNA

Bom, se a gente entende o sistema solar e vários alunos têm dificuldade de entender o átomo de Bohr, é provável, é lógico que se ele entende um ele vai entender o outro e isso com a ajuda do professor; se ele explicar direitinho como é que funciona o sistema solar, com a ajuda do professor...

- AMD

... inclusive como o Alexandre explicou pra gente, como o modelo de Thomson comparado com o pudim de passas... temos que especificar se as passas estão dentro, se elas estão por fora, assim como o sistema solar: o que está sendo comparado? É o tamanho do Sol? São as órbitas? As forças? Isso tem que ser especificado para um melhor entendimento.

A gente colocou as analogias de alguns outros sistemas. O modelo de Thomson com o pudim de passas (apontado para o slide 11)... ele diz que as passas estão distribuídas como as cargas negativas homogeneamente por todo...

- JNA

Se o aluno conhece, tem familiaridade com o pudim ele vai entender, entender melhor o modelo de Thomson... é isso que a gente tá querendo explicar.

Assimilar... gravar... (AMD)

- AMD

O modelo de Dalton, que ele dizia que era como uma bola de sinuca, que era uma esfera maciça.

- JNA (leitura do slide 13)

“... entre coisas diferentes é possível notar características diferentes. Assim, as analogias apresentadas anteriormente, previamente explicadas pelo professor, são mecanismos que facilitam a visualização e a adequação dos modelos, desde que os alunos percebam as limitações existentes”.

E é por isso que a gente tá apresentando as limitações existentes entre o sistema solar e o átomo...

- AMD

... e assim como existe em todos outros modelos, tanto no de Dalton, como no de Thomson, no de Rutherford... não só em Química, mas em toda e qualquer analogia que for feita entre quaisquer coisas existentes, existem limitações. E o que foi descrito nesse filme que a gente acabou de ver, “desde os gregos, idéias, teorias e postulados vem sofrendo modificações” (slide 14)... como foi dito os gregos achavam que não existia átomos, achavam que existiam quatro elementos fundamentais que formavam outras coisas e com o tempo essas teorias foram sendo modificadas, a partir de estudos...

(leitura do slide 15): “São séculos de pesquisa... tudo depende da constante busca por respostas cada vez mais intrigantes”

... com o passar do tempo, os pesquisadores e a própria sociedade queria saber as respostas... porque os fenômenos aconteciam. Assim como os antigos usavam a mitologia pra explicar os fenômenos, cada vez mais que o conhecimento foi se aprofundando, foi melhorando... Dalton foi o primeiro a propor um modelo.

- JNA (leitura do slide 16)

“Nem tudo na ciência corresponde à verdade absoluta. Portanto, não era a intenção de Bohr e nem de seus estudiosos, uma representação totalmente fiel ao modelo, mesmo porquê eles sabiam que o mesmo modelo não explicava tudo e estava à mercê do estudo científico da época”.

Então é isso que a gente tá querendo dizer, que, como tudo tá sujeito a mudanças, a gente não pode falar que o modelo de Bohr ou de outros eu vieram depois dele são fiéis à realidade...

- AMD

... e muito menos as analogias usadas para melhor entendimento dos mesmos

Equipe 2

- FLV

Primeiro a gente gostaria de mostrar como Bohr falou que era o átomo pra vocês terem uma idéia das comparações que vão ser feitas.

Bohr desenvolveu seu modelo que foi publicado em 1913, e isso ele propôs que os elétrons nos átomos movimentam-se ao redor do núcleo em trajetórias circulares chamadas de camadas ou níveis (apontando para a modelo da estrutura atômica construído pelo grupo).

- CML

Cada um desses níveis possui um valor determinado de energia. Se cada nível não tivesse energia, eles iam movimentar desordenadamente, mas como cada um tem, quando ele supera o nível de energia, ele passa pra outro nível e assim por diante.

- FLV

Não é permitido para um elétron permanecer entre dois desses níveis. Tanto é que se um elétron estiver no seu estado elementar, quando estiver na camada de origem dele, pode-se dizer assim, aí ele pode tanto adquirir energia pra passar pra um nível mais alto de energia, pra outra camada, ou liberar energia pra passar pra outro, aí o elétron vai se encontrar em estado excitado, mas aí depois volta pra seu estado elementar.

