



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Instituto de Física**  
**Instituto de Química**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE**  
**CIÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários  
no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da  
constituição atômica da matéria

**Lígia da Silva Almeida Melo**

**Brasília – DF**  
**Dezembro de 2011**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Instituto de Física**  
**Instituto de Química**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE**  
**CIÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria

**Lígia da Silva Almeida Melo**

Dissertação realizada sob orientação da Prof. Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração Ensino de Física, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

**Brasília – DF**  
**Dezembro de 2011**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Melo, Lígia da Silva Almeida.

Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria: Universidade de Brasília – DF, 2011, 195 p.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade UnB Planaltina do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília. Área de Concentração: Ensino de Física.

1. Átomo. 2. Seminário. 3. Ensino de Física. 4. Ensino Médio. 5. Livro Didático.

**Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria**

**LÍGIA DA SILVA ALMEIDA MELO**

Dissertação realizada sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração Ensino de Física, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em        de        de 2011.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima da Silva Verdeaux  
(Presidente)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Eliana dos Reis Nunes  
(Membro externo – IF/UnB)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Célia Maria Soares Gomes de Sousa  
(Membro interno vinculado ao programa – IF/UnB)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Eliane Mendes Guimarães  
(Suplente – FUP/UnB)

Brasília - DF  
Dezembro de 2011

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre representaram o motivo maior dos meus estudos, ao meu esposo pelo carinho, paciência e dedicação e, à minha filha Vitória que chegou num período bastante turbulento de nossas vidas e recebeu o título carinhoso de “mestrado”.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela renovação da esperança nas horas em que achava que tudo estava perdido, que não enxergava a saída.

Aos meus pais, Lenildo e Odete, minhas irmãs Lillian, Luana e Laís e, ao meu irmão Leno que mesmo todos morando distante sempre me apoiaram.

Em especial agradeço à minha mãe que, nos últimos segundos da prorrogação deste mestrado deixou sua casa para cuidar da minha.

À minha tia Fátima (*in memoriam*) pelas palavras diárias de incentivo e encorajamento nos momentos de desestímulo que inevitavelmente apareceram.

À minha orientadora Maria de Fátima Verdeaux pela sua infindável paciência que tanto me acalma nos momentos de desespero. Foi meu porto seguro durante todo este período. Sentia-me sempre mais segura quando sabia que ela estava por perto.

À prima Tamiris pelos seus cuidados de tia-mãe com a minha filha Vitória.

À prima Erika e família pelo carinho e incentivo para continuar nesta caminhada.

Às minhas amigas Justina e Lúcia sempre atenciosas e preocupadas com o acúmulo de tarefas neste período de árduo trabalho.

Ao meu amigo e colaborador João Alberto que sem piscar os olhos me cedeu suas turmas para a aplicação deste projeto.

À Secretaria de Educação do Distrito Federal, à direção da escola, aos professores que sempre estiveram prontos a colaborar cedendo algumas de suas aulas, e aos estudantes que em meio a tanta turbulência na escola colaboraram participando das atividades propostas.

Aos professores e colaboradores do PPGEC, em especial à Carolina Okawashi e ao Diego Cadavid pela presteza no atendimento e simpatia.

*"Se, em algum cataclisma, todo o conhecimento científico for destruído e só uma frase puder ser passada para a próxima geração, qual seria a afirmação que conteria maior quantidade de informação na menor quantidade de palavras? Eu acredito que seria a hipótese atômica de que todas as coisas são feitas de átomos..."*

Richard Feynman (1918-1988)  
em *The Feynman Lectures on Physics*

## RESUMO

Essa dissertação investigou a eficácia do uso de seminários no Ensino Médio em busca de uma aprendizagem significativa acerca da constituição atômica da matéria. Portanto, conteúdos acerca das evidências experimentais da existência do átomo foram abordados. Assim, foi feita uma análise em livros didáticos de Física e de Química com o objetivo de verificar a presença destes conteúdos e a forma como são apresentados. Esse projeto de pesquisa, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, foi realizado em uma escola pública do Distrito Federal com duas turmas da segunda série do Ensino Médio, das quais uma compôs o grupo experimental e a outra o grupo controle. No grupo experimental os estudantes prepararam e apresentaram seminários, de forma orientada, utilizando roteiros-guia desenvolvidos para cada tema abordado. No grupo controle a professora/pesquisadora ministrou aulas sobre os mesmos temas dos seminários. Todos os estudantes responderam a um pré e um pós-teste a fim de verificar a relação entre o uso de seminários e o aumento na compreensão dos conceitos abordados. Os dados obtidos foram analisados de forma qualitativa e, indicaram que a elaboração e a apresentação de seminários devidamente orientados favorecem o alcance de melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem. O material didático produzido e utilizado neste trabalho compõe a proposição didática e, encontra-se nos apêndices dessa dissertação.

**Palavras-chave:** Átomo; Seminário; Ensino de Física; Ensino Médio; Livro Didático.



## **ABSTRACT**

This work investigated the efficacy of seminars in high school students in search of a meaningful learning about the atomic constitution of matter. Therefore, contents about the experimental evidence of the existence of the atom were approached. Thus, an analysis was done in textbooks of physics and chemistry in order to verify the presence of these contents and how they are presented. This project, based on the Theory of Meaningful Critical Learning, was held in a public school of Federal District, with two classes of second grade high school, from which one composed the experimental group and the other composed the control group. In the experimental group, the students prepared and presented seminars, in a targeted manner using script guides developed for each theme. In the control group the teacher/researcher taught the same topics of the seminars. All the students answered a pre-and a post-test to verify the relationship between the use of seminars and increased understanding of the approached concepts. The data were analyzed qualitatively and they indicated that the preparation and presentation of seminars guided properly promote the achievement of better results in teaching and learning process. The didactic material produced and used in this work forms the didactic proposal and it is in the appendices of this dissertation.

**Key words:** Atom; Seminar; Physics Teaching; High School; Textbook.

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1:	Livros didáticos de Química presentes no catálogo do PNLEM 2008.....	50
QUADRO 2:	Livros didáticos de Física presentes no catálogo do PNLEM 2009.....	51
QUADRO 3:	Descrição dos aspectos analisados nos critérios de análise.....	52
QUADRO 4:	Resumo da análise dos livros didáticos de Física.....	76
QUADRO 5:	Resumo da análise dos livros didáticos de Química.....	78

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1:	Respostas da questão 1 do grupo experimental.....	92
GRÁFICO 2:	Respostas da questão 1 do grupo controle.....	92
GRÁFICO 3:	Respostas da questão 2 do grupo experimental.....	94
GRÁFICO 4:	Respostas da questão 2 do grupo controle.....	94
GRÁFICO 5:	Respostas da questão 3 do grupo experimental.....	96
GRÁFICO 6:	Respostas da questão 3 do grupo controle.....	96
GRÁFICO 7:	Respostas da questão 4 do grupo experimental.....	98
GRÁFICO 8:	Respostas da questão 4 do grupo controle.....	99
GRÁFICO 9:	Respostas da questão 5 do grupo experimental.....	101
GRÁFICO 10:	Respostas da questão 5 do grupo controle.....	101
GRÁFICO 11:	Respostas da questão 6 do grupo experimental.....	103
GRÁFICO 12:	Respostas da questão 6 do grupo controle.....	103

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
1. REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
1.1 Aprendizagem Significativa Crítica.....	21
1.2 O Uso de Seminários como Técnica de Ensino .....	27
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	31
2.1 Metodologia da Revisão.....	31
2.2 Categoria 1: Grupos de Ensino e Aprendizagem .....	32
2.3 Categoria 2: Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio .....	39
2.4 Categoria 3: Constituição Atômica da Matéria.....	43
2.5 Categoria 4: Analogias no Ensino dos Modelos Atômicos.....	45
3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA E QUÍMICA .....	47
3.1 Análise Descritiva dos Livros Didáticos .....	53
3.1-1 Coleção F1 .....	53
3.1-2 Coleção F2.....	55
3.1-3 Coleção F3 .....	57
3.1-4 Coleção F4.....	60
3.1-5 Coleção F5 .....	62
3.1-6 Coleção Q1 .....	63

3.1-7 Coleção Q2 .....	65
3.1-8 Coleção Q3 .....	69
3.1-9 Coleção Q4 .....	70
3.1-10 Coleção Q5 .....	73
3.2 Resumo da Análise dos Livros Didáticos de Física e Química .....	76
4. METODOLOGIA .....	81
4.1 O Contexto Escolar e o Delineamento da Pesquisa .....	81
4.2 Etapas da Pesquisa .....	82
4.2-1 Elaboração do Pré-teste e Pós-teste.....	82
4.2-2 Elaboração dos Roteiros-guia para Seminários e Relatórios .....	83
4.2-3 Seminários e Aulas .....	84
1º Encontro: Aplicação do Pré-teste.....	85
2º Encontro: Apresentação do Projeto.....	85
3º, 4º e 5º Encontros: Aula de Introdução.....	86
6º Encontro: Seminário 1 e Aula 1.....	87
7º Encontro: Seminário 2 e Aula 2.....	87
8º Encontro: Seminário 3 e Aula 3.....	88
9º Encontro: Seminário 4 e Aula 4.....	89
10º Encontro: Seminário 5 e Aula 5.....	89
11º Encontro: Aplicação do Pós-teste.....	90

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	91
5.1 Análise dos Resultados .....	91
5.2 Análise da Questão 1.....	91
5.3 Análise da Questão 2.....	93
5.4 Análise da Questão 3.....	95
5.5 Análise da Questão 4.....	98
5.6 Análise da Questão 5.....	100
5.7 Análise da Questão 6.....	102
5.8 Discussão acerca dos seminários e das aulas .....	105
6. A PROPOSIÇÃO DIDÁTICA.....	111
7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS .....	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120
ANEXOS .....	125
ANEXO 1 - Slide do Seminário 2: <i>Movimento Browniano</i> .....	125
ANEXO 2 - Slide do Seminário 3: <i>Efeito fotoelétrico</i> .....	126
ANEXO 3 - Slide do Seminário 4: <i>Efeito Compton</i> .....	127
ANEXO 4 - Slide do Seminário 5: <i>A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia</i> .....	129
APÊNDICE A: Pré-teste e Pós-teste .....	132
APÊNDICE B: Roteiro-guia para seminários - <i>Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O Experimento de Rutherford</i> .....	135

APÊNDICE C: Roteiro-guia para seminários - <i>Movimento Browniano: da observação à explicação.</i> .....	138
APÊNDICE D: Roteiro-guia para seminários – <i>Efeito fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?</i> .....	142
APÊNDICE E: Roteiro-guia para seminários – <i>Efeito Compton: o que é e para que serve?</i> .....	145
APÊNDICE F: Roteiro-guia para seminários – <i>A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?</i> .....	148
APÊNDICE G: Roteiro-Guia para Relatórios .....	153
APÊNDICE H – AULA DE INTRODUÇÃO: MODELOS ATÔMICOS.....	158
APÊNDICE I – APOSTILA .....	168
APÊNDICE J: PROPOSIÇÃO DIDÁTICA EM FORMATO ELETRÔNICO (CD) .....	194

## INTRODUÇÃO

O destino da humanidade é buscar sempre conhecimentos, e os riscos não estão naquilo que se passa a conhecer, mas na ignorância do que somos e do que podemos fazer ser.  
(ABDALLA, 2006)

A busca pelo conhecimento e a curiosidade são características intrínsecas ao ser humano e, tornam-se mais aparente quanto mais jovem é o homem. A conquista do conhecimento possibilita migrar gradativamente de um nível de ignorância a outro, com a consciência de que aquilo que já se conhece corresponde a uma ínfima parte do que falta. Na infância é comum o questionamento sobre tudo que se deseja conhecer sem a preocupação do que os outros irão pensar. Porém, o avanço da idade traz um “amadurecimento” que contribui para a diminuição desta curiosidade possibilitando o enraizamento de preconceitos. Tudo passa a ser natural.

Em geral, o estudante do Ensino Médio possui este perfil. Ele entrou na educação infantil repleto de curiosidades e questionamentos que se perderam com o passar do tempo. O que aconteceu com essa curiosidade? Para Bachelard (1996, p. 13) “... uma cabeça bem feita é infelizmente uma cabeça fechada. É um produto de escola. (...) A cabeça feita precisa então ser refeita.”. É preciso pensar sobre qual o tipo de cidadão pretende-se contribuir para formar a fim de que as práticas pedagógicas sejam devidamente orientadas.

Quanto ao professor pode-se perguntar: é sadio a um professor deixar de questionar sobre sua prática pedagógica, sobre a natureza, sobre a sociedade? Sabe-se que não. Ao deixar de lado tais questionamentos ele contribui para a formação de sujeitos cada vez mais passivos perante a sociedade. Por outro lado, ao trabalhar sob uma perspectiva de ensino questionadora, o professor além de contribuir com a formação cidadã dos jovens, diminuirá “o risco de “esclerosar” ou mesmo “fossilizar” seus conhecimentos e seus hábitos de ensino” (CANIATO, 2007, p. 13). Só é possível resgatar o espírito questionador dos estudantes na medida em que os professores sejam também questionadores.

Quando o sistema conceitual científico ou pedagógico é enxergado como algo sadio, pronto e acabado, os professores tornam-se reféns de suas certezas e o fracasso do



aprendizado dos estudantes recai sobre eles mesmos, ou sobre o “sistema”, nunca sobre os professores. Sabiamente, afirma Bachelard (1996, p. 11): “Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos”. Tais preconceitos ou conhecimentos adquiridos ao longo do tempo ficam tão arraigados na mente humana podendo constituir obstáculos epistemológicos que entram a busca por novos conhecimentos: “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado. Hábitos intelectuais que foram úteis e sadios podem, com o tempo, entrar a pesquisa” (ibidem, p. 12).

A professora/pesquisadora, ao observar o complexo processo de ensino e aprendizagem na atuação como professora de Física desde 2003 em escolas públicas do Distrito Federal, pôde perceber que apesar da maioria dos estudantes do Ensino Médio compreender os modelos atômicos ensinados na disciplina de Química, em geral, eles não relacionam os átomos à constituição atômica da matéria. Para eles, o átomo é como se fosse uma ficção didática, que só tem sentido e existe dentro da escola para fins de explicação dos conteúdos e avaliações.

Tal percepção surgiu com diferentes turmas de segundos e terceiros anos durante explicações de alguns conceitos físicos relacionados à constituição da matéria. Em busca de saber o que eles pensavam acerca do assunto, a professora/pesquisadora perguntava se eles acreditavam na existência de átomos, ou se os materiais ao seu redor ou o seu próprio corpo, eram constituídos por átomos. De forma geral, a maioria dos estudantes com um ar de espanto e um pouco de deboche afirmava não acreditar, demonstrando que aquelas perguntas não faziam sentido, soando como absurdas e desnecessárias.

Ressalta-se que, embora o ambiente fosse de sala de aula, estas respostas eram provenientes de conversas informais, onde eles não estavam sendo avaliados e, portanto, sentiam-se livres para expressar seus pensamentos. No entanto, quando questionados sobre o que eles responderiam em uma avaliação escrita, do tipo provas ou testes de Química, eles afirmavam que responderiam de acordo com as teorias ensinadas pelo professor, onde tudo é formado por átomos.

De posse desta constatação, que se repetiu em momentos distintos, surgiu a pergunta: como é possível alcançar uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos que

necessitam de uma compreensão microscópica da matéria, se os estudantes não acreditam que os átomos são reais?

Para alguns professores pode parecer absurda a afirmação de que a maioria dos estudantes não associe o átomo à constituição da matéria. Isto porque mergulhados na hipótese atômica acredita-se que esta é uma associação óbvia e natural a qualquer indivíduo.

Porém, ao trabalhar em sala de aula em um processo de ensino-aprendizagem dialógico (FREIRE, 1996), onde o estudante se sente livre para questionar, frequentemente descobre-se que alguns conceitos são ensinados de forma tão automática que corriqueiramente o professor não sabe o seu porquê ou a sua origem, não pelo menos de imediato.

A fim de promover um eficaz diálogo em sala de aula, o educador crítico, ao considerar o público alvo, há de ser cauteloso no uso de linguagem e metodologia adequadas, tanto em nível quanto em clareza.