- CML (leitura de um texto)

O retorno do elétron a nível inicial se faz acompanhar com liberação de energia na forma de ondas eletromagnéticas; ondas que se propagam no ar e no vácuo.

- FLV

(leitura no texto): “Os elétrons podem girar em órbitas somente a determinadas distâncias permitidas do núcleo”.

Ou seja, ele não tá em órbitas que podem chegar muito próximo do núcleo, nem muito afastadas. Essas órbitas têm raio definido. Ele vai ficar mais ou menos num raio proposto pela teoria.

▪ CML

... e quando o raio é muito longe, ele acaba perdendo elétron pra o espaço... porque o raio é muito grande...

▪ FLV

... ele perde pra outro átomo que pode tá lá; ele pode perder esse elétron.

Agora a gente vai falar dos tópicos de divergência com o sistema solar.

▪ CML

(Leitura do 1º tópico): “Diferentemente dos planetas, os elétrons não possuem órbitas fixas, podendo saltar de um nível de energia de menor para um maior e vice-versa, desde que este elétron absorva ou libere energia suficiente para esta transição”

É... os elétrons não possuem órbitas fixas; os planetas possuem. Imagina se não possuísssem... ia ter planeta vagando aí e a gente ia achar... trombar nos planetas... (apontando para o modelo de sistema solar elaborado pelo grupo).

▪ FLV

... porque um elétron pode passar de um nível pra outro, já um planeta, ele não pode pegar a sua órbita e ir para a órbita de outro planeta, e trocar; isso não pode acontecer... (CML)... cada planeta tem sua órbita fixa... e não muda.

▪ CML

(Leitura do 2º tópico): “Dizia Bohr: ‘é bastante provável que um elétron em uma órbita distante (décima ou vigésima órbita), fosse perdido pelo átomo’, ou seja, outro átomo o arrebataria ou uma onda de energia eletromagnética o deixaria a esmo como um ‘elétron livre’ movimentando-se através do espaço entre os átomos. Isso não acontece com os planetas que por mais distante que seja seu raio, ele não perde sua atração gravitacional, como, por exemplo, Plutão, que possui um raio de 39,4 UA”.

Ou seja, Plutão, a gente viu agora (se referindo ao vídeo com a reportagem veiculada pelo programa Fantástico) que ele foi até considerado mas ele não ficou perdido... nenhum outro planeta pegou ele e... (FLV)... se agrupou a outra parte... porque os planetas vão perdendo a força gravitacional e vão perdendo tipo o contato com o Sol, no caso... Plutão é um planeta gelado e escuro, os raios solares não chegam lá com tanta facilidade como nos outros. Já no átomo, todos têm uma atração com o núcleo (apontando para o modelo de átomo feito com arame e bolar de isopor) só que se eu tiver outro átomo em contato com esse que tem uma atração, uma órbita muito grande... (CML)... a camada mais longe tende a perder o átomo pra outro, o elétron aliás, para o outro.

▪ CML

(Leitura do 3º tópico): “No sistema solar, existem outros corpos celestes ‘girando’ entorno dos planetas (ex: luas), no entanto, nos elétrons não há nenhuma outra partícula circulando entorno deste”.

Nos planetas, igual tem a Terra que tem uma lua... Saturno, se não me engano, são 27 u 28 luas, não sei, e no átomo não: o elétron gira entorno do núcleo e não tem nada girando entorno do elétron... (FLV)... o elétron seria a última partícula por fora do núcleo. Já nos planetas, que seriam os átomos, no caso aqui (apontado para a montagem do sistema solar) cada um tem lua, tem outros corpos celestes girando em volta dele; o que você não pode falar que acontece no modelo atômico.

▪ CML

(Leitura do 4º tópico): “No átomo, os elétrons giram entorno do núcleo de forma circular, já os planetas descrevem uma órbita elíptica”.

▪ FLV

A forma circular é que um elétron quando tá descrevendo, ele vai fazer um círculo entorno do átomo. Já, por exemplo, a Terra, tem períodos do ano nosso que ela tá mais próxima do Sol e tem períodos que ela tá mais afastada, fazendo com que sua órbita seja elíptica.