Num pequeno recorte da História da Ciência é possível notar que, em se tratando da constituição atômica da matéria, energetistas e atomistas (ou mecanicistas) defendiam teorias diferentes para explicá-la (BEN-DOV, 1996). O atomismo foi aceito pela grande maioria da comunidade científica apenas no início do século XX, após a publicação do artigo “Sobre o movimento de pequenas partículas em suspensão dentro de líquidos em repouso, tal como exigido pela teoria cinético-molecular do calor”, em 1905, oriundo da tese de doutorado de Einstein, e da confirmação experimental por Perrin e colaboradores em 1908 (STACHEL, 2001).

Os estudos de Einstein não tinham a intenção de explicar necessariamente o movimento browniano nem tampouco a simples existência dos átomos, como ele afirma na introdução do artigo acima citado e ratifica em suas notas autobiográficas (EINSTEIN, 1982, p. 50): “meu principal objetivo era encontrar fatos que assegurassem, da melhor forma possível a existência de átomos de tamanhos definidos”. Ainda com relação aos céticos da época, Einstein afirma que eles eram em grande número na comunidade científica e que “mesmo estudiosos de espírito audacioso e instinto apurado pode ter sua interpretação dos fatos prejudicada por preconceitos filosóficos” (ibidem, p. 51).

Para os energetistas o modelo correto de ciência, por exemplo, uma teoria cinético-molecular do calor, deveria ser baseada num modelo de termodinâmica macroscópica e fenomenológica, sendo desnecessário qualquer modelo microscópico da matéria, na qual o conceito fundamental seria o de energia (BEN-DOV, 1996; SALINAS, 2005; STACHEL, 2001). Portanto, para eles, não fazia sentido explicar a constituição da matéria num modelo de átomos, entidades “invisíveis”.

Ao observar este exemplo histórico de descrença na hipótese atômica (STACHEL, 2001) por parte da comunidade científica nos séculos XIX e meados do século XX, não deveria ser admirável o fato de que os estudantes também sejam tão céticos quanto. Afinal, trata-se de um conceito abstrato representando o real e, tratar daquilo que é “acessado” diretamente com os sentidos humanos é muito mais aceitável à primeira investigação do mundo do que aquilo que não pode ser “acessado” diretamente.

Bachelard (1996) ao caracterizar o espírito científico identifica três estados pelos quais passariam o espírito: o concreto, o concreto-abstrato e o abstrato. Neste último, o espírito científico teria então conseguido superar a primeira impressão que quer explicar o mundo baseado nos sentidos diretamente. Avançar nestes estados significa ultrapassar obstáculos epistemológicos que impedem o espírito de alcançar a maturidade científica.

É, portanto, um grande desafio para os professores de ciências promoverem um ensino que pretenda contribuir para o desenvolvimento de uma maturidade científica nos estudantes.

Em Física, a partir da segunda série do Ensino Médio são ensinados conceitos que dependem de uma concepção da matéria constituída por átomos, como por exemplo, o conceito de temperatura que está relacionado com agitação molecular em nível microscópico. Este é apenas um entre vários em que as explicações baseiam-se na hipótese atômica. Ao lidar com tais conceitos normalmente pressupõe-se que o estudante já concebe a constituição da matéria por átomos, o que leva esta disciplina a relegar o estudo da estrutura atômica da matéria podendo conduzir a dificuldades na aprendizagem de alguns dos seus conteúdos.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999) sugere-se a abordagem do tema constituição atômica da matéria junto às explicações de fenômenos relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC). Como consequência, observa-se nos

livros didáticos (LDs) de Física, que o conteúdo referente aos modelos atômicos, quando abordado, é especificamente para tratar de assuntos de FMC e, quase sempre, apenas ao final da terceira série do Ensino Médio.

Dentre outros objetivos, o presente trabalho procura alertar os professores de Física da necessidade de não relegar o estudo da estrutura atômica da matéria, pois acredita-se que o conhecimento acerca da hipótese atômica é relevante para o aprendizado significativo de conceitos físicos que dependem de uma explicação microscópica da matéria.

Em busca de contribuir para o preenchimento desta lacuna no Ensino de Física, trabalhou-se com duas turmas da segunda série do Ensino Médio, sendo uma o grupo experimental e a outra o grupo controle. Em ambas foram ministradas aulas de introdução sobre os modelos atômicos e alguns conceitos físicos julgados necessários de serem lembrados ou ensinados. Na sequência, os estudantes do grupo experimental desenvolveram e apresentaram uma série de cinco seminários com temas acerca da constituição atômica da matéria e das evidências experimentais da existência do átomo.

Os seminários foram utilizados como uma estratégia mediadora do processo ensino-aprendizagem (ARAÚJO, 1996), sendo uma entre tantas outras técnicas de ensino socializado (VEIGA, 1996) em que o professor atua como facilitador e o estudante encontra-se no centro do processo (MOREIRA, 2010; LOPES, 1996).

É também uma estratégia de ensino diversificada e alternativa ao uso do quadro-de-giz, na qual o estudante participa ativamente da construção do seu conhecimento sendo instigado a aprender perguntas ao invés de respostas (MOREIRA, 2010). Trata-se de um abandono da narrativa pelo professor e a promoção da fala para o estudante objetivando o alcance de uma Aprendizagem Significativa Crítica (ibidem).

Desta forma, o uso de seminários pretendeu aproximar o estudante da hipótese atômica aumentando a capacidade de “enxergar” o átomo ao seu redor, bem como incentivá-lo no desenvolvimento de sua autonomia intelectual.

Apesar da importância das investigações acerca de como os estudantes compreendem e diferenciam os modelos atômicos, estas não integraram este estudo. Os modelos atômicos foram apresentados nas aulas de introdução a fim de fornecer conhecimentos prévios

necessários às posteriores apresentações dos seminários e aulas, cujos temas encontram-se descritos na metodologia, capítulo 4. A apreensão destes conhecimentos é indispensável à Aprendizagem Significativa Crítica uma vez que o indivíduo aprende a partir do que já sabe (MOREIRA, 2010).

Esta dissertação encontra-se organizada em sete capítulos. O Capítulo 1, que trata do referencial teórico, é composto por duas partes: na primeira apresenta-se alguns aspectos da teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2010); na segunda, uma discussão de autores que justificam o uso de seminários como técnica de ensino.

No Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica realizada no período entre 1999 e 2011, baseada em seis periódicos brasileiros e um internacional, todos disponíveis gratuitamente na internet.

Com o objetivo de verificar a presença ou a ausência de conteúdos que contribuam para que o estudante conheça e se aproprie das evidências experimentais da existência do átomo, realizou-se uma análise de alguns livros didáticos de Física e de Química descrita no Capítulo 3.

No Capítulo 4 encontra-se a descrição da metodologia com os detalhes do seu delineamento, o contexto escolar, as fases da elaboração dos materiais didáticos utilizados e a aplicação dos mesmos.

No Capítulo 5 analisa-se e discute-se os resultados obtidos, procurando explicá-los e justificá-los.

No Capítulo 6 apresenta-se o material didático desenvolvido e utilizado neste trabalho o qual compõe a proposição didática que pretende auxiliar professores na abordagem dos conteúdos propostos na forma de seminários.

Por fim o Capítulo 7 destina-se à apresentação das conclusões e perspectivas.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 Aprendizagem Significativa Crítica

Esta pesquisa é fundamentada teoricamente na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica desenvolvida por Moreira (2010) a qual baseia-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, bem como nas ideias sobre ensino e aprendizagem desenvolvidas por Neil Postman e Charles Weingartner nos livros *Teaching as a subversive activity* (1969), *Technopoly*, (1993) e *The end of Education* (1996), apud Moreira (2010).

Esta teoria, que pertence à corrente filosófica cognitivista, considera a aprendizagem como produto de conteúdos organizados e integrados na mente do indivíduo, constituindo uma estrutura hierárquica de conceitos, resultado das abstrações de suas experiências, denominada de estrutura cognitiva (MOREIRA, 1982), e fornece subsídios para a busca de uma aprendizagem com significado real e prático.

Moreira (2010) defende, como uma estratégia necessária à sobrevivência no mundo contemporâneo, que a aprendizagem deva ser significativa e subversiva. Subversiva no sentido em que através desta aprendizagem o estudante:

poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente. (p. 7)

No entanto, ele julga melhor utilizar o termo crítica ao invés de subversiva. Assim, nesta teoria da Aprendizagem Significativa Crítica ele expõe a sua percepção de como a aprendizagem significativa ausubeliana pode ser crítica e, apresenta estratégias de ensino consideradas eficazes para a ocorrência de tal aprendizagem.

A Aprendizagem Significativa de Ausubel ocorre quando a nova informação interage na estrutura cognitiva com um subsunçor específico, de forma não arbitrária e substantiva (não literal). O “conceito subsunçor” refere-se aos conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva e relevantes ao aprendizado da nova informação (MOREIRA, 1999).

No entanto, ocorrem situações em que não há subsunçores relevantes e, portanto, a aprendizagem ocorre de forma mecânica na qual a nova informação é armazenada de forma arbitrária. A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando não existem subsunçores específicos para o aprendizado de um conteúdo completamente novo para o indivíduo (NOVAK, apud MOREIRA, 2006). Então, a partir dela são criados os subsunçores iniciais do novo corpo de conhecimento que servirão de pontes cognitivas para a aprendizagem significativa de novos conceitos, ainda que estes novos subsunçores sejam inicialmente pouco abrangentes e inclusivos (MOREIRA, 1999).

Moreira, então, resume a aprendizagem significativa como sendo:

(...) aprendizagem com significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência; (...) dependente essencialmente do conhecimento prévio do aprendiz, da relevância do novo conhecimento e de sua predisposição para aprender. (...). Esta, por sua vez, depende da relevância que o aprendiz atribui ao novo conhecimento (RODRIGUEZ PALMERI et al., apud, MOREIRA, 2010, p.6).

A Aprendizagem Significativa Crítica “é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (MOREIRA, 2010, p. 7), colocando o estudante não apenas como participante do processo de aprendizagem, mas também o reconhecendo como um agente modificador da realidade. Assim, “é através da aprendizagem significativa crítica que o estudante poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias” (ibidem).

Nesta perspectiva o sujeito torna-se crítico na medida em que o ambiente de aprendizagem lhe proporciona momentos de reflexão e questionamento, tornando possível perceber a construção do conhecimento como um produto do ser humano, que surge da percepção daquele que observa e que procura um modelo para explicar suas observações. Assim, o homem constrói representações permeadas pelo seu histórico social e pelas suas experiências.

Moreira (2010) elenca onze princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da Aprendizagem Significativa Crítica:

**1º.** Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.

A aprendizagem significativa no sentido de captar e internalizar significados socialmente construídos e contextualmente aceitos é o primeiro passo ou condição prévia para uma aprendizagem significativa crítica.

**2º.** Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.

A interação social, indispensável para a concretização de um episódio de ensino, ocorre quando professor e aluno compartilham significados em relação aos materiais educativos do currículo. (GOWIN, 1981, apud MOREIRA, 2010), envolvendo uma permanente troca de perguntas ao invés de respostas.

**3º.** Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.

Uso da diversidade de materiais instrucionais em substituição ao livro de texto, considerando-o apenas como um dentre estes vários materiais. É uma descentralização do livro didático.

**4º.** Princípio do aprendiz como perceptor/representador.

O aprendiz é um perceptor/representador, pois ele percebe o mundo e o representa na medida em que recebe uma informação. O processo de recepção é por si só dinâmico porque ao receber uma informação o indivíduo a percebe e a representa em função das suas percepções prévias.

**5º.** Princípio do conhecimento como linguagem.

A linguagem representa uma maneira particular de perceber a realidade e, esta percepção se abrange na medida em que uma nova linguagem é apreendida. Aprender de forma significativa e crítica sobre ciência, por exemplo, é internalizar um conjunto de símbolos (palavras, instrumentos e procedimentos) próprios de sua linguagem através da negociação de significados possibilitando ao indivíduo falar e pensar sobre o mundo sob a óptica da ciência.

**6º.** Princípio da consciência semântica.



O indivíduo atribui às palavras os significados baseados na sua experiência. Portanto, a palavra por si só não tem significado até ser expressa por um indivíduo que imprime nela o seu tom pessoal. O significado de uma palavra é o resultado de uma atitude idiossincrática em que o indivíduo escolhe aprender significativa e criticamente, ou, aprender mecânica e memorísticamente, sem atribuição de significados.

#### **7º. Princípio da aprendizagem pelo erro.**

O erro humano é uma fonte de aprendizado que atua como um mecanismo da construção do conhecimento, proporcionando-lhe aprender corrigindo e superando os seus erros. O homem constrói modelos mentais acerca de um determinado objeto de conhecimento e utiliza a recursividade ou a auto-correção na busca destes modelos até que seja alcançada uma funcionalidade satisfatória. Assim, utilizando a recursividade, evoluem historicamente as descobertas científicas. Portanto, elas não são absolutamente corretas e definitivas. Esta face da ciência, em que o erro é sistematicamente utilizado para o seu avanço, deve ser mostrada aos estudantes pela escola.

#### **8º. Princípio da desaprendizagem.**

Aprender de maneira significativa implica em relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento. No entanto, há casos em que o conhecimento prévio torna-se obstáculo à captação dos significados compartilhados do novo conhecimento, sendo necessário desaprender o velho, sem esquecê-lo, já que é impossível desaprender algo que foi aprendido significativamente. Esta desaprendizagem ou esquecimento seletivo daquilo que é irrelevante no conhecimento prévio para a aquisição do novo conhecimento torna a aprendizagem significativa e crítica.

#### **9º. Princípio da incerteza do conhecimento.**

Uma visão de mundo é construída a partir de perguntas, definições e metáforas, que são elementos construídos pelo homem. Sendo assim, a visão acerca de um objeto de conhecimento dependerá de como são formuladas tais perguntas, como são criadas tais definições e metáforas dentro de um determinado contexto. Desta forma, nosso conhecimento é construção nossa e, portanto, por um lado, pode estar errado, e, por outro, depende de como o construímos.

**10º.** Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.

O quadro-de-giz simboliza o ensino transmissivo, no qual o estudante espera que o professor escreva respostas certas e, este acredita que assim estará ensinando. É, pois, um ensino anti-aprendizagem significativa e anti-crítica: o professor escreve no quadro, os estudantes copiam, decoram e reproduzem. É a apologia da aprendizagem mecânica predominante na escola.

O uso do quadro-de-giz deve ser minimizado, ou abandonado de vez. No entanto, bani-lo não resolve o problema se outras técnicas de ensino forem utilizadas sem que o estudante seja o protagonista. Estas técnicas precisam implicar na participação ativa e central do estudante no processo de ensino e aprendizagem, passo fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica. A não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, entre outras que devem considerar os demais princípios.

**11º.** Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

Sem cair na indiferença relativista em que tudo é válido, o princípio do abandono da narrativa, assim como o da não utilização do quadro-de-giz e ao da não centralidade do livro de texto, tem por objetivo não transmitir ao estudante a ilusão da certeza, através do abandono da narrativa pelo professor e a promoção da fala para o estudante.

É um processo de ensino e aprendizagem centrado no estudante tendo o professor como mediador, onde o estudante fala mais e o professor fala menos. Dar voz ao estudante implica no uso de estratégias que possibilitem a discussão, a negociação de significados entre si, a apresentação oral ao grande grupo do produto de suas atividades colaborativas, além de receber e fazer críticas.

Estes onze princípios devem ser considerados no desenvolvimento de estratégias de ensino a fim de se alcançar uma Aprendizagem Significativa Crítica. Estas estratégias, por muitas vezes irá requerer mudanças na atual conjuntura escolar.

Comumente, são proferidos discursos sobre a construção da cidadania através do desenvolvimento de competências e habilidades. Contudo, verifica-se uma considerável

distância entre estes discursos e a sala de aula, que produz uma escola de certezas como afirma Moreira (2010):

Ainda se ensinam "verdades", respostas "certas", entidades isoladas, causas simples e identificáveis, estados e "coisas" fixos, diferenças somente dicotômicas. E ainda se "transmite" o conhecimento, desestimulando o questionamento. O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o "aprender a aprender" que permitirá à pessoa lidar frutiferamente com a mudança, e sobreviver. (p.3)

Esta escola de certezas é bem diferente do mundo incerto em que vivemos, onde as verdades de ontem têm o seu valor, mas não necessariamente serão as verdades de hoje ou de amanhã. Moreira ainda ressalta que esta escola:

(...) ainda transmite a ilusão da certeza, mas procura atualizar-se tecnologicamente, competir com outros mecanismos de difusão da informação e, talvez não abertamente, ou inadvertidamente, preparar o aluno para a sociedade do consumo, para o mercado, para a globalização. Tudo fora de foco. (ibidem, p.4)

Contudo, mesmo dentro desta transmissão de conhecimento, a informação recebida pelo aprendiz é diferente daquela retida, uma vez que ao recebê-la, ele constrói sua própria representação, de forma crítica ou não. Assim, a aprendizagem pode até ocorrer de forma significativa, mas não necessariamente de forma crítica.

A Aprendizagem Significativa Crítica permite ao sujeito fazer parte de sua cultura, estando dentro e ao mesmo tempo fora dela, manejar a informação criticamente sem sentir-se impotente frente a ela; usufruir a tecnologia sem idolatrá-la; mudar sem ser dominado pela mudança; viver em uma economia de mercado sem deixar que este resolva sua vida; aceitar a globalização sem aceitar suas perversidades; conviver com a incerteza, a relatividade, a causalidade múltipla, a construção metafórica do conhecimento, a probabilidade das coisas, a não dicotomização das diferenças, a recursividade das representações mentais; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas (MOREIRA, 2010).

Assim, para que a Aprendizagem Significativa Crítica ocorra, é necessário que algumas mudanças sejam realizadas no modelo atual de ensino. Porém, nenhuma tentativa de utilizar os pressupostos de uma teoria de aprendizagem promoverá os resultados esperados se os estudantes não estiverem predispostos a aprender significativamente. E, sendo a aprendizagem de natureza idiossincrática, é de se esperar que no universo de uma sala de aula haja um percentual de estudantes que não alcançará uma Aprendizagem Significativa Crítica por opção própria, mesmo que inconsciente.

Para o planejamento e execução das atividades deste trabalho, quatro dos onze princípios ou estratégias facilitadoras desta teoria foram considerados devido à relação direta com a técnica diversificada e socializada de seminários, a saber:

- 2º. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.
- 3º. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.
- 10º. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.
- 11º. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

Portanto, foi elaborada uma aula de introdução acerca dos modelos atômicos e, uma série de cinco seminários apresentados pelos estudantes sobre temas que objetivam evidenciar a constituição atômica da matéria aumentando a probabilidade de que eles aceitem a hipótese atômica não apenas para fins didáticos, mas como uma forma de explicação coerente da constituição da matéria.

Desta forma, entende-se que o uso de seminários constitui uma estratégia eficaz na busca de uma Aprendizagem Significativa Crítica acerca da constituição atômica da matéria.

## **1.2 O Uso de Seminários como Técnica de Ensino**

Foi escolhido o uso de seminários, como uma técnica de ensino, não sendo este considerado “uma técnica” dentro da concepção da pedagogia tecnicista, onde a técnica sobressai aos elementos considerados fundamentais no processo de ensino e aprendizagem, a saber: estudante-conteúdo-professor. Esta é uma relação triádica que envolve a troca de significados entre o estudante e o professor em relação aos materiais educativos do currículo (GOWIN, apud MOREIRA, 2010).

O seminário é, portanto, uma estratégia de ensino mediadora do processo ensino-aprendizagem, como afirma Araújo (1996): “(...) as técnicas que intermediam as relações entre o professor e o aluno, são mediações, ou condições necessárias e favoráveis, mas não suficientes do processo de ensino.” (p. 25) e o seu uso é uma entre tantas outras técnicas de

ensino socializado ou de grupos (VEIGA, 1996) que pretende colocar o professor como mediador e o estudante no centro do processo de aprendizagem atuando de forma ativa na construção do seu conhecimento.

Em contraposição, é comumente observada uma passividade dos estudantes em aulas expositivas baseadas na concepção pedagógica tradicional, na qual “o professor, visto como o centro do processo de ensino deveria dominar os conteúdos fundamentais a serem transmitidos aos alunos” (LOPES, 1996, p. 36). O domínio dos conteúdos é claramente imprescindível ao professor; o que é necessário ressaltar é a importância de deslocar o estudante para o foco do processo, tornando-o tão ator quanto o professor.

Os seminários podem ser utilizados no Ensino de Ciências para trabalhar as dimensões conceituais, históricas e filosóficas dos conteúdos ministrados, ou ainda como afirma Veiga (1996):

O seminário é de grande valia quando se pretende apresentar um tema novo ou aprofundar um assunto mais polêmico. Trata-se de uma técnica mais adequada às classes de ensino médio e aos alunos de graduação e pós-graduação. A sua validade deve-se ao fato de ser uma excelente técnica para estimular a produção do conhecimento. (p. 112)

Para Balcells e Martin (1985) trabalhar com seminários ao invés de aulas expositivas tradicionais tem a desvantagem de depender de mais tempo para desenvolver o estudo de um mesmo conteúdo. No entanto, tem a vantagem de promover a participação dos estudantes colaborando para um melhor aprendizado e aumentar a probabilidade de se obter o regresso de informações ou *feedbacks*, que é um importante instrumento que permite ao professor descobrir a relação entre o que pretende ensinar e o que está sendo apreendido pelos estudantes. A seguir verifica-se que os autores pontuam o momento didático em que é adequado o trabalho com pequenos grupos:

Quando se pretende atingir outros objetivos – aprofundar a disciplina, modificar as atitudes dos alunos em relação a determinado assunto, desenvolver o espírito crítico, etc. – verifica-se que pequenos grupos são mais eficazes porque permitem maior regresso de informações que o que se realiza num grupo numeroso. (p.32).

Portanto, há de se ter clareza sobre quais são as intenções e os objetivos do conteúdo a ser ensinado e observar o público alvo, para então decidir no planejamento do curso qual (is) metodologia(s) de ensino são melhor adaptáveis a cada situação. O uso de metodologias

diferenciadas dinamiza as aulas além de facilitar a aprendizagem de determinados conteúdos quando se consegue aliá-los adequadamente ao método.

Para Balcells e Martin (1985) isto constitui um princípio denominado de multiplicidade dos métodos “que assegura, para mais ampla margem a um valor essencial, na universidade como em qualquer outra instituição social: a liberdade de investigação.” (p.18).

Moreira (2010) também enfatiza a importância do uso de materiais e estratégias diversificadas a fim de promover a aprendizagem significativa e crítica através do “Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais”.

Veiga (1996) afirma que:

Uma das características do seminário é a oportunidade que este cria para os alunos se desenvolverem no que diz respeito à investigação, à crítica e à independência intelectual. O conhecimento (...) não é “transmitido” pelo professor, mas é estudado e investigado pelo próprio aluno, pois este é visto como sujeito de seu processo de aprender. (p.110).

Em consonância com a autora anteriormente citada, Balcells e Martin (1985) ao caracterizar um seminário, afirmam que sua principal característica é “aprender investigar investigando” (p. 86) e os objetivos desta técnica de ensino são: “criar o hábito de investigação científica; aprendizagem dos métodos científicos; e melhorar as capacidades de expressão escrita e oral.” (ibidem).

Para tanto, o professor e os estudantes têm papéis distintos neste processo, e com a finalidade de alcançar sucesso na aprendizagem, ambos precisam ter uma clara consciência destes papéis e estarem predisposto a desempenhá-los. Desta forma, seminários adequadamente guiados pelo professor propiciam ao estudante aprender a aprender, a pesquisar, a opinar e a expressar-se.

O professor deve assumir o papel de instigar os estudantes a atuar de forma crítica proporcionando-lhes uma postura questionadora ao longo do processo, bem como estabelecer um clima de segurança no qual eles sintam-se a vontade para expressar suas opiniões, dúvidas e angústias.

Por outro lado, o estudante precisa assumir o papel que lhe cabe estando predisposto a participar ativamente do processo, adquirindo novas informações e relacionando-as à sua estrutura cognitiva de forma não arbitrária e substantiva (não literal) a fim de alcançar a aprendizagem significativa (AUSUBEL apud MOREIRA, 1999).

Ao aprender significativamente um conceito, o estudante o internaliza atribuindo significados com tons pessoais que dependem entre outros fatores do contexto social e de sua história de vida. Assim os significados das palavras e conceitos encontram-se nas pessoas (MOREIRA, 2010) cabendo àquele que ensina ciências nortear a troca de significados e verificar se os conceitos consensualmente aceitos pela comunidade científica estão sendo apreendidos.

Assim, acredita-se que o uso de seminários é uma estratégia de ensino, que através da negociação de significados entre os estudantes, e entre estes e o professor, atua como um facilitador no desenvolvimento da criticidade defendida por Freire (1996) e amplamente ressaltada nos PCNEM (BRASIL, 1999) como sendo de responsabilidade de todas as disciplinas curriculares.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“... se várias coisas que existem recebem nomes diferentes (doce, amargo, quente e frio, etc.), isso não passa de mera convenção dos homens, pois na realidade apenas existem o átomo e a sua ausência – o vazio.”  
(Demócrito, ~ V a. C., apud, Nóbrega, Silva e Silva, 2005, p. 12).

### 2.1 Metodologia da Revisão

A presente revisão foi baseada em sete periódicos brasileiros e um internacional no período entre 1999 e 2011: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Experiências em Ensino de Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Ciência & Educação, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Todos disponíveis gratuitamente na internet.

Devido à sua relevância para este trabalho foi incluído um artigo publicado em 1992, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (antigo Caderno Catarinense de Ensino de Física).

Durante a revisão não foram encontradas publicações que tratassem especificamente do problema desta pesquisa que é o de investigar como os estudantes relacionam o átomo como algo real e não apenas como uma ferramenta para fins didáticos. Os artigos mais próximos referiam-se às diferentes formas de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos.

Como a estratégia do uso de seminários desenvolvida neste trabalho pretende promover o estudante ao centro do processo de ensino e aprendizagem, foi realizada uma busca por artigos relacionados a trabalhos em grupo.

Com base na concepção de que temas relacionados a aplicações tecnológicas contribui para a facilitação de uma aprendizagem significativa acerca da constituição atômica da matéria, publicações relacionadas à Física Moderna e Contemporânea foram também consultadas.

Assim, foram selecionados quinze artigos relacionados a metodologias de ensino e aprendizagem centradas em trabalhos com grupos de estudantes, ao ensino da Física Moderna



e Contemporânea e às estratégias de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos, os quais foram agrupados em quatro categorias:

1. Grupos de ensino e aprendizagem (seis artigos).
2. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (seis artigos).
3. Constituição atômica da matéria (um artigo).
4. Analogias no ensino dos modelos atômicos (dois artigos).

## **2.2 Categoria 1: Grupos de Ensino e Aprendizagem**

Os seis artigos que serão apresentados nesta categoria referem-se a pesquisas realizadas com grupos de estudantes em situações de ensino e aprendizagem nas quais eles desempenham um papel central, e o professor, o papel de mediador.

Julio e Vaz (2007), Silva e Villani (2009), afirmam que o ensino centrado no estudante é fundamental para o desenvolvimento de habilidades como a capacidade de se expressar oralmente, de ouvir e se fazer ouvir, de discutir dentro de uma linha crítica de pensamento e de aprender a aprender através da pesquisa, bem como de possibilitar o desenvolvimento da apropriação de uma linguagem científica.

Eles investigaram situações de grupos de aprendizagem em aulas de Física utilizando referenciais teóricos psicanalíticos que objetivam permitir a compreensão das relações de tensões, conflitos e dificuldades que se estabelecem entre os indivíduos no desenvolvimento das tarefas de aprendizagem. Um objetivo comum nestas pesquisas foi o de compreender estas relações a fim de fornecer subsídios aos professores para que possam atuar de forma mais eficaz na mediação das tarefas de aprendizagem propostas.

Julio e Vaz (2007) ressaltam a complexidade de lidar com metodologias de ensino e aprendizagem envolvendo trabalhos em grupo, e afirmam que propor dinâmicas ou situações centradas no estudante, em que o professor precisa promover o envolvimento individual e a cooperação coletiva, vão "... contra a cultura escolar. Por isso, análises detalhadas dessas situações em grupo no contexto real da educação básica ainda são raras" (p. 2).

A cultura escolar a que os autores se referem está relacionada à inércia escolar em inovar as estratégias de aprendizagem como, por exemplo, os trabalhos investigativos realizados por grupo de estudantes. De forma geral, esta cultura escolar é baseada em um processo de ensino e aprendizagem centrado no professor. E, é o deslocamento do estudante para o centro do processo que os autores apontam como uma das dificuldades; é o desafio de promover atividades colaborativas entre os estudantes que naturalmente resistem a atividades deste tipo. Mas tal resistência atinge também os professores, pois as propostas de trabalhos de investigação em grupo, principalmente em Física, não são comuns e a princípio podem gerar desgastes emocionais que poderão ser recompensados na medida em que se avance no processo desta “nova” estratégia alcançando resultados satisfatórios de aprendizagem.

Assim, o estudo destes pesquisadores, Julio e Vaz (2007) teve por finalidade desenvolver instrumentos e estratégias de observação em situações de grupos de aprendizagem, investigando fatores cognitivos, emocionais e subjetivos que desviam grupos de estudantes da realização das tarefas de aprendizagem, e avaliar se uma determinada atividade desperta nos estudantes um maior engajamento e uma atitude mais colaborativa. Para tanto utilizaram uma situação usual de sala de aula em atividades de laboratório na disciplina de Física, numa turma de primeira série do Ensino Médio.

Eles ressaltam a importância da influência do professor na promoção da integração do grupo com a atividade, e que em atividades com grupos de aprendizagem o professor tem o papel de oferecer suporte com o objetivo de propiciar condições para que o grupo avance, atentando para a qualidade das interações entre os estudantes. Afirmam, ainda que grupos com mais de quatro estudantes tendem a fracassar, pois o diálogo e as demais interações perdem a qualidade.

Tal fracasso gerado pelo número excessivo de participantes pode fazer com que alguns se desinteressem pela atividade, uma vez que naturalmente as tarefas tendem a ser realizadas apenas por alguns que assumem a liderança do grupo. No entanto, para este projeto de pesquisa a professora/pesquisadora trabalhou com cinco grupos com seis estudantes cada, dos quais apenas quatro foram designados pelo grupo para fazer a apresentação, ficando os demais também responsáveis pela preparação do seminário. Eles foram alertados que no dia da apresentação todos deveriam estar presentes e que qualquer um poderia ser questionado sobre o referido tema. Essa foi uma forma encontrada para garantir a participação de todos

durante o processo sem que a apresentação se tornasse tumultuada devido ao grande número de estudantes por grupo.

De forma geral, Julio e Vaz (2007) notaram nos grupos a superação de conflitos internos graças ao trabalho colaborativo desenvolvido, onde os estudantes incentivavam-se mutuamente quando faziam alguma descoberta, ou em momentos antes da discussão coletiva acerca dos resultados obtidos no experimento.

Barros et al. (2001) afirmam que num grupo são criadas oportunidades de discussão e de argumentação, além de se vivenciar o confronto entre conhecimentos prévios e novos e estimular a percepção da inadequação de estratégias de raciocínio. Ele cita Coll (1992) que atribui à escola o papel de ensinar o trabalho cooperativo por meio da organização sistemática dos estudantes em equipes, contribuindo para o respeito e a valorização dos sujeitos e de suas diferenças.

Observa-se que a escola tem a atribuição de desenvolver estratégias de ensino que contribuam para o desenvolvimento de habilidades como o trabalho cooperativo, responsabilidade que pertence a todas as disciplinas curriculares e que é amplamente ressaltada nos PCNEM.

Os autores Barros et. al. (2001) apontam que pesquisas recentes para a época indicavam que:

o trabalho em grupo nas situações de aprendizagem não é uma opção automaticamente vencedora (Freitas et al., 2000). (...) indicam que a qualidade do produto do trabalho em grupo na sala de aula, o quanto ele pode contribuir ou não para a aprendizagem de seus membros individual e coletivamente, o quanto pode se constituir num meio apropriado para a educação científica, são aspectos que não podem ser previstos com grande margem de segurança (p. 2).

Mediante esta situação, eles desenvolveram um trabalho com a intenção de avançar e contribuir nessa direção, onde procuraram desvelar e compreender relações de diferentes naturezas estabelecidas nos grupos em situações de ensino a fim de fornecer subsídios para o professor planejar sua intervenção. Para tanto, pensaram em “construir uma pedagogia centrada no trabalho em grupo, capaz de favorecer as condições para o desenvolvimento das potencialidades do grupo na realização de suas tarefas objetivas” (BARROS et. al., 2001, p. 2).

Fizeram observações entre as interações de estudantes organizados em grupos em atividades de laboratório de Física numa turma de primeira série do nível médio. Estas observações aconteceram em três períodos distintos ao longo do ano letivo, o que possibilitou verificar consideráveis avanços nas atitudes colaborativas entre os estudantes. Tais avanços conduziram a uma mudança de postura do professor, que demonstrou sentir-se mais legitimado a manter sua proposta de trabalho.