▪ CML

(Leitura do 5º tópico): “Na Física Atômica, o átomo de Bohr, é um modelo que descreve o átomo como um núcleo pequeno e carregado positivamente cercado por elétrons em órbita circular, numa estrutura similar ao do sistema solar, MAS onde a atração é resultado de forças eletrostáticas e não da gravidade”

- FLV

As forças seriam diferentes no caso. Cada força que tem uma atração, no átomo é eletrostática e no sistema solar é a gravidade... (CML)... por isso que plutão não foge da órbita dele, por causa da gravidade... pode acontecer com o átomo.

- CML

(Leitura do 6º tópico): “Não podemos pensar em um elétron com velocidade e posição definida, pois varia de elétron para elétron. Já os planetas possuem períodos (tempo gasto para dar uma volta entorno do Sol), variando entre os diferentes planetas, mas cada um possui seu período constante”.

Todo planeta tem uma determinada velocidade pra dar a volta ao Sol que faria os anos... igual um ano terrestre... o ano de Plutão corresponde a 168 anos terrestres mas... ele sempre vai gastar esse tempo... apesar de ser bem grande e bem diferente entre si, não vai mudar nunca o tempo que cada um gasta. E o elétron não... cada um tem um tempo diferente... (FLV)... se tiver numa camada ele vai dar uma volta, e aí como ele pode mudar de camada ele pode... vai dar uma volta com período diferente.

- CML

(Leitura do 7º tópico): “Os elétrons possuem um tamanho definido o que não ocorre nos planetas”.

Cada planeta do sistema solar tem seu tamanho definido. A Terra tem um, Marte tem outro, cada planeta não é do mesmo tamanho. Já os elétrons têm o mesmo tamanho pra ser representado.

- LRA

A gente não pode fazer uma analogia entre o sistema solar e o átomo porque existem diferenças como estas que a gente falou que são berrantes. Por exemplo, se não tivesse a gravidade os planetas não iam ter esse... (apontando para os círculos de arame da montagem do sistema solar) o caminho definido, a velocidade... e no átomo não, os elétrons podem sair, ir para outro lugar... igual Plutão não ficou perdido... e o elétron ele se perde... (FLV)... e nem como forma de representação porque a forma de representação do sistema solar, você pode falar que ela é meio plana, você pode representá-la plana, já pra o elétron não, pra ele seria espacial, eles rodam entorno do núcleo de forma variadas (mostrando o modelo de átomo feito com arame)... (CML)... eles giram de forma desordenada e livre e os planetas não; eles giram de forma elíptica mas naquele mesmo plano... os elétrons têm a liberdade de... fazer um movimento livre.

➤ **3ª PARTE – Contra-argumentação**

Equipe 1

- JNA

... nós estamos a par de todas as diferenças e de todas as semelhanças e mesmo assim sabemos que pode a analogia ser feita porque as principais características que são o núcleo e a eletrosfera podem ser comparadas.

- AMD

A gente vai retomar o conceito de analogias. Analogias são comparações entre coisas diferentes. Portanto, o conceito de analogia está claro. O sistema solar e o átomo proposto por Bohr não são iguais; são diferentes. O que a gente quer comparar é a disposição dos planetas com os elétrons, a disposição do núcleo, da força de atração, que apesar de não ser igual pode ser comparada. A analogia é um meio de facilitar o entendimento dos alunos. Ela não tem que ser totalmente fiel a todas as regras do sistema solar quanto do sistema de Bohr. Assim como temos a bola de sinuca: ela não é exatamente igual ao átomo. Assim como o pudim de passas não é... (pegaram a vasilha com o pudim com passas para mostrar a turma). A gente trouxe aqui exatamente pra mostrar isso. A bola de sinuca (mostrando a bola trazida pelo grupo), o átomo que Dalton propôs, não é desse tamanho, não era exatamente desse formato, não era exatamente dessa cor. Assim como o modelo de Thomson (apontando para o pudim): o átomo não tinha esse formato; os elétrons não são como as passas... (JNA)... podem haver duas passas juntas, três passas juntas... pode ser que tenha um pedaço de maisena dentro do pudim... então isso tem que ser explicado pelo professor... (AMD)... por isso as analogias não são totalmente fiéis; são apenas meios para facilitar o entendimento dos alunos.