Eles concluem o artigo apontando alguns elementos que contribuem para o alcance dos resultados esperados por grupos de trabalho, dos quais destaca-se a intervenção adequada do professor, que requer a identificação dos vários papéis assumidos pelos estudantes dentro do grupo, de modo a não produzir nem facilitar uma cristalização dos mesmos. Cabe, ainda, a ele auxiliar o grupo a suportar suas ansiedades e a administrar seus conflitos. Para tanto, sugerem que o professor estimule a circulação das ideias e dúvidas entre os estudantes, devolvendo ao grupo uma pergunta feita por um estudante ao invés de respondê-la. Assim, incentiva o debate e proporciona um aprendizado de respeito às diferenças e particularidades de cada um.

Silva e Villani (2009), acreditando que o trabalho em grupo favorece o aprendizado, a cooperação e a utilização da linguagem científica, e que a compreensão do processo grupal nos ambientes de ensino e aprendizagem seja importante no que diz respeito ao direcionamento das ações do professor, fizeram uma análise psicanalítica dos processos grupais e sua relação com a aprendizagem da Física.

Os dados, analisados qualitativamente, foram obtidos através da observação participante do pesquisador nas aulas de um professor de Física em duas turmas da primeira série do Ensino Médio, nas quais o trabalho em grupo foi uma das principais estratégias de ensino e aprendizagem. Relatam também o caso de um grupo que foi analisado em dois semestres, onde concluem que o grupo experimentou uma mudança no conjunto de sua comunicação, favorecendo uma participação mais efetiva dos sujeitos em seu processo de ensino e aprendizagem.

Para eles, a exploração de pequenos grupos torna possível introduzir na sala de aula situações de interação, e de ensino e aprendizagem, pouco contempladas nesses ambientes, onde geralmente, os estudantes interagem somente com o professor ouvindo-o ou respondendo às suas perguntas. Além de provocar transformações nas relações entre

professor, estudantes e tarefa na medida em que os estudantes assumem uma postura ativa participando mais efetivamente. Neste contexto, o papel do professor é o de intervir de forma a favorecer a operatividade do grupo sem limitar a sua criatividade.

Na revisão bibliográfica realizada pelos autores eles destacam algumas pesquisas com resultados relevantes de ganhos de aprendizagem em trabalhos grupais com estudantes do Ensino Médio e Superior quando comparadas às aulas com metodologias tradicionais, como por exemplo, os resultados encontrados no trabalho de Hake (1998) que foi realizado com mais de seis mil estudantes.

Por fim eles fazem uma importante observação com relação aos cuidados que professores que pretendem desenvolver trabalhos em grupo devem ter:

o resultado de nossa pesquisa e os de anteriores (BARROS, 2002) sugerem que a exploração de grupos de aprendizagem em sala de aula de ciências deve ser realizada quando o professor consegue ter um controle (relativo), cognitivo e afetivo, (...) Sem essa noção mínima, os resultados podem ser mais insatisfatórios do que a modalidade de instrução tradicional. (p. 44).

García e Tunón (2004) propõem um modelo didático para o Ensino de Ciências denominado de “O ciclo reflexivo cooperativo” como uma metodologia alternativa às propostas de ensino centradas no professor, buscando assim a participação ativa dos estudantes através da reflexão e do trabalho cooperativo.

O artigo apresenta na revisão bibliográfica que várias pesquisas apontam vantagens do trabalho em grupo, sugerindo efeitos positivos e desejáveis como a socialização, a cooperação, a comunicação, e afirmam que o trabalho em grupo pode ser uma fonte de conhecimento e de ajuda mútua, que através de conflitos sócio-cognitivos os estudantes que assimilam mais rápido os conceitos podem auxiliar seus pares.

O modelo foi aplicado numa escola espanhola de Ensino médio, durante dois anos, em duas turmas da primeira série, com os temas Energia e Luz. No primeiro ano o projeto foi aplicado em caráter piloto a fim de testar o modelo e melhorá-lo, ficando a coleta de dados para o segundo ano de aplicação. Este modelo didático tem o objetivo de buscar uma mudança conceitual e construir uma imagem coerente da ciência, sendo realizado em quatro etapas de trabalho, nas quais os estudantes expõem seus conceitos, o professor os questiona levando-os à reflexão, os conceitos científicos são apresentados pelo professor, e por fim, os

conhecimentos dos estudantes são testados em situações diferentes a fim de verificar a atribuição de significados aos conceitos trabalhados.

Paralelamente às atividades de sala de aula, onde foram trabalhadas as abordagens conceituais, outra atividade foi desenvolvida. Foram criados grupos de estudantes em forma de comunidade científica com direito a escolher um nome e explicar o motivo da escolha e, elaborar documentos de compromisso de trabalho, exclusivos de cada comunidade. As comunidades fizeram pesquisas acerca dos temas Luz e Energia, e as apresentaram em sala de aula, que foi dividida fisicamente em espaços menores, do tipo estande, para cada comunidade.

García e Tunón (2004) concluem que uma das descobertas mais importantes foi a dificuldade de introduzir novas metodologias de ensino, encontrando manifestações de descrença na proposta por alguns professores e por estudantes, principalmente aqueles que possuem as melhores notas, que afirmam haver injustiça nas avaliações em grupo. São crenças enraizadas provenientes da imersão histórica em um sistema de ensino que promove o conceito de indivíduos isolados. No entanto, em uma investigação sobre a atitude dos estudantes após o tratamento foi verificado que eles consideraram a proposta agradável. Em termos de desenvolvimento conceitual observaram que os estudantes com baixo desempenho no passado obtiveram melhorias significativas.

Malachias et al. (2007), com o objetivo de favorecer aos estudantes uma aprendizagem significativa colaborativa e o desenvolvimento da autonomia, propuseram a elaboração, em grupo, de roteiros de simulações virtuais de química a partir de situações do cotidiano, com temas curriculares proposto pelo professor. Tal atividade aconteceu em diversas escolas públicas de Ensino Médio de São Paulo.

Estes pesquisadores apresentam os resultados de um estudo de caso que analisou o trabalho desenvolvido por um grupo de estudantes de primeiro ano de uma destas escolas, indicando que este tipo de atividade pode favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa, que os estudantes desenvolveram diversas habilidades, utilizaram adequadamente conceitos disciplinares e se posicionaram diante de alguns assuntos assumindo uma postura valorativa e ética, além de exercitar a criatividade.

Assim, eles concluem que “o trabalho colaborativo pode favorecer a aprendizagem significativa colaborativa e, desta forma, pode ser considerado mais importante que o próprio conteúdo disciplinar” (MALACHIAS, 2007, p. 58). Aos professores fica a mensagem de incentivo à inovação das práticas pedagógicas: “sair de nossa rotina e animarmo-nos no caminho das práticas colaborativas, em todos os níveis, permitirão uma formação continuada e reflexiva em um exercício que nos conduza a uma sociedade mais participativa, com cidadãos mais solidários” (ibidem).

Mützenber, Veit e Silveira (2007) descrevem uma metodologia de ensino utilizada em sua pesquisa de mestrado profissional que consiste na criação de pequenos projetos de pesquisa desenvolvidos por grupos de 3 ou 4 estudantes, durante um trimestre letivo. Ela é composta pela elaboração de um Projeto de Pesquisa, a organização de um Caderno de Campo, a redação de um Relatório Final e a Apresentação dos resultados para os colegas.

Os autores ressaltam que o desenvolvimento de tais projetos “exige muita dedicação do professor, que vale pouco se não despertar o envolvimento ativo do aluno nas atividades que lhe competem” (ibidem, p. 16).

Com relação à atitude dos estudantes, eles reconheceram a importância destes trabalhos, não apresentaram grandes dificuldades na execução e mostraram-se satisfeitos. No entanto, poucos deles conseguiram desenvolver projetos que não estivessem entre as sugestões apresentadas pelo professor. Quanto ao desenvolvimento conceitual, o desafio está relacionado à interpretação errônea dos conceitos estudados, que devido ao pouco tempo dos professores orientadores, só aparecem na avaliação do Relatório Final e ou na Apresentação.

Observa-se nestes três últimos artigos, García e Tunón (2004), Malachias et al. (2007) e Mützenber, Veit e Silveira (2007), uma considerável riqueza no que se refere às tarefas destinadas aos estudantes, que possibilita o desenvolvimento de importantes habilidades, como por exemplo, a criticidade, a criatividade, a expressão oral e a escrita, entre outras. Isto porque, além de serem convidados a elaborar seus trabalhos, os apresentam posteriormente.

A fim de que seja alcançado um Ensino de Ciências que permita um ganho de aprendizagem e o desenvolvimento de determinadas habilidades dos estudantes, não se pode deixar de lançar mão de atividades baseadas, por exemplo, em metodologias de investigação,

propícias a transformar grupos de estudantes em grupos de aprendizagem permitindo “que os alunos discutam com os colegas, reflitam sobre suas ideias e ações, desenvolvam o senso crítico e uma percepção potencialmente mais rica da atividade científica” (BARRON; COHEN; HODSON; SLAVIN, apud JULIO e VAZ, 2007).

Contudo, ainda hoje são poucas as pesquisas destinadas tanto a verificação da eficácia como da melhoria de trabalhos em grupo no ambiente da sala de aula em termos de aprendizagem. Alguns artigos citados nesta categoria se propuseram a estudar de forma psicanalítica as relações entre os agentes do grupo, o que as tornam relevantes aos objetivos desta pesquisa a fim de que sejam observadas e consideradas de forma mais cautelosa as relações estabelecidas nos processos grupais.

No presente trabalho, com receio da resistência que poderia ser encontrada por parte de alguns estudantes na apresentação dos seminários, foi tomado o cuidado de conduzir as atividades de seminários de forma orientada através dos roteiros-guias (apêndices B a F) que foram elaborados para cada um dos cinco seminários com o objetivo de deixar os estudantes mais seguros quanto ao tema que eles deviam pesquisar e quanto à forma de apresentação e avaliação.

### **2.3 Categoria 2: Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio**

Os seis artigos apresentados nesta categoria tratam da inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio, com justificativas, alguns resultados positivos e cuidados a serem tomados quando da opção por trabalhá-los em sala de aula.

Terrazzan (1992) já alertava para a importância da inserção da FMC no 2º Grau (atual Ensino Médio). A fim de combater argumentos contrários a esta inserção ele afirma que “não podemos é esperar a entrada do século XXI para iniciarmos a discussão nas escolas da Física do século XX” (p. 211). Apesar deste alerta tão antigo, estamos no século XXI e ensinando, praticamente, a Física do Século XVIII e XIX..

E, faz outro alerta muito importante acerca da realidade do ensino brasileiro: “uma minoria (dos estudantes) segue cursos superiores, e destes poucos uma parte menor ainda se dedicará às áreas de ciências e de tecnologia.” (TERRAZZAN, 1992, p. 212). Assim, “para



um grande contingente de nossos alunos, a física escolar de 2º Grau será o único contato, na sua escolarização formal, com a ciência física.” (TERRAZZAN, 1992, p. 212).

Portanto, a não inclusão da FMC no Ensino Médio pode ser considerada uma forma de exclusão na medida em que não é relacionada à Física do século XX com o desenvolvimento tecnológico subjacente.

Assim, ele aponta alguns caminhos para nortear esta inserção como, por exemplo, trabalhar temas relativos à FMC juntamente com a discussão dos limites dos modelos clássicos, ou, apresentar seus conceitos, modelos e teorias sem fazer referência aos modelos e aos conceitos clássicos. Isto, com a preocupação de privilegiar leis gerais e conceitos fundamentais, sem esquecer de que seja feita uma reflexão acerca das possibilidades de desenvolvimento desses tópicos com poucas exigências de cálculos matemáticos.

É consenso entre os pesquisadores da área de ensino a necessidade de inserir tópicos de FMC no Ensino Médio. No entanto, de forma geral, eles estão ausentes neste nível de ensino (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005; TERRAZZAN, 1992).

Esta é, ainda, uma tarefa difícil e que não está naturalmente incorporada ao hábito de ensino dos professores de Física. Pode-se aqui citar pelo menos dois motivos: falta de material didático adequado disponível e insegurança dos professores, a qual é provavelmente fruto de uma formação superior com deficiências (TERRAZZAN, 1992) no que diz respeito à adequação deste tema ao Ensino Médio. No entanto, a busca pela formação continuada e permanente é uma das soluções, mas que depende, sobretudo, do reconhecimento por parte de cada professor das suas necessidades intelectuais e profissionais.

Ostermann (2000) apresenta uma revisão bibliográfica acerca da FMC onde relata justificativas de outros autores para a inserção de tópicos de FMC neste nível de ensino, dos quais destaca-se alguns: desperta o interesse pelas ciências que as crianças (e adolescentes) trazem para a escola; possibilita um maior entendimento acerca do debate público sobre questões éticas que envolvem, por exemplo, a criação de armas nucleares; faz parte do cotidiano da sociedade contemporânea; permite ao estudante dar sentido à Física, fazendo relações com o mundo que o cerca; protege o estudante do obscurantismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas; contribui para a formação de um cidadão consciente e participativo na sociedade; influencia a escolha de estudantes pela carreira de Física; torna o

ensino mais divertido para o professor, através do entusiasmo gerado pelo material didático utilizado. Ressalta ainda que é importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino.

Há, contudo, afirmações contrárias à inserção da FMC e, uma delas é a de que ela “é considerada conceitualmente difícil e abstrata” (OSTERMANN, 2000, p. 24). Mas, como uma defesa desta afirmação: “... resultados de pesquisa em Ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.” (ibidem).

Assim, uma pergunta pertinente surge: por que então não inserir a FMC no Ensino Médio? Certamente outros motivos, não discutidos aqui, serão levantados. Mas, o fato é que basear-se na abstração dos seus conceitos não justifica a sua não inserção, como mostrados nos trabalhos a seguir.

Acerca desta possível maior dificuldade dos estudantes em aprender tópicos de FMC quando comparados à Física Clássica, Pinto e Zanetic (1999), em pesquisa com estudantes do Ensino Médio, utilizaram a História e Filosofia da Ciência e trabalhos culturais como estratégias de ensino, e obtiveram resultados experimentais que evidenciaram que eles têm capacidade de abstração e maturidade suficientes para compreender os conceitos quânticos.

Paulo e Moreira (2004) ao trabalhar conceitos fundamentais de Mecânica Quântica com estudantes do Ensino Médio, verificaram que eles não tiveram dificuldades maiores em assimilar tais conceitos do que aquelas encontradas nos estudos da Física Clássica, e observaram evidências de que eles conseguiram estruturar conceitos importantes para a compreensão do mundo quântico, além de adquirir consciência de que a ciência não é constituída por verdades absolutas.

No entanto, eles ressaltam que ensinar qualquer conteúdo de Física sem relacioná-lo ao cotidiano, tendo o cuidado de não perder a cientificidade, faz parecer que os estudantes não se interessam pelo conhecimento científico. Neste sentido, ressaltam que uma pesquisa realizada por Pietrocola e Zylbersztajn (1999), indicou que a aprendizagem de tópicos de FMC ocorre com dificuldade se eles não forem significativos para o cotidiano do estudante e, que de acordo com Montenegro e Pessoa Jr. (2002), outras pesquisas apontam que é possível a inserção destes, desde que não seja utilizado um formalismo matemático avançado.

Brockington e Pietrocola (2005) analisam os requisitos necessários para inserir elementos de Mecânica Quântica no Ensino Médio à luz da teoria de Transposição Didática de Yves Chevalard.

Afirmam que, apesar do consenso da necessidade da inserção de tópicos de FMC neste nível de ensino, são poucas as pesquisas relacionadas a ela, com um caminhar muito lento dos professores e pesquisadores com receio de inovar promovendo uma mudança curricular. Fatores como a complexidade intrínseca destes tópicos, e a falta de apoio dos sistemas de ensino, seriam possíveis explicações.

Eles apontam que a Transposição Didática fornece alguns critérios para compreendermos a permanência de alguns saberes a serem ensinados ao longo de décadas, e que algumas dificuldades que surgem em face às necessidades de atualização e modernização destes saberes, são as aproximações. Estas tornam, por exemplo, a mecânica newtoniana como uma tradição de ensino uma vez que “fornece bons resultados experimentais quando aplicada ao cotidiano, onde as velocidades dos corpos são pequenas quando comparadas à da luz.” (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005, p. 399).

Portanto, já que humanamente não são vivenciadas diretamente velocidades próximas a da luz, a Teoria da Relatividade, vista desta forma simplificada, não adquire “força” para ser inserida nos currículos escolares.

Outra dificuldade apontada é a hermeticidade dos conteúdos que “pela sua estruturação conceitual, abstração e formulação em linguagem matemática, os conhecimentos presentes nas ciências físicas são poucos assimiláveis pela cultura popular.” (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005, p. 399). Sendo assim, torna-se difícil excluir determinados conteúdos, pois apesar de serem considerados obsoletos e poderem ser substituídos por conteúdos mais modernos e atualizados, ainda “não fazem parte do senso comum dos indivíduos do século XXI.” (ibidem).

Assim, à luz da Transposição Didática, afirmam que a Teoria Quântica sendo, em sua maior parte, consensual na comunidade científica, pode ser transformada de Saber Sábio em Saber a Ensinar pelo critério da consensualidade. No entanto, precisando atender a outros critérios, ela possui atualidade biológica e atualidade moral, mas tem baixa operacionalidade, no que se refere a produzir atividades para os estudantes como exercícios e experimentos. E o

não atendimento a este último, está relacionado aos critérios da criatividade didática e da terapêutica, que ainda precisam ser desenvolvidos para tornar esta teoria em um Saber a Ensinar.

Por fim, é ressaltado que para este saber sobreviver no Ensino Médio é necessário ser transformado numa série de exercícios semelhantes aos que são encontrados nos livros didáticos a fim de poderem ser avaliados da forma como professores e estudantes estão acostumados.

Admitindo que “Transpor a Teoria Quântica para a sala de aula do Ensino Médio deve ser vista como uma tarefa das mais complexas” (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005, p. 400), afirmam que a Noosfera deve se libertar das regras de sobrevivência que geraram o Saber Escolar tradicional para que seja possível que se alcance um equilíbrio entre os requisitos da ciência com os da sala de aula, criando um novo Saber Escolar “a ser avaliado em termos da motivação que ele gera e de seu sucesso entre os alunos. (...) e o sucesso deve também ser visto no sentido de entendimento, prazer e significação e não apenas em termos de adaptabilidade.” (ibidem, p. 402).

Algumas coleções de livros didáticos de Física inserem a FMC apenas no final do conteúdo tradicionalmente trabalhado na terceira série, o que aumenta a probabilidade do professor não abordá-la, seja pela falta de tempo, pela falta de segurança conceitual, ou por considerar que os estudantes do Ensino Médio não são capazes de compreendê-la. Com relação a essa inadequada inserção, Lobato e Greca (2005) afirmam que trabalhar a FMC apenas ao final do Ensino Médio pode estar relacionada a uma abordagem histórica que prescinde de uma cronologia do Ensino de Física, também verificada nos currículos de países como Portugal, Espanha, Itália e Finlândia, numa sequência que parte da Mecânica, passa pelo Eletromagnetismo, finalizando com a FMC.

#### **2.4 Categoria 3: Constituição Atômica da Matéria**

Nesta categoria será apresentado apenas um artigo que mostra como estudantes compreendem a constituição da matéria de forma contínua e substancialista, transferindo características das substâncias para átomos e moléculas.

Samrsla et al. (2007) apresentam o resultado de uma investigação sobre as compreensões de estudantes, do primeiro ano do Ensino Médio, acerca de fenômenos que envolvem estados de agregação da matéria, evidenciando suas proposições de modelos explicativos no nível atômico-molecular. A partir de uma mediação dialógica pelo professor em atividades experimentais, elaborações conceituais dos estudantes evoluíram em relação à compreensão da constituição da matéria por partículas, de forma que passaram a usá-la para justificar as diversas características dos materiais, sua composição química e as suas propriedades físico-químicas.

Com o objetivo de apoiar a elaboração conceitual da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria, foram realizadas atividades experimentais relativas aos temas: dissolução do permanganato de potássio em água e posterior diluição da mistura; expansão do ar sob aquecimento; ebulição e condensação do éter; sublimação do iodo e mistura de álcool e água, dos quais descrevemos algumas das observações realizadas.

1. Dissolução do permanganato de potássio em água e posterior diluição da mistura: percebeu-se a dificuldade dos estudantes em compreenderem que a dissolução acontecia devido ao movimento randômico das partículas e não a uma agitação externa à solução, evidenciando uma incompreensão da existência de partículas nos materiais, do seu movimento aleatório e da existência de espaços vazios entre elas.

2. Expansão do ar sob aquecimento: antes do aquecimento os estudantes consideraram que não havia nada dentro do frasco, desconsiderando a presença de ar. Após o aquecimento consideraram que o ar se deslocou do frasco para o balão, ficando o primeiro vazio. Criaram um paradoxo que o professor aproveitou para discutir ajudando-os a caminhar para uma re-elaboração conceitual.

As atividades experimentais tinham o objetivo de promover o desequilíbrio do conhecimento prévio dos estudantes e fomentar o entendimento de aspectos como a constituição da matéria por partículas, movimentando-se e interagindo no vazio.

Os dados para a análise foram obtidos através do registro dos diálogos dos estudantes e suas produções escritas, que incluíram elaboração de desenhos.

## 2.5 Categoria 4: Analogias no Ensino dos Modelos Atômicos

Os dois artigos apresentados nesta categoria referem-se à concepção de estudantes acerca da realidade atômica e de seus modelos, quer sejam apresentados por analogias em livros didáticos, ou, pelo professor.

Silva e Terrazzan (2008) consideram que “o ensino de modelos atômicos ocupa lugar de destaque na estrutura conceitual da Física”. Eles elaboraram e aplicaram Atividades Didáticas baseadas em Analogias (ADA), com o objetivo de estudar as contribuições e as limitações destas atividades para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio.

Utilizaram como instrumentos de registro de informações, a produção escrita dos estudantes e a videogravação das aulas. Afirmam que a identificação das semelhanças e das diferenças dos alvos com os análogos, a partir da simples visualização de atributos, ocorre com maior grau de facilidade como, por exemplo, as do tipo estrutural e as que envolvem proporções, e que de forma geral, estas identificações extrapolaram àquelas previstas nas atividades. Apontam que a familiaridade dos estudantes com os análogos utilizados pode ter contribuído para o resultado observado, e que as dificuldades apresentadas por certos estudantes podem ser devidas à falta de habilidades específicas de identificar atributos, estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar diferenças, sintetizar e registrar.

Observa-se que o foco deste trabalho é a pesquisa sobre o uso de analogias no ensino, no entanto, a consideração relatada sobre a importância de professores de Física ensinar modelos atômicos é relevante, uma vez que é uma concepção rara entre estes professores.

Souza, Justi e Ferreira (2006) a fim de verificar as contribuições e as limitações na utilização de analogias no processo de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos de Thomson e Bohr, aplicaram um questionário a 99 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma turma da rede pública de ensino e outra da particular. O professor da escola particular trabalhou os modelos atômicos sem utilizar qualquer analogia, embora livro didático adotado apresentasse tanto a analogia do “pudim de passas” quanto a analogia do “sistema solar”. O professor da escola pública não adotou o livro didático, mas mencionou estas analogias.

Os dados evidenciaram que a maioria dos entrevistados não entende as analogias e, conseqüentemente, os modelos aos quais elas se referem, bem como não percebem sentido no uso de duas analogias diferentes para o átomo, e concluem que os resultados encontrados evidenciam que a maioria absoluta dos estudantes não consegue pensar criticamente sobre os conteúdos apresentados, aceitando tudo como uma verdade absoluta, e que o ensino focado exclusivamente no conteúdo contribui para isto, além de não favorecer a discussão de aspectos relacionados com a natureza da ciência, que poderiam contribuir para que eles entendessem que o conhecimento científico é provisório e que modelos são representações parciais de uma realidade. Alertam também para a influência dos livros didáticos nos resultados, onde os seus autores não enfatizam que as imagens do pudim de passas e do sistema solar são utilizadas como analogias e, que estas possuem limitações.

Os autores relatam uma pesquisa realizada por Souza e Justi (2003), onde constataram dificuldades dos estudantes que estavam ingressando no curso de graduação em Química da Universidade Federal de Minas Gerais com relação à compreensão dos modelos atômicos, como, por exemplo: o átomo só existe em entidades vivas; é a menor parte da matéria que conserva suas características (o que evidencia a ideia de que o átomo é indivisível); pode ser visto em microscópio eletrônico (pensam que eles têm a dimensão de um vírus, não conseguem fazer uma distinção relacionada à magnitude correta do átomo); é igual às representações dos livros (não conseguem compreender que os livros apresentam apenas modelos do átomo).

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA E QUÍMICA

*“(...) todas as coisas são feitas de átomos – pequenas partículas que se movem em constante movimento, atraindo-se umas às outras quando separadas por pequenas distâncias, mas repelindo-se ao serem comprimidas umas sobre as outras”*

Feynman

Entre os recursos didáticos de maior facilidade de acesso, o livro didático (LD) é o mais utilizado pelos professores (CARNEIRO, SANTOS e MOL, 2005; PEDUZZI e BASSO, 2005), servindo como guia metodológico e curricular (MORTIMER, 1988), bem como norteador para o trabalho pedagógico em sala de aula com um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem (ÁLVARES, 1991).

Devido a sua importância no processo educativo, e a fim de alcançar os objetivos desse trabalho de pesquisa, notou-se a necessidade da realização de uma análise de alguns LDs de Física e Química, na qual buscou-se a presença ou não de conteúdos potencialmente capazes de conduzir o estudante a conhecer as evidências da existência do átomo que levaram à comprovação da hipótese atômica, bem como a forma de apresentação dos mesmos.

Isso porque, acredita-se que a presença e o uso adequado de tais conteúdos podem facilitar a promoção de uma re-significação da hipótese atômica pelos estudantes, tornando-a tão aceita e natural quanto ela é para a comunidade científica.

No entanto, ressalta-se que é necessário cuidar para que o LD não se torne a única fonte de informação e subsídio para a preparação das aulas, pois, se assim for, ele pode contribuir para a deformação do fazer pedagógico. A diversidade de materiais instrucionais (MOREIRA, 2010) deve ser prioridade para um professor que almeje alcançar uma melhoria na qualidade do seu trabalho através de uma formação permanente e continuada.



Desta forma foi verificado nas Orientações Curriculares da Educação Básica do Distrito Federal<sup>1</sup> que para a disciplina de Química o estudo dos modelos atômicos encontra-se relacionado na segunda série, com apenas “o estudo do modelo científico de Dalton” (BRASIL, 2009, p. 121) designado para a primeira.

Na relação dos conteúdos de Física para o terceiro ano, os modelos atômicos não aparecem explicitamente. Eles aparecem como um dos últimos tópicos, nos estudos referentes à Física Moderna e Contemporânea (FMC), onde fica subentendido que, nesta etapa do ensino, o estudante já tem o conhecimento dos modelos atômicos suficiente para tais estudos. Portanto, não é de se admirar que sejam poucos os LDs de Física que abordem os modelos atômicos e, quando o fazem, são especificamente para tratar de assuntos de FMC.

Contudo, no PCN+ (BRASIL, 2002), dividido em seis temas estruturadores que apresentam possíveis formas para a organização das atividades escolares, verifica-se no quinto tema para a Física, denominado “Matéria e Radiação”, a sugestão de discutir os modelos atômicos relacionando-os à constituição da matéria. Este estudo aliado ao da radiação possibilita proporcionar aos jovens uma compreensão mais abrangente de como são constituídos diferentes e novos materiais, como cristais líquidos e *lasers*, ou como funcionam componentes eletrônicos como circuitos integrados e microprocessadores, ou cabos de fibra óptica, combustíveis nucleares, entre outras aplicações tecnológicas relacionadas à FMC.

Nesse tema estruturador, no subitem “Matéria e suas propriedades”, um dos objetivos é: “compreender a constituição e organização da matéria viva e suas especificidades, relacionando-as aos modelos físicos estudados” (BRASIL, 2002, p. 29), o qual está associado diretamente com os propósitos de nossa pesquisa. No entanto, como já foi afirmado anteriormente, esta abordagem está ausente nas Orientações Curriculares da Educação Básica do Distrito Federal, bem como na maioria dos LDs de Física.

---

<sup>1</sup> Implantado nas escolas em 2009 sendo ainda objeto de avaliação através de grupos de discussão no âmbito da Secretaria de Educação do Distrito Federal com previsão de ser concluída em 2010.

É importante observar que os temas estruturadores dos PCN+ são sugeridos sem especificar a série ou o momento a desenvolvê-los, ficando esta tarefa a critério do professor, o qual pode trabalhar conteúdos de FMC em qualquer série, não necessariamente apenas ao fim da terceira.

Trabalhar a FMC apenas ao final do Ensino Médio pode estar relacionada a uma abordagem histórica que prescinde de uma cronologia do Ensino de Física, também verificada nos currículos de países como Portugal, Espanha, Itália e Finlândia, numa sequência que parte da Mecânica, passa pelo Eletromagnetismo, finalizando com a FMC (LOBATO e GRECA, 2005).

Como norteadores para esta análise e para a criação dos critérios utilizados, foram consultadas quatro dissertações de mestrado relacionadas com os modelos atômicos e análise de LDs, a saber: “A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química” (VIANA, 2007), “O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial lakatosiano” (BASSO, 2004), “Análise de livros didáticos do nível médio quanto à potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de Física Ambiental” (CARRILHO SOBRINHO, 2009) e “A formação de uma cultura científica no Ensino Médio: o papel do livro didático de Física” (COIMBRA, 2007).

Assim, foram analisados alguns LDs selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio - PNLEM (BRASIL, 2008) desenvolvido pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), por meio da Secretaria de Educação Básica em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e, implantado no ano de 2004, pela Resolução nº 38 do FNDE, de 15/10/2003.

Um dos objetivos deste programa é de contribuir para a melhoria da qualidade da educação básica no Ensino Médio garantindo aos estudantes das escolas públicas o acesso gratuito a um importante recurso didático, o LD, através do qual o trabalho do professor também é beneficiado, visto que poderá usá-lo de forma mais abrangente com seus estudantes, e não apenas para a preparação das aulas. Sua implantação ocorreu de forma gradual onde a cada ano algumas disciplinas foram contempladas, sendo a Química em 2008 e a Física em 2009.

No catálogo do PNLEM de 2008 (BRASIL, 2008) constam as sínteses de seis livros de Química avaliados e aprovados por uma equipe de especialistas da área durante o processo de seleção de 2007, que posteriormente foi disponibilizado aos professores das escolas públicas a fim de que, a partir das necessidades locais, escolhessem o LD a ser adotado durante um triênio, sendo possível fazer escolhas de coleções específicas para cada escola. Da mesma forma, no catálogo de 2009 (ibidem) constam as sínteses de seis livros de Física.

A escolha por trabalhar com os livros indicados pelo PNLEM deveu-se ao fato de serem comumente usados nas escolas em geral e por terem passado por um processo institucional de escolha no qual uma quantidade considerável de professores e especialistas puderam contribuir.

Então, a partir da lista dos seis livros de Química indicados no PNLEM de 2008, cinco deles foram analisados e encontram-se relacionados a seguir no quadro 1. Devido à impossibilidade de acesso a uma das coleções de Química, por motivos de ordem prática, a mesma foi excluída de nossa análise. Fato que se repetiu com os livros de Física, sendo analisados apenas cinco dos seis indicados no PNLEM de 2009 conforme descrição no quadro 2. Atribuiu-se códigos na primeira coluna dos referidos quadros a fim de facilitar a comunicação escrita.

Quadro 1 – Livros didáticos de Química presentes no catálogo do PNLEM 2008

<b>Codificação</b>	<b>Código da coleção<sup>1</sup></b>	<b>Descrição</b>
Q1	015038	Química na Abordagem do Cotidiano. Volumes 1, 2 e 3. Francisco M. Peruzzo e Eduardo L. Canto. 3ª ed.. São Paulo: Moderna, 2005.
Q2	102364	Universo da Química. Volume único. José Carlos de A. Bianchi, Carlos H. Albrecht e Daltamir J. Maia. 1ª ed.. São Paulo: FTD, 2005.
Q3	102410	Química. Volume único. Olímpio s. Nóbrega, Eduardo R. da Silva e Ruth Hashimoto da Silva. 1ª ed.. São Paulo: Ática, 2005.
Q4	102444	Química. Vol. único. Eduardo F. Mortimer e Andréa Horta Machado. 1ª ed.. São Paulo: Scipione, 2005.
Q5	102512	Química e Sociedade. Vol. único. Wildson L. P. Santos, Gerson S. Mol e colaboradores. 1ª ed.. São Paulo: Editora Nova Geração, 2005.