Equipe 2

- FLV

...falaram do modelo de Bohr mas as semelhanças mesmo não ficaram marcadas pelo trabalho... falaram até das diferenças... acho que o trabalho (da equipe 1) era só das semelhanças e as diferenças eram do nosso grupo.

- ALD (Equipe 1)

Protesto: o professor deixou bem claro que era pra gente falar... na folha que o [professor] deu (Apêndice F) ficou bem claro que todos os grupos tinham que saber as semelhanças e as diferenças pra poder explicar melhor; não necessariamente só vocês tem que falar as diferenças e a gente falar as semelhanças.

- CML (Equipe 2) – réplica

Eu acho que deveria saber sim pra vocês contra-argumentarem...

- AMD (Equipe 1)

O trabalho que foi proposto era um projeto de analogias. O que está escrito aqui como nossa proposta: "De acordo com a teoria de Bohr, o átomo seria como o sistema solar". Isso é uma analogia, então a gente pode sim apresentar o conceito de analogia, as diferenças e as semelhanças, para que todos entendam o que é semelhante, o nosso papel de reforçar as semelhanças e o que não é semelhante, ou seja, o que é diferente.

- BBR (Equipe 2)

Eu acho que no trabalho da outra equipe, eles passaram insegurança em relação ao que eles estavam defendendo, e que eles defenderam a nossa tese também, mostrando insegurança, falando inclusive das diferenças, que eles deviam ter deixado a gente estudar; citaram essas diferenças e defenderam a nossa tese, mostrando insegurança na tese deles, comprovando muito mais o nosso lado do que o lado deles.

- AMD (Equipe 1)

Protesto! Agente procurou tentar mostrar os dois lados pra que vocês pudessem entender... assim como as analogias para serem entendidas, a gente tem que mostrar os dois lados...

- FLV (Equipe 2)

Uma outra crítica que eu gostaria de fazer ao trabalho deles foi que semelhanças foram apresentadas duas e uma delas ainda errada. Falaram que os planetas estão em órbita circular e não é: é em órbita elíptica, pois tanto é que o Sol, tem momentos que a Terra está mais próxima do Sol e momentos que tá mais afastada. E foi um slide só apresentado com semelhanças. Eu acho que o tamanho deles deveria estar mais concentrado nas semelhanças.

➤ 4ª PARTE – Apresentação final

Equipe 2

- CML

A única semelhança marcante que foi passada foi que o átomo seria como o sistema solar, o Sol sendo o núcleo com os planetas em suas órbitas elípticas rodando em volta... eu acho que foi a única coisa bem clara que deu pra todo mundo perceber.

- BBR

Eu acho que as diferenças que elas (equipe 1) apresentaram são maiores que as semelhanças; o número de diferenças entre o átomo de Bohr e o sistema solar é maior que o número de semelhanças... em quantidades entendeu... existem mais diferenças entre o modelo de átomo e o sistema solar do que semelhanças.

- FLV

... e talvez até não existam em quantidades maiores as diferenças do que as semelhanças, mas acho que foram apresentadas com mais clareza e em maior quantidade as diferenças do que as semelhanças.

- Professor (juiz)

Mais alguma pergunta que os jurados gostariam de fazer?

- JP (jurado)

E a pergunta tem que ser só da apresentação?...

- Professor (juiz)

A pergunta é livre...

- JP (jurado)

Eu queria só perguntar no que eles se basearam pra montar o... (apontou para os modelos construídos pela Equipe 2)... tipo se tiraram de algum livro ou foi da cabeça assim...

- FLV (Equipe 2)

Todas as coisas foram elaboradas a partir do livro do Pitágoras... o modelo todo foi de lá... (CML)... tanto o modelo atômico quanto o modelo do sistema solar... (FLV)... de apostilas anteriores e até a nossa do 3º ano também.