<sup>1</sup> Códigos usados no catálogo do PNLEM 2008.

Quadro 2 – Livros didáticos de Física presentes no catálogo do PNLEM 2009

<b>Codificação</b>	<b>Código da coleção<sup>1</sup></b>	<b>Descrição</b>
F1	15023	Universo da Física. Volumes 1, 2 e 3. José Luiz Sampaio e Caio Calçada. 2ª ed.. São Paulo: Atual, 2005.
F2	15036	Física – Ciência e Tecnologia. Volumes 1, 2 e 3. Paulo César M. Penteadó e Carlos Magno A. Torres. 1ª ed.. São Paulo: Moderna, 2005.
F3	15099	Física. Volumes 1, 2 e 3. Antonio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares da Luz. 1ª ed.. São Paulo: Scipione, 2005.
F4	102404	Física. Vol. único. Alberto Gaspar. 1ª ed.. São Paulo: Ática, 2005.
F5	102439	Física. Vol. único. Aurélio G. Filho e Carlos Toscano. 1ª ed.. São Paulo: Scipione, 2005.

Nos LDs de Química, a análise dos capítulos destinados ao estudo dos modelos atômicos teve como objetivo verificar em que nível de contextualização estes estudos estão inseridos. Para tanto, buscou-se por conteúdos que, após ou durante as explicações dos modelos atômicos, fizessem referências a algum experimento ou acontecimento servindo de subsídio ao estudante para a inclusão no seu campo conceitual do átomo como algo real, bem como a presença de aplicações tecnológicas que pudessem contribuir para facilitar a aprendizagem significativa acerca da constituição atômica da matéria.

A existência de tais informações quando trabalhadas em sala de aula junto ao desenvolvimento dos conceitos, pode contribuir para que o aprendizado não fique apenas no nível teórico, sem alcançar uma visão de aplicação prática, sem reconhecer que tudo que existe ao seu redor, inclusive os seres vivos, é formado por átomos, e que os modelos associados possibilitam compreender o seu comportamento.

Portanto, foram criados e utilizados sete critérios de análise (quadro 3) com o objetivo de verificar a presença (ou ausência) de conteúdos potencialmente facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica acerca da constituição atômica da matéria, além da sua forma de apresentação.

Ressalta-se que devido às especificidades das disciplinas alguns critérios foram aplicados às análises dos LDs de Física e outros aos de Química, totalizando cinco critérios para cada (quadro 3).

---

<sup>1</sup> Códigos usados no catálogo do PNLEM 2009.

Quadro 3 – Descrição dos aspectos analisados nos critérios de análise

Critérios de análise	Aplicados aos LDs		Descrição dos aspectos analisados
	Física	Química	
<b>Apresenta os modelos atômicos</b>	X		Verificar se os modelos atômicos são apresentados e em que momento: se junto à FMC ou se em meio a outros conteúdos, bem como se são apresentados de forma a contribuir para a re-significação do átomo como algo real, entendendo que apesar de estudarmos seus modelos, estes representam uma realidade, não constituindo apenas uma construção didática.
<b>Apresenta Física Moderna e Contemporânea (FMC)</b>	X		Verificar se a FMC é apresentada e em que momento, uma vez que entendemos que quando ela aparece nos LDs como um capítulo a parte, geralmente no final, corre-se o risco de não ser trabalhado em sala de aula.
<b>Aborda Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)</b>	X	X	Verificar a presença da abordagem CTS e em que momento, pois, quando disposta em meio aos conteúdos, sua leitura torna-se quase que obrigatória. No entanto, quando é feita através de textos complementares, corre-se o risco de tornarem-se um enfeite no capítulo. Sua presença oportuniza ao estudante conhecer aplicabilidade dos conteúdos estudados atribuindo-lhes significados.
<b>Esclarece o significado de “ver” um átomo</b>	X	X	O “ver” um átomo atribui a este verbo um significado diferente do usual, necessitando ser esclarecido aos estudantes que, estes “olhos” que “veem” átomos não são humanos.
<b>Apresenta artigos, experimentos ou descobertas com potencial de facilitar a re-significação da hipótese atômica pelos estudantes</b>	X	X	Verificar a presença contextualizada de experimentos ou descobertas como Efeito Fotoelétrico, a Experiência de Millikan, o Movimento Browniano, a Descoberta da Radioatividade, o Experimento de Rutherford e o Experimento de Thomson, bem a presença de artigos ou textos que relacionem os átomos à constituição da matéria.
<b>Apresenta os modelos atômicos de forma contextualizada</b>		X	Verificar se a apresentação do modelo atômico é exposta considerando os motivos pelos quais os cientistas em busca de soluções chegaram aos seus modelos.
<b>Diferencia modelo e realidade (análogo e alvo)</b>		X	Verificar a presença da explicação da diferença entre modelo e realidade, explicitando os motivos pelos quais a ciência faz uso de modelos.

Com base nos critérios anteriormente descritos foi efetuada a análise dos LDs de Física e Química a qual será detalhada no próximo item.

### **3.1 Análise Descritiva dos Livros Didáticos**

A seguir estão descritas as análises dos LDs de Física e Química, separadas por coleção, bem como um resumo e alguns comentários.

#### **3.1-1 Coleção F1**

Para esta coleção a análise foi efetuada nos três volumes. O primeiro volume é iniciado com uma abordagem histórica a fim de explicar o objeto de estudo da Física bem como o seu surgimento na filosofia grega.

Assim, apresenta-se a “teoria” dos quatro elementos e a “teoria” atômica grega como “teorias” que buscavam explicar do que a matéria é constituída. A seguir os autores afirmam que a teoria atômica foi “ressuscitada” no século XVII e que o conceito de átomo atual é bastante diferente do grego.

O átomo atual é apresentado como objeto de estudo da Química e da Física e um modelo atômico (orbital), não nomeado, é representado e explicado como constituído por elétrons, prótons e nêutrons. Em seguida os quarks também são incluídos como constituintes. Em linhas gerais, são explicadas e diferenciadas as reações nucleares e as químicas (eletrosférica).

Esta introdução pretende tão somente situar o estudante no objeto de estudo da Física e ressaltar sua proximidade com a Química. Sendo apenas uma introdução, os autores concluem o capítulo afirmando que maiores detalhes sobre a estrutura atômica será apresentada no volume 3 no estudo da eletricidade.

No segundo volume, encontra-se na unidade 2, denominada de “Fluido-mecânica”, um estudo dos “estados de agregação da matéria macroscópica”, onde os autores ressaltam que “sabemos hoje que todos os corpos que nos rodeiam, como, por exemplo, as pedras, as

árvores, os animais, e até mesmo os planetas, são constituídos de três partículas “materiais”: prótons, nêutrons e elétrons.” (p. 55). Cabe aqui uma pergunta pertinente: por que não foi citado também que os seres humanos são constituídos de átomos? É possível que esta pequena inobservância conduza o estudante a excluir o corpo humano desta constituição.

O volume 3 inicia com uma pergunta numa pequena caixa de texto sobre a não explosão do núcleo do átomo uma vez que estuda-se na eletricidade que “entre dois prótons há um par de forças de repulsão” (p. 2). Ao longo do capítulo os autores respondem à questão ao explicar a sobreposição da força nuclear as de interação gravitacional e elétrica.

No início de um texto complementar sobre os quarks, os autores afirmam que “... somente muitos anos depois, durante o século XIX, transformou-se em convicção a ideia de que toda a matéria que vemos é formada por átomos.” (p. 15). É um texto bastante superficial que não informa em maiores detalhes como estas descobertas foram feitas, o que faz com que ele adquira caráter meramente informativo e pouco atrativo ao estudante.

Ao introduzir o conteúdo de eletrostática os autores reafirmam que “sabemos hoje que a matéria macroscópica é constituída por átomos e que estes, por sua vez, são formados por três partículas, o elétron, o próton e o nêutron.” (p. 165).

A reiteração da constituição atômica da matéria é ressaltada em vários capítulos desta coleção. No entanto, afirmações como a citada no parágrafo anterior, fornecem indícios de que os autores acreditam que a repetição é suficiente para a construção dos significados dos conteúdos estudados pelo estudante, o que caracteriza uma concepção behaviorista de ensino e aprendizagem.

Ao tratar do estudo da força magnética, num texto complementar, são descritas a descoberta do elétron juntamente com o experimento de Thomson e a descoberta da sua carga com o experimento de Millikan.

Por fim, a última unidade contempla de forma bastante resumida a FMC, sendo dividida em dois capítulos: “A teoria da relatividade” e a “Mecânica Quântica”. Ambos são descritivos explicando as teorias e os fenômenos, com uma insuficiente contextualização histórica das descobertas, além de não relacioná-las com aplicações tecnológicas.

Apesar do fato de que no primeiro volume desta coleção tenha uma introdução que ressalta a constituição atômica da matéria, esta não reaparece ao longo dos capítulos posteriores. Os conteúdos seguem de forma tradicional, matematizados, e com raras referências à FMC, História da Ciência, experimentos ou aplicações práticas e tecnológicas.

### **3.1-2 Coleção F2**

Esta coleção é composta por três volumes. No primeiro, a fim de fornecer ao estudante uma visão geral acerca dos assuntos que serão estudados na disciplina, os autores iniciam com um capítulo intitulado “A natureza da ciência”, onde conceituam ciência, mostram a divisão da Física Clássica e da Moderna, relacionam a Física com as demais ciências, explicam as propriedades físicas dos materiais e, no subtópico “O mundo que nos rodeia”, tratam dos estados físicos da matéria.

Neste subtópico destaca-se a seguinte afirmação: “Hoje sabemos que a matéria é sempre constituída por um aglomerado de partículas fundamentais (ou elementares) e que todos os corpos do Universo, vivos ou não, são grupamentos dessas partículas.” (p. 6). Afirmação que é importante e necessária para um primeiro contato do estudante com a estrutura da matéria nesta disciplina, pois ressalta que todos os corpos do Universo, vivos ou não, são constituídos por átomos. Em seguida, eles apresentam de forma introdutória um modelo para o átomo.

Ao abordarem o sistema internacional de unidades e discutirem os padrões de medidas de algumas grandezas físicas, os autores utilizam um artigo que trata dos relógios atômicos (p. 20), o que nos parece relevante e apropriado para o contexto de discussão. É um texto que, a nosso ver, corrobora com aquisição de significado real do átomo como constituinte da matéria.

No volume 2, no primeiro capítulo intitulado de “Energia térmica e calor”, os autores iniciam com a frase: “Em nível microscópico, as partículas constituintes da matéria – átomos e moléculas – não estão paradas, estáticas.” (p. 3). Esta afirmação é feita para que seja posteriormente definido o conceito de temperatura e explicado os estados físicos da matéria e suas mudanças. Observa-se que desta forma os autores acreditam que o conceito de átomo e



seus modelos, a concepção de que estes constituem a matéria, bem como o conceito de matéria e sua abrangência, são claros para o estudante.

No capítulo 3, “Ondas e som”, os autores trazem um artigo publicado numa revista de divulgação científica sobre a radiação, que faz uma abordagem histórica, contextualizada e com aplicações tecnológicas, ressaltando que a radiação depende da frequência de vibração dos átomos. Esta associação dos átomos a aplicações tecnológicas constitui uma forma de contribuição facilitadora da aprendizagem significativa acerca da estrutura atômica da matéria.

No primeiro capítulo do volume 3, a fim de explicar a natureza dos fenômenos elétricos, os autores reafirmam que “todos dos corpos são constituídos de átomos.” (p. 5), e que a explicação de tais fenômenos só foi possível a partir da descoberta do elétron e completada quando a estrutura do átomo foi melhor compreendida com o modelo atômico de Rutherford, o qual é rapidamente descrito, sem aprofundamento ou contextualização histórica.

Alguns artigos publicados em revistas de divulgação científica e textos redigidos pelos autores são apresentados numa pequena caixa de texto denominado de “Aplicação Tecnológica” que contextualizam o conteúdo estudado acerca da eletricidade que na ausência de exemplos práticos se torna bastante abstrato. Os temas que aparecem nas caixas de texto deste capítulo são: “A xerografia”, “A blindagem eletrostática”, “O gerador eletrostático de Van de Graaff”, “Raios matam 200 pessoas por ano”, “Anatomia de um fio”.

Apesar dos artigos e textos estarem localizados em pequenas caixas que naturalmente se caracterizam por uma leitura não obrigatória para a compreensão dos conteúdos estudados no capítulo, a quantidade, a clareza, a legibilidade e aplicabilidade dos assuntos, podem chamar a atenção do estudante para a leitura dos mesmos. Assim, se lidos, têm a possibilidade de atuarem como facilitadores para o alcance de uma aprendizagem significativa acerca da estrutura atômica da matéria.

Nos capítulos que seguem os autores fazem a mesma abordagem com textos e artigos contextualizando os conteúdos.

Os capítulos 5, 6 e 7, são destinados à FMC, sendo respectivamente abordadas, a “Teoria da Relatividade”, a “Física Quântica” e a “Física Nuclear”. Eles seguem a mesma

estrutura dos demais, apresentando textos que buscam contextualizar os conteúdos com aplicações tecnológicas e exercícios de aplicação.

No capítulo 6 o efeito fotoelétrico é explicado, mas sem que seja feita uma contextualização histórica.

O único modelo atômico abordado com maiores detalhes é o modelo atômico de Bohr no capítulo 6 e, para explicá-lo, os autores descrevem resumidamente o modelo de Thomson e o de Rutherford mostrando que as limitações de cada um levaram ao desenvolvimento do modelo subsequente. Assim, chegam à explicação do átomo de Bohr, como um modelo que surgiu para aperfeiçoar o modelo de Rutherford que previa o colapso atômico pelos elétrons que perderiam energia pela emissão de radiação à medida que descreviam órbitas circulares ao redor do núcleo. Esta perda de energia é prevista pela teoria de Maxwell para qualquer corpo carregado eletricamente e acelerado.

É importante observar que a forma como os modelos atômicos são descritos, não correspondem à forma como surgiram os reais problemas de pesquisa dos cientistas, os quais os levaram à busca de soluções.

### **3.1-3 Coleção F3**

A análise desta coleção foi realizada nos seus três volumes. No volume 1 os autores ao explorar a Mecânica Clássica fazem uma abordagem dos seus limites apresentando, em linguagem adequada, a mecânica Relativística no Tópico Especial sob o título “Limitações da Mecânica Newtoniana” (p. 171). Para fazer um comparativo de velocidades e discutir a necessidade de uma nova mecânica para o caso de velocidades próximas a da luz, os autores usam como exemplos as velocidades dos prótons e elétrons. Esta é a primeira vez em que partículas do átomo são citadas.

O conteúdo da mecânica de Newton é normalmente abordado no segundo bimestre do primeiro ano, período em que o estudante ainda estará se familiarizando com os modelos atômicos, dependendo da sequência do currículo utilizado na Química. Assim, torna-se necessário que o professor de Física, ao utilizar exemplos que tratam das partículas atômicas, ressalte alguns aspectos da constituição do átomo. Pode-se argumentar aqui que os estudos

acerca das partículas básicas do átomo (prótons, nêutrons e elétrons), já tenham sido abordados no nono ano do Ensino Fundamental. No entanto, se ele foi abordado, muito provavelmente foi de forma superficial, pois a proposta nesta série é de uma Química e Física introdutórias.

Neste volume, apesar da citação de alguns elementos constituintes do átomo, não foi encontrada nenhuma abordagem que explicasse os modelos atômicos ou que servisse de recordação. No entanto, é louvável a inserção de FMC já no primeiro volume, em dois momentos distintos:

1°. Ao tratar dos limites da Mecânica Clássica, eles apresentam a teoria da Relatividade Restrita enfatizando o aumento da massa com o aumento da velocidade, contribuindo para desfazer o conceito de massa com valor absoluto referente à quantidade de matéria de um corpo.

2°. No conteúdo Energia, eles relembram o conceito de massa relativística abordado anteriormente, apresentam a relação massa-energia definindo a energia cinética relativística e exploram os conteúdos de fissão e fusão nuclear.

No volume 2, num Tópico Especial denominado “A descoberta do Nêutron” (p. 31) novamente é citada uma partícula subatômica, o nêutron, ressaltando que o seu estudo já foi realizado na Química quando abordado como constituinte da matéria. Ela é citada, a fim de enfatizar a solidez do Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento, onde os autores mostram como este princípio norteou a busca pelo nêutron, partícula prevista por Rutherford em 1920, e descoberta por James Chadwick, em 1932.

Ao tratar do conceito de temperatura, os autores, naturalmente, usam os termos átomos e moléculas, pois fazem parte da definição de tal conceito. O mesmo acontece em capítulos subsequentes no estudo da dilatação e das mudanças de fase da matéria. É neste momento que a Física do Ensino Médio inicia os estudos com explicações em níveis microscópicos considerando, equivocadamente, que pelos estudos já realizados em Química, o estudante encontra-se familiarizado com tais termos.

Através de uma pequena caixa de texto ao longo do estudo do conteúdo Comportamento dos Gases, e aprofundada no Tópico Especial intitulado “A evolução do modelo molecular da matéria”, o Movimento Browniano é citado e enfatizado ressaltando que

o seu estudo foi de grande importância para o estabelecimento definitivo da estrutura atômica da matéria. Discussão bastante interessante e apropriada aos objetivos da nossa pesquisa.

O volume 3 inicia com o conteúdo de Eletrostática onde necessariamente fala-se de prótons e elétrons. Os autores lembram ao leitor, em uma pequena frase, que “como você já deve saber, a moderna teoria atômica nos ensina que toda matéria é constituída, basicamente, pelas partículas denominadas prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons possuem carga positiva, os nêutrons não possuem carga elétrica e os elétrons possuem carga negativa.” (p. 16). A partir daí seguem com o conteúdo sem explicações específicas acerca da constituição atômica da matéria ou dos modelos atômicos, embora o conteúdo trabalhado no terceiro ano, que de forma geral é o eletromagnetismo, necessite de uma visão atômica da matéria.

No conteúdo referente à eletrodinâmica, mais especificamente ao introduzir o conceito de corrente elétrica, os autores ao descreverem sobre a corrente em soluções iônicas, mais uma vez, tentam fazer com que o estudante resgate o que já estudou na Química: “como você já deve saber do seu curso de Química, o sal dá origem a íons positivos...” (p. 109).

O experimento de Millikan é descrito pelos autores numa pequena caixa de texto denominado “A experiência de Millikan” (p. 95) ao final do estudo do conteúdo de eletrostática. Sua descrição acontece fazendo uma relação deste experimento, que determina experimentalmente a carga do elétron, com a hipótese de elétrons saltarem de um corpo para outro mediante o processo de eletrização por atrito. Assim, os elétrons sendo compreendidos como partículas, devem ter uma carga quantizada, e os corpos seriam eletrizados com cargas de múltiplos inteiros de um dado valor. Pela análise do texto observa-se que ele tem a função de contribuir para que o estudante alcance uma aprendizagem significativa sobre a existência dos elétrons e a quantização da carga elétrica.

Apenas após três capítulos, no Tópico Especial “A descoberta do elétron” é que os autores descrevem a experiência de Thomson ressaltando a descoberta do elétron e a constatação de que os elétrons encontram-se nos átomos de qualquer substância. Assim, as descobertas são apresentadas de forma anacrônica, embora neste tópico, os autores façam referência à experiência de Millikan já discutida.

O último capítulo, “A nova Física”, é dedicado à FMC, embora ao longo dos três volumes ela seja discutida de acordo com o conteúdo abordado. A diferença é que neste

capítulo é realizado um maior aprofundamento qualitativo acerca da Física de Partículas e da Cosmologia.

Considera-se de forma positiva o fato dos autores terem a preocupação de incentivar o estudante a relembrar do conteúdo prévio necessário para seguir nos estudos ao longo de toda a coleção usando frases como “você já estudou isto em Química”. Esta atitude contribui para que o estudante se recorde do que foi estudado. O que não é possível saber é em que nível este conhecimento adquire significado real ao ponto de que possa servir de subsunção para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999) dos novos conhecimentos físicos.

Outra característica que vale ressaltar é que ao final dos capítulos, eles trazem no “Tópico Especial” textos que explicam fenômenos físicos ou descrevem descobertas e experimentos relativos aos conteúdos abordados como forma de trazer estes conteúdos para a realidade, para situações de aplicabilidade prática, em outras palavras, eles buscam uma contextualização do Ensino de Física. Porém, como estes tópicos são textos propostos para aprofundamento, corre-se o risco de não ser devidamente explorado por professores e estudantes, tornando-se um adendo ao capítulo.

### **3.1-4 Coleção F4**

Esta coleção é composta por volume único com 552 páginas distribuídas em 46 capítulos e uma última parte que não é numerada como capítulo nem apêndice sob o título de “Física Moderna” na qual, diferentemente da sequência usada na exploração dos conteúdos dos capítulos anteriores, não há a presença de exercícios de aplicação.

Na introdução da unidade que trata sobre eletromagnetismo é a primeira vez em que o autor menciona o termo átomo e afirma que “a ideia do átomo como constituinte elementar da matéria tornou-se definitivamente aceita desde o início do século XX” (p. 401). Após esta afirmação não há relato algum do porquê, nem do como esta ideia passou a ser aceita, nem tampouco os modelos atômicos são explorados. As explicações que se seguem usam uma figura para mostrar um modelo esquemático da atual concepção do átomo, sem, no entanto, esclarecer o conceito de modelo. Desta forma, o autor contribui para que os professores de

Física considerem que os estudos realizados na disciplina de Química acerca do átomo são suficientes.

Em seguida, é citada a descoberta dos quarks com a afirmação de que são partículas que constituem os prótons e os nêutrons, e, portanto, ainda menores que estes. A partir daí, é feita a introdução à eletrostática com as definições de condutores, isolantes e processos de eletrização. Apresentadas desta forma, sem uma contextualização e explicação, informações acerca dos quarks adquirem caráter apenas informativo.

A última parte do livro, intitulada de “Física Moderna”, inicia com um esclarecimento de que a Física atual vai muito além da estudada até o momento, e que o período entre o fim do século XIX e início do século XX foi marcado por novas e revolucionárias descobertas científicas que proporcionaram alterações conceituais profundas na Física, modificando a descrição da natureza, do micro ao macrocosmo.

Na sequência é descrito de forma histórica e fenomenológica o efeito fotoelétrico, a relatividade restrita, a simultaneidade, a radiação do corpo negro, o modelo atual do átomo e a física de partículas. Neste último tópico a descrição é realizada de forma mais resumida e informativa que os anteriores, onde relata-se a existência de partículas subatômicas além daquelas normalmente estudadas na Química (prótons, nêutrons e elétrons).

No manual professor o autor afirma que o conteúdo de física moderna inserido após o último capítulo é um complemento importante, assim como sua inserção no programa curricular trabalhado pelo professor uma vez que “a inexistência de qualquer à física moderna no Ensino Médio é tão absurda como insustentável”. Apesar de mostrar a relevância de trabalhar tais conteúdos, o autor não justifica o motivo pelo qual não foram inseridos ao longo da obra e sim, apenas no final como um complemento, inclusive diferenciando-o dos demais conteúdos pela ausência de exercícios de aplicação.

Cavalcante (1999) observa a inadequação de tópicos de FMC apenas no final dos livros didáticos ou ao final do terceiro ano. Fato que colabora para que o professor não os aborde, seja pela falta de tempo, pela falta de segurança conceitual, ou por considerar que os estudantes do Ensino Médio são incapazes de compreendê-los.

Observa-se ao longo desta coleção a ausência de explicações sobre os modelos atômicos ou explicações que evidenciem a constituição da matéria por átomos. No entanto, é louvável a inclusão de tópicos de FMC.

### **3.1-5 Coleção F5**

Esta coleção é composta de volume único. No primeiro capítulo, antes de iniciar o estudo das forças de origem mecânica e gravitacional, os autores fornecem uma visão panorâmica dos diversos tipos de forças, incluindo as forças atômicas. Surge pela primeira vez o termo átomo como constituinte da matéria.

Ao iniciar o estudo da Física Térmica é apresentada a Teoria cinético-molecular na qual a matéria é formada por minúsculas partículas, denominadas de moléculas. Sem definir o conceito de molécula, o de temperatura é definido em termos da agitação molecular. Todo o conteúdo a seguir deste ramo da Física é explicado em termos de moléculas.

No estudo da Ótica é explicado o caráter dual da luz e, para tanto os fenômenos de difração e interferência, o efeito fotoelétrico e o modelo atômico de Bohr são apresentados. Na abordagem sobre o efeito fotoelétrico são primeiramente relacionadas aplicações tecnológicas e, depois ele é explicado. O modelo atômico de Bohr é apresentado através de quatro postulados sem nenhuma contextualização que justifique o seu estudo, sendo introduzido apenas para explicar a transição de nível orbital de um elétron ao absorver ou emitir um fóton. Assim o estudante teria que extrapolar para a situação do elétron receber uma quantidade de energia específica em forma de fótons capaz de permitir que o mesmo escape do material constituindo a corrente elétrica.

Ao tratar dos fenômenos eletromagnéticos num capítulo intitulado “A matéria vista por dentro” (p. 307) o modelo de átomo é definido como “um conjunto de hipóteses sobre sua estrutura e comportamento, que pretende explicar e prever as propriedades da matéria” (p. 307). De forma bastante resumida relata-se a história dos modelos atômicos desde a introdução do termo átomo pelos gregos, passando pelo experimento de Thomson que permitiu a descoberta do elétron e a elaboração do seu modelo atômico, a experiência de Rutherford com a descoberta do próton e a previsão do nêutron.

Os estudos descritos no parágrafo anterior antecedem os conteúdos de eletrostática a fim de facilitar a compreensão das interações elétricas coulombianas abordadas em seguida.

Dividindo esta coleção em três partes, em termos de conteúdos do primeiro, segundo e terceiro ano do Ensino Médio, observa-se que nas duas primeiras os autores consideram que o estudante já estudou e atribuiu significado à constituição atômica da matéria estudada na disciplina da Química, bem como outros conceitos como, por exemplo, o de molécula, íons, fórmulas químicas, elementos químicos, que são encontrados ao longo de todo o volume nas explicações dos fenômenos físicos, sem que seja feita uma explicação ou ao menos um resgate na memória. Assim, parece que na sua elaboração o conhecimento prévio não foi considerado relevante no processo de ensino e aprendizagem.

### **3.1-6 Coleção Q1**

Esta coleção é composta por três volumes. A Teoria Atômica de Dalton é tratada no capítulo 4, volume 1, sob o título “Do macroscópico ao microscópico: átomos e moléculas”, onde os autores diferem conceitualmente lei de teoria, expondo que a teoria de Dalton explica as Leis de Lavoisier (Lei da Conservação da massa) e de Proust (Lei das Proporções Definidas). Destacam que a Química trabalha em três níveis distintos, o macroscópico, microscópico e o representacional, conduzindo o estudante a compreender que para estudar com maior aprofundamento algumas características da matéria torna-se necessário desenvolver um pensamento imaginativo e abstrato para inferir sobre o comportamento de entidades do nível microscópico, como moléculas e átomos.

O conceito de átomo como constituinte da matéria já havia sido citado pelos autores em capítulos anteriores como um conceito de átomo filosófico, não-experimental, oriundo da Grécia Antiga. É importante salientar que o modelo atômico só adquiriu caráter experimental com a Teoria de Dalton uma vez que explica os resultados experimentais dele próprio, de Lavoisier, Proust e outros cientistas.

Numa pequena caixa de texto intitulada “Em destaque” os autores trazem um texto sob o título “Átomos e moléculas: entidades de um mundo quase invisível” (p. 59), do qual duas informações importantes que objetivam dar uma noção da realidade do átomo destacam-se: a



primeira ao explicar o significado de “ver” um átomo atualmente através de um microscópio de tunelamento, incluindo uma imagem da superfície da substância grafite; a segunda, ao fazer comparações da quantidade necessária de determinados átomos alinhados para compor uma linha de comprimento visível a olho nu, esclarecendo ao estudante o quão pequeno é um átomo.

Estas informações quando enfatizadas pelo professor pode ser um instrumento auxiliar ao processo de internalização do conceito de átomo como constituinte da matéria. A este respeito os autores tiveram o cuidado de indicar a leitura deste texto, quando no tópico da página anterior, descrevem as diferenças entre os níveis macroscópico e microscópico ressaltando que “átomos e moléculas não são visíveis nem com os melhores microscópicos” (p. 58).

Indo um pouco além da natureza informativa do texto anteriormente citado, é possível fazer um exercício mental aproximando-o de aspectos que fazem parte da realidade do estudante, como por exemplo, contextualizando-o com aplicações da substância grafite. Isto poderia ser feito com perguntas como: “Onde encontramos a substância grafite?”, “Será que esta imagem foi produzida a partir de um pedaço de grafite usada nos lápis escolares?”, “Qual a composição da grafite usada nos lápis escolares?”, “Será a grafite uma substância simples ou composta?”, esta última estaria relacionada ao conteúdo de substâncias simples e compostas também abordadas neste capítulo. São questões que poderiam originar trabalhos de pesquisas em grupo com uma posterior sociabilização do conhecimento em sala de aula.

A presença de textos que contextualizem o conteúdo abordado é de fundamental importância nos LDs. No entanto, só alcançarão seus objetivos se forem exaustivamente trabalhados, pois quando não utilizados correm o risco de tornarem-se um adorno, um enfeite, como em alguns casos da História da Ciência em que assumem um papel acessório (PEREIRA e SILVA, 2008). Contudo, usá-los de forma adequada dependerá da visão e dos objetivos educacionais de cada professor, sendo possível que sejam melhores utilizados quando conectados às atividades propostas subsequentes.

No capítulo 5, “Introdução à estrutura atômica”, os autores iniciam com a explicação da noção de modelos, criados e utilizados para explicar, através de evidências, aquilo a que não se tem acesso direto, além de enfatizar a existência de uma prática científica comum de

substituição ou modificação de modelos e teorias quando estas se tornam incapazes de explicar novos fatos ou quando surgem outros modelos e teorias mais abrangentes.

Este volume, voltado à primeira série do Ensino Médio, faz uma abordagem lenta, gradual e parcialmente contextualizada desde o primeiro capítulo, conduzindo o estudante à internalização da concepção da constituição da matéria por átomos. Isto em parte se deve ao fato dos modelos atômicos serem tratados em sequência histórica neste volume. No entanto, é importante observar que as Orientações Curriculares da Educação Básica do Distrito Federal (BRASIL, 2009) sugerem que apenas o modelo de Dalton seja abordado na primeira série. O que, a nosso ver, pode conduzir a obstáculos epistemológicos, como a ratificação da indivisibilidade atômica, pois o estudante teria que “esperar” pela série seguinte para conhecer o restante da história dos modelos atômicos e, daí “desfazer” este conceito.

### 3.1-7 Coleção Q2

É uma coleção de volume único com 680 páginas. O primeiro capítulo possui um subtítulo bastante sugestivo para a nossa pesquisa: “A crença nos átomos”, sob o qual é feita uma resumida introdução da hipótese da constituição atômica da matéria de Leucipo e Demócrito na Grécia Antiga como destacado:

Por volta de 400 a.C. os gregos propuseram as primeiras ideias a respeito da constituição da matéria. Demócrito (460 a. C. -370 a. C.) admitiu que qualquer tipo de matéria seria formado por pequenas partículas. (...) os átomos (do grego: *átomo* = indivisível). Várias considerações foram feitas a respeito dos átomos, formulando-se assim uma teoria que pretendia explicar o que era observado apoiado apenas em especulações (BIANCHI, ALBRECHT e MAIA, 2005, p.12).

Antes de qualquer observação acerca deste trecho lembremos que o público alvo é composto por estudantes que estarão tendo o seu primeiro contato formal com uma “teoria” atômica da constituição da matéria. A afirmação de que “várias considerações foram feitas a respeito dos átomos”, deixa os estudantes com uma informação incompleta. Quais seriam estas considerações e quem as teria feito? Assim, vale ressaltar que a falta de clareza com relação ao porquê e ao contexto em que os gregos pensaram na hipótese atômica, faz com que se perca uma oportunidade de seduzi-los a compreender o quanto era importante para os gregos descobrirem como o mundo funciona e do que é feito.

É possível que na tentativa de não tornar este livro muito extenso, os autores tenham negligenciado informações essenciais ao estudo microscópico da matéria. Conceitos não triviais e que não fazem parte dos sentidos humanos de forma direta necessitam de um elevado grau de abstração e imaginação, assim deveriam ser abordados de forma mais detalhadas e com maior número de evidências experimentais.