Equipe 1

- AMD

... a gente baseou nosso trabalho principalmente no conceito de analogia, que eu acho que essa que era a idéia do trabalho, e isso que a gente quis mostrar; o que é possível analisar dentro das seguintes semelhanças, que foram as duas mais importantes que a gente mostrou... que o resto não é possível comparar. Então a gente quis deixar claro o conceito de analogia pra demonstrar que as analogias são feitas para melhor entendimento – entendimento do sistema de Bohr que é feito de acordo com a disposição do núcleo e dos elétrons; não cabe o estudo das demais forças nem nada, e como a Joana apresentou a pesquisa, quando apresentaram o sistema solar da forma que... com um desenho próprio... com... como se diz... as semelhanças, as exatas semelhanças, mostraram o desenho e perguntaram aos alunos se eles entendiam o modelo de Bohr – lógico que anteriormente eles mostraram o que era o modelo de Bohr, e 60% dos alunos, ou seja, mais da metade conseguiu compreender o sistema de Bohr a partir dessas duas únicas semelhanças e a partir dos dois únicos desenhos.

- HQR

Se você faz a comparação você não tá falando que é igual. Ele tá comparando mostrando que os elétrons não estão soltos, em qualquer lugar e sim estão numa roda definida assim como os planetas estão ao redor do Sol.

- AMD

... pra reforçar o nosso conceito de analogia nós vamos apresentar o modelo de Dalton e o modelo de Thomson, só pra ficar claro o conceito de analogia e o que pode ou não ser comparado dentro de uma analogia.

- KNA

Segundo Dalton o átomo era indivisível, maciço, homogêneo, como a bola de sinuca (mostrando a bola trazida pelo grupo)

- AMD

E a bola de sinuca (pegando-a), a gente pode ver que... Dalton não propôs que o átomo era desse tamanho, não propôs que era dessa cor, não propôs que era exatamente desse... desses pontinhos que tem aqui na bola.

- LCO

Segundo Thomson era uma esfera de carga positiva na qual os elétrons, de carga negativa, eram distribuídas mais ou menos uniformemente. A carga positiva está distribuída homogêneamente por toda a esfera.

- AMD

Aí, o que a gente falou (segurando o pudim preparado pelo grupo) que... Thomson propunha um pudim de passas... as passas seriam os elétrons distribuídos uniformemente e a massa do pudim, essa massa meio amarronzada seria a massa positiva...

- Professor

Só uma pergunta: tem passas só na superfície?

- AMD e ALS

Tem dentro, só que muito pouco, porque ao ferver o pudim, as passas, elas são menos densas do que o conteúdo lá e aí elas sobem... e é muito difícil elas ficarem em baixo... e no desenho (slide nº11) a gente conseguiu mostrar que tinha passas dentro e em cima também.

- AMD

E a gente quer mostrar o seguinte: Thomson não quis dizer que o átomo tinha exatamente esse formato, esse jeito com furo no meio, que era dessa cor, que tinha essa... consistência, que tinha esse aspecto... ele só quis comparar: “Olha, é mais ou menos isso; pra vocês entenderem é uma esfera de massa positiva como um pudim”. Não que seja exatamente isso, dessa cor, desse jeito.

- JNA

Só mais uma coisa: a gente apresentou semelhanças e diferenças, e como a gente apresentou os dois lados, quer dizer que nós estamos seguros que nossas idéias estão corretas. Pode ser comparado... nós estamos seguros... (MCL)... a gente não defendeu a tese do outro grupo... a gente só mostrou os argumentos apenas... o átomo de Bohr é sim semelhante ao sistema solar, não é igual; é semelhante. É diferente falar isso, assim como o FLP é semelhante ao HRQ, mas eles não são iguais (os alunos FLP e HRQ são irmãos gêmeos).

- Professor

Eu gostaria de fazer uma pergunta. Essa pergunta vale para as duas equipes. Vou fazer a pergunta e gostaria que vocês pensassem em 1 minuto a resposta, pra logo em seguida, primeiro a equipe 2 e logo depois a equipe 1, falar sua resposta.

Qual seria a principal vantagem de se afirmar, ou que o átomo de Bohr não é como o sistema solar ou que o átomo é como o sistema solar? A principal vantagem hein!...

- FLP (Equipe 2)

Na analogia comparou só o que é igual, na analogia tem que comparar como um todo. Não só a igualdade que nem compararam o núcleo e as órbitas... e também não pode comparar uma coisa que é muito diferente, porque se não o aluno vai ter uma imaginação errada sobre o que é um átomo e quais são os conceitos dele... (BBR)... eu acho que a vantagem dos exemplos dados como o pudim de passas, o sistema solar, a vantagem é que fica mais fácil o aluno entender, de assimilar entendeu... mas desvantagem, na minha opinião é que o aluno fica com aquilo muito na cabeça e que não é uma coisa que é tão certa, e que então ele pode errar...

- Professor

Explica melhor um pouquinho Bárbara: como assim “ele fica com essa coisa na cabeça”?

- BBR

O aluno associa o sistema solar com o sistema de Bohr e nessa associação ele não consegue entender as diferenças, porque ele acha que uma coisa é igual a outra... (LRA)... igual quando um é plano e o outro não é plano... (CML)... deixa eu dar um exemplo bobinho: os elétrons conseguem mudar de órbita com a quantidade de energia. A partir do momento que ele vai adquirindo mais energia, ou menos, ele vai subindo ou descendo de órbita respectivamente... se ele adquire mais ele passa pra uma órbita maior, se ele adquire menos, se ele perde energia, ele passa pra uma órbita menor e... isso não acontece com o sistema solar; um planeta, só porque ele tem “menos” ou “mais energia” que o outro, que também não é... ele não vai mudar a órbita dele, ele não pode mudar a órbita dele.

- AMD(Equipe 1)

Como a gente já havia dito, a principal vantagem de fazer a comparação com o sistema solar é a importância do aluno assimilar as duas coisas, que mesmo ele não entendendo o conceito científico, que ele consiga entender a imagem que está sendo reproduzida para que ele tenha uma melhor... estudo... fixe essa informação na mente.

Então, eu vou falar um pouco da pesquisa que foi realizada pra gente ter uma melhor idéia: “Finalmente, é importante enfatizar que os alunos podem ter tido dificuldades em reconhecer as limitações e/ou prováveis incoerências no uso de ambas as analogias em função de tais limitações não terem sido discutidas durante o ensino...”. Então por isso que a gente mostrou as limitações, por isso que a gente mostrou as diferenças para que o aluno entenda o que pode e o que não pode ser comparado. É fundamental, foi pesquisado, foi comprovado, a serem apresentadas as limitações, se não o conceito fica vago, fica difícil pra o aluno entender... então é preciso afirmar e reafirmar que existe, que é possível sim fazer essa comparação, com certeza, dentro de um contexto, desde que o aluno entenda que nem tudo pode ser comparado, que entenda que a analogia é uma comparação entre coisas diferentes; se nem tudo pode ser comparado, deve e tem que ser mostrado tudo aquilo que tá diferente, até onde esse modelo pode ir. Foi por isso que os 40% que não conseguiram entender foram os que não assimilaram as limitações.

RESULTADO DO JULGAMENTO

Em um local separado das duas equipes, o grupo de jurados decidiu, por 6 votos a 3, que a Equipe 2 apresentou argumentos mais consistentes e convincentes.

Após a divulgação do resultado para a turma, alguns alunos do grupo de jurados pediram para fazer declarações que justificariam o resultado favorável à equipe 2.

Para a transcrição desses depoimentos, selecionamos a declaração de uma aluna e a resposta da Amanda (equipe 1) ao comentário.

DEPOIMENTO ESPONTÂNEO DOS JURADOS E RESPOSTA DA ALUNA AMANDA

Importante: final do depoimento – HLN S. e AMD

- HLN (falando para o professor e para a turma)

Apesar de eu achar que teve muita crítica tanto por parte do grupo 2 quanto por parte do grupo 1, acho que o grupo 2 conseguiu expor as idéias, expor os argumentos deles muito mais fácil, com mais clareza, e mais... (GBL)... e apresentou mais argumentos... (HLN)... e teve mais certeza do que tava falando do que o grupo 1. Acho que o grupo 1 ficou muito mais preocupado em mostrar que eles tavam fazendo uma analogia, que analogia não compara só as coisas semelhantes mais as coisas erradas e... esqueceram de argumentar muito sobre as semelhanças, que era o grupo deles...

- AMD (respondendo ao comentário)

... é porque realmente, desde que a gente começou a pesquisar, eu e a Joana, e foi difícil pra gente conseguir fazer o trabalho. No decorrer do nosso trabalho, no decorrer da nossa pesquisa a gente viu que realmente não era como o sistema solar, que existiam mais argumentos favoráveis ao grupo 2, então foi muito difícil pra gente construir em cima de apenas duas semelhanças...

- Professor

... tinham mais argumentos favoráveis ao grupo 2?

- AMD

... é, eu conversei com alunos de 3º ano, com alunos de 1º ano, e todos achavam que não, ... é difícil você construir em cima de uma coisa que a maioria acha que não...

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO DE APRECIÇÃO DA DINÂMICA DO JÚRI SIMULADO APLICADO AOS ALUNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

AVALIAÇÃO DO JÚRI SIMULADO

Caro aluno,

Responda as seguintes questões considerando as atividades desenvolvidas em função da dinâmica do júri simulado sobre a analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar. Não há respostas corretas. O importante para nós são suas próprias idéias.

Idade: _____

“Eu participei da: ☐ Equipe 1 ☐ Equipe 2 ☐ Equipe dos jurados”

1. Quais foram as suas impressões, sentimentos ou considerações sobre a dinâmica do júri desenvolvida para o assunto (modelo atômico de Bohr)?

2. Escreva os principais conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr que você aprendeu durante esse trabalho.

3. Sobre a afirmação a seguir, assinale e justifique sua opinião:

“O átomo, segundo o modelo de Bohr, é como o sistema solar”.

☐ Discordo totalmente
☐ Discordo parcialmente

☐ Concordo parcialmente
☐ Concordo totalmente

☐ Não sei responder

APÊNDICE J – RELAÇÃO DE LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA ESCOLHIDOS PARA ANÁLISE DA APRESENTAÇÃO DO MODELO ATÔMICO DE THOMSON.

A	• <i>Curso Completo de Química</i>, de Antônio Sardella (volume único, Editora Ática, 2003).
B	• <i>Fundamentos da Química</i>, de Ricardo Feltre (volume único, Editora Moderna, 2001).
C	• <i>Fundamentos de Química Geral</i>, de Morrins Hein e Susan Arena (9ª edição, LTC Editora, 1998).
D	• <i>Química – Ensino Médio</i>, de Alexandre Ferry (Ined Inovação Educacional, 2003).
E	• <i>Química – Química Geral</i>, de João Usberco e Edgard Salvador (volume 1, Editora Saraiva, 2002).
F	• <i>Química 1 – Química Geral e Inorgânica</i>, de Dácio Rodney Hartwig, Edson de Souza e Ronaldo Nascimento Mota (volume 1, Editora Scipione, 1999).
G	• <i>Química para o ensino médio</i>, de Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado (volume único, Editora Scipione, 2003).
H	• <i>Química, conceitos básicos</i>, de Eduardo Roberta da Silva, Olímpio Salgado Nóbrega e Ruth Hashimoto da Silva (volume 1, Editora Ática, 2001).
I	• <i>Química, o homem e a natureza</i>, de Geraldo José Covre (volume 1, Editora FTD, 2000).
J	• <i>Química, realidade e contexto</i>, de Lembo (volume único, Editora Ática, 2002).
K	• <i>Química Ensino Médio – 1ª série</i>, de Maria Cláudia Oliveira Costa e Ríveres Reis de Almeida (livro 1, Editoria Educacional, 2007).
L	• <i>Química Ensino Médio Revisional – 3ª série</i>, de Geraldo José da Silva (livro 2, Editora Universidade, 2006).



Alexandre da Silva Ferry

Analogies and *counter-analogies*: a help didactic strategy for
the teaching of atomic models

Analogías y contra-analogías: una estrategia didáctica para
ayudar a la enseñanza de los modelos atómicos

Belo Horizonte

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG

2008

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)