Portanto, o texto “A crença nos átomos”, serve para introduzir a concepção de descontinuidade da matéria, porém com muitas lacunas históricas que poderiam esclarecer ao estudante as ideias desenvolvidas pelos gregos justificando o porquê dos seus pensamentos sobre tal assunto. Em seguida, são tratados os conteúdos sobre elementos químicos e substâncias.

No capítulo 2 os autores tratam do tema energia e suas diferentes formas, o qual serve de base para o terceiro capítulo voltado à teoria atômica de Dalton, a experiência de Rutherford, radioatividade e energia nuclear.

No capítulo 3, intitulado de “Radioquímica”, é feita novamente uma resumida evolução histórica na qual, por repetidas vezes, são realizadas citações cronológicas das conclusões de alguns cientistas enfatizando apenas nomes e datas, sem que os processos de construção que os levaram a tais conclusões sejam explicados. Os autores retomam a introdução que fizeram no capítulo 1, porém de forma ainda mais resumida e desconexa como é possível verificar:

As ideias sobre os átomos datam de aproximadamente 400 a.C. com Demócrito, Leucipo e Epicuro, que diante de tantas transformações reveladas pela natureza, chegaram à conclusão de que essa deveria ser formada por pequenas partículas invisíveis denominadas átomos e que as transformações verificadas seriam resultado dos seus movimentos. (BIANCHI, ALBRECHT e MAIA, 2005, p.78).

Eles descrevem a natureza como algo que precisa ser revelada ou descoberta pela observação e daí como num “passe de mágica” os filósofos chegariam às conclusões sobre a constituição atômica da matéria. A história da ciência assim colocada torna-se um elemento que contribui para a visão de que os cientistas são pessoas excêntricas, gênios que criam teorias a partir de *insights*, ou mágicos que tiram da cartola as explicações para as leis naturais.

Posteriormente, os autores apresentam a Lei das Proporções Definidas de Proust e a Lei da Conservação das Massas de Lavoisier como subsídios para justificar o que teria levado

Dalton à sua teoria, simplificando e reduzindo todo o seu processo de construção, conduzindo o estudante a pensar que o fazer ciência acontece de forma linear e cumulativa.

A teoria atômica de Dalton, como diversas outras teorias científicas, passam por processos de construção e reconstrução em diversos momentos, sendo amplamente discutidas pela comunidade científica (VIANA, 2007). O desenvolvimento da ciência não é um processo linear e cumulativo, é construído pelo pensamento de vários cientistas que ao se debruçarem em busca de respostas contribuem de diversas formas.

Portanto, o reducionismo encontrado em muitos LDs com relação às contribuições de trabalhos anteriores para a construção de uma determinada teoria deve ser observado e combatido seriamente, pois de uma forma sutil sugere ao estudante uma visão errônea da natureza da ciência.

A teoria daltoniana sofreu influência e contribuições de diversos trabalhos anteriores que não são citados na maioria dos LDs, como por exemplo, a forte influência de Newton e Boyle (VIANA, 2007). Observa-se a seguir, que os autores remetem o leitor a crer que ela sofreu influência apenas da Lei das Proporções Definidas de Proust:

Ao perceber que as combinações entre os elementos eram feitas na mesma proporção, Dalton sugeriu que toda matéria fosse constituída por unidades discretas, novamente batizadas de **átomos**. (BIANCHI, ALBRECHT e MAIA, 2005, p. 79).

Ao expor a teoria atômica de Dalton de forma tão reduzida os autores além de descaracterizar o seu real e complexo processo de construção, contribuem para ratificar o pensamento de que Dalton, bem como outros cientistas, têm percepções “mágicas” e instantâneas que os fazem desenvolver suas teorias. Além disso, o destaque em negrito na palavra “átomos” sugere que Dalton “ressuscitou” o átomo grego, deixando de lado todo o discurso atômico existente no século XVIII (VIANA, 2007). Tal abordagem de “ressuscitação” também foi encontrada por Viana (2007) em alguns LDs usados em cursos de Química Básica no Ensino Superior.

A descoberta do elétron e a medida da relação entre sua carga e massa feitas por Thomson é descrita em poucas linhas sem detalhes, o que impossibilita a compreensão de como o experimento foi realizado. Além de não explicitar que tais descobertas levariam a um novo modelo para o átomo que passaria a ser interpretado como divisível.

Em seguida apresenta-se o experimento de Rutherford do espalhamento de partículas alfa em colisão com finas placas metálicas, de forma também resumida. Por fim, é relatado que em 1932 o inglês James Chadwick detectou a presença do nêutron.

É interessante notar que os autores neste capítulo estão interessados em expor o desvendamento da estrutura do átomo a partir da teoria atômica daltoniana e, em seguida, numa sequência com datas e nomes, apresentam as “descobertas” da existência do elétron, do próton e do nêutron, mudando radicalmente o conceito de átomo indivisível para divisível, sem que sejam tratados os demais modelos atômicos, nem tampouco o significado de modelo científico, sendo deixados para discussão no capítulo 5.

Contudo, numa pequena caixa de texto “Últimas semanas de 1910” (p. 85), juntamente a uma figura, é apresentado um modelo atômico sob o nome de Sistema Saturniano o qual faria parte dos escritos de Rutherford sobre seus experimentos divulgados em 1910. Da mesma forma como num tópico denominado de “Conclusão”, eles se referem à evolução dos modelos, sem fornecer ao estudante a definição de modelo, afirmando que “É importante observar que a evolução dos modelos se deve à intenção de oferecer respostas às propriedades observadas no comportamento dos materiais e em suas manifestações energéticas.” (p. 90).

A separação entre o desvendamento da estrutura atômica e os modelos atômicos parece contribuir com a desfragmentação do conhecimento, no qual de um lado temos os modelos atômicos e do outro as evidências experimentais da existência do átomo.

Após os relatos das descobertas dos elétrons, dos prótons e dos nêutrons, eles abordam os conceitos de isótopos e elementos químicos, a fim de introduzir o conceito de radioatividade.

O capítulo 4 trata da constante de Avogadro, e o capítulo 5, sob o título de “Modelos Atômicos”, relata novamente a história resumida do átomo grego, passa pela Teoria Atômica de Dalton e o seu modelo e salta para o modelo de Bohr. É um salto quântico! Apesar de existir um subtópico “O processo evolutivo dos modelos atômicos” (p. 161) o texto não descreve tal evolução. A partir daí são apresentadas as camadas eletrônicas e a distribuição dos elétrons, finalizando com as ligações químicas.

Ao longo da obra são encontradas diversas citações de nomes e datas referentes à criação de teorias, execução de experimentos e “descobertas”, geralmente fora do contexto de produção dos conhecimentos referentes. Observa-se, então, o uso de uma pseudo-história da ciência, pois ela é apresentada de forma tão resumida e superficial que não explora a potencialidade que o uso da História da Ciência tem em auxiliar no processo de aprendizagem de conceitos científicos, lhes conferindo uma construção lógica, racional e contextualizada.

### **3.1-8 Coleção Q3**

É uma coleção composta de volume único com 592 páginas, na qual o primeiro capítulo faz uma introdução histórica relevante, pois de uma forma clara e resumida, mas não reduzida, relata fatos importantes acerca da transição da Alquimia à Química. Entre eles, destaca-se a apresentação do atomismo grego, com Leucipo e Demócrito, e a teoria dos quatro elementos de Aristóteles, onde é ressaltado o grande triunfo em termos de duração temporal desta última. Infelizmente, ficou ausente a informação de que a permanência das ideias aristotélicas por 2000 anos deveu-se principalmente à notável influência deste filósofo na Igreja e, desta na sociedade.

Ao longo da obra encontram-se citações históricas, em pequenos quadros laterais com a fonte bibliográfica, o que para o estudante pode ser um incentivo à busca pelo aprofundamento no conhecimento exposto.

Destaca-se também a presença de textos retirados de artigos científicos, jornais, livros e revistas, sempre sucedidos de questionamentos possibilitando uma melhor e mais efetiva exploração dos mesmos, além de serem questões que envolvem não apenas a sua leitura como também do conteúdo abordado no capítulo. É um diferencial entre outras obras por não terem sido colocados como simples “adornos” no capítulo.

Diferente da grande maioria dos LDs, esta coleção destaca a retomada do atomismo pelo cientista Robert Boyle (1627-1691) contribuindo posteriormente, no capítulo 6, para que não seja atribuída especificamente a Dalton a “ressuscitação” do átomo grego.

Ao longo de toda obra os autores reafirmam a constituição da matéria por átomos com frases do tipo “... vimos que a matéria é constituída por diferentes tipos de átomos...” (p. 121),

“sabemos que a matéria é formada por diversos tipos de átomos...” (p. 122), “um dos principais alicerces do conhecimento científico é o conceito de que a matéria é formada por átomos.” (p. 156). Portanto, página após página o estudante é conduzido a acreditar na hipótese atômica por insistência da afirmação.

A estratégia de iniciar um capítulo recordando o que já foi tratado anteriormente promove a percepção de unidade dos conteúdos. No entanto, vale ressaltar que apresentar as evidências sobre a realidade atômica auxilia na sua assimilação de forma mais natural e, não imposta por insistência da afirmação, como um método de ensino baseado no treino, na repetição.

Na sequência os autores apresentam o modelo de Rutherford e o de Bohr, para então explicar a distribuição eletrônica. Ambos são descritos como modelos que surgiram para explicar o que os anteriores não explicavam. Para o modelo de Rutherford foi relatada a necessidade de elucidar o espalhamento das partículas alfa quando bombardeadas numa fina chapa metálica, e o de Bohr para explicar o não colapso atômico. O fato de terem apenas citado e não explicado o experimento do espalhamento de partículas alfa é surpreendente, pois sua descrição é relevante no sentido de oferecer ao estudante a compreensão da inquietude de Rutherford na elaboração de um novo modelo atômico.

### **3.1-9 Coleção Q4**

Esta coleção é composta por volume único com 398 páginas e 16 capítulos, dos quais o capítulo 5, intitulado de “Modelos para o átomo e uma introdução à tabela periódica”, será alvo de nossa análise.

Nos capítulos que o antecedem é exposto um modelo de constituição da matéria por partículas sem que haja menção à palavra átomo. Constantemente os autores apresentam situações que induzem o estudante a propor modelos explicativos e, dessa forma a noção de modelo vai aos poucos sendo construída.

Ao iniciar o capítulo 5 é feita uma introdução histórica do conceito do átomo grego de Demócrito e da constituição contínua da matéria de Aristóteles ressaltando suas principais diferenças: a admissão da existência do vácuo para Demócrito e a negação para Aristóteles; a

atribuição dada por Aristóteles de propriedades dos materiais às partículas, o que para Demócrito possuíam propriedades distintas.

Para Aristóteles as partículas eram a menor porção de determinada matéria, sendo denominadas de grãos de matéria. Em seguida, são citados alguns nomes de importantes filósofos do século XVI, adeptos da corrente de pensamento mecanicista, que retomaram as ideias atomistas. No século XVII são destacados os trabalhos de Galileu, Newton e Boyle que usaram a hipótese atomista nas explicações de fenômenos por eles estudados.

Este pequeno, porém relevante levantamento histórico tem o objetivo de chegar à exposição da Teoria Atômica de Dalton, tarefa que os autores cumpriram de uma forma que para os objetivos desta pesquisa é bastante interessante, pois ressaltam a descrença na hipótese atômica por parte da comunidade científica durante quase todo o século XIX devido à falta de evidências experimentais.

Em seguida, através de figuras explicam que no século XX “métodos como a difração de raios X permitem determinar a posição e a distância entre partículas num arranjo cristalino” (p. 88) e que imagens atômicas podem ser obtidas através de microscópio de tunelamento. Estas informações são de fundamental importância para mostrar métodos de observação que a ciência utiliza e que corroboram a hipótese atômica.

Na finalização desta discussão uma importante observação é feita quando os autores concluem que “o átomo não é uma esfera, como pensavam, mas uma entidade que tem um padrão de comportamento difuso e gera muitas controvérsias sobre sua própria natureza” (p. 88). Em seguida chamam atenção para o fato de que um modelo tem um caráter limitado e bem definido e que como tal ele é uma representação da realidade, não podendo com ela ser confundido.

A partir daí propõem atividades para explicitar o caráter elétrico da matéria e iniciam a discussão da necessidade de um modelo que explique os fenômenos elétricos chegando ao modelo atômico de Thomson. A fim de migrar para a explicação do modelo de Rutherford, os autores apresentam as descobertas dos raios X e da radioatividade, explicitando que o estudo desta última possibilitou desvendar algumas características da estrutura interna do átomo como, a conclusão de que o volume ocupado pelo núcleo é muito menor que o volume total do átomo.



Antes de apresentar o modelo de Bohr são feitas observações acerca das limitações do modelo de Rutherford, como a previsão de um átomo instável que levaria os elétrons a colapsarem no núcleo. Como tal fenômeno não acontece, surge a necessidade de outro modelo compatível com o não colapso atômico, que viria a ser o modelo de Bohr.

Uma pausa na história dos modelos atômicos é introduzida para apresentar definições e características das ondas eletromagnéticas, ressaltando as relações entre frequência (cor) e energia e a relação destas com os espectros de emissão dos átomos, bem como a quantização da energia. Somente após tais discussões é apresentado o modelo atômico de Bohr e, a partir daí inicia-se as discussões da distribuição eletrônica e da organização da tabela periódica.

Ao final deste capítulo, o modelo atômico atual, conhecido como a interpretação de Copenhague é apresentado em linhas gerais, dentro de um contexto histórico, a partir da associação da característica ondulatória atribuída ao elétron por De Broglie seguida da equação de Schrödinger a fim de explicar que os modelos dos orbitais s, p, d e f são resultados de soluções de equações matemáticas. Esta abordagem é feita de forma qualitativa ressaltando que a matemática que descreve a mecânica quântica está muito além dos objetivos do nível do livro em questão.

Os autores expõem o fato de que existe um modelo atômico além do modelo de Bohr e, tratam dos orbitais e de suas formas geométricas informando sua origem conceitual. Destacam também que, atualmente, a natureza atômica somente nos permite falar sobre uma região mais provável de encontrar o elétron, denominada de orbital, sendo cientificamente incorreto falar em sua trajetória.

É relevante notar que os autores sempre ressaltam as características de um modelo, que sendo uma representação, não são capazes de abarcar todos os aspectos associados a uma realidade complexa possuindo, portanto, abrangências e limitações (FERREIRA et. al., 2007).

Em específico para os modelos atômicos, os autores expõem claramente suas limitações e abrangências, explicitando o que cada modelo é capaz de explicar. Dessa forma fica claro ao estudante que um modelo não é classificado como certo ou errado, mas que alguns terão maior capacidade explicativa ou abrangência do que outros e, que um modelo anterior pode continuar a ser utilizado para explicar fenômenos dentro de sua abrangência.

Assim, a história dos modelos atômicos é apresentada numa sequência cronológica em que mais informações acerca da estrutura da matéria vão sendo descritas e explicadas.

Uma característica peculiar desta coleção é que antes da introdução de conceitos, é proposta uma série de atividades de investigação, que envolvem pesquisas bibliográficas, entrevistas e execução de atividades experimentais, as quais instigam o estudante a construir modelos explicativos para as observações e o desloca para o centro do processo de aprendizagem. Em seguida são expostos os conceitos e as teorias, finalizando com exercícios de aplicação.

Esta forma singular de organização parece resgatar um modo utilizado por livros didáticos de Química antes de 1930 e, retomada em menor frequência no período entre 1943 a 1970. Neles os exemplos de fenômenos eram apresentados, discutidos e explicados, e somente depois, generalizados em conceitos (MORTIMER, 1988).

### **3.1-10 Coleção Q5**

Esta coleção é composta por volume único com 744 páginas e 26 capítulos, dos quais o capítulo 6 denominado de “Modelos Atômicos” será analisado a seguir. Esta análise foi realizada após uma leitura dos capítulos anteriores buscando por referências a conteúdos correlacionados ao átomo ou a constituição da matéria e suas evidências experimentais.

A primeira referência à palavra átomo e evidências atômicas encontra-se no capítulo 3, “Materiais e substâncias: separação, constituição e simbologia”, no qual ao introduzir os conceitos de substância simples e composta, é apresentado de forma resumida o modelo atômico de Dalton juntamente com um resumo histórico acerca das hipóteses sobre a constituição da matéria nas concepções dos quatro elementos de Aristóteles (água, ar, fogo e terra) e do atomismo de Leucipo e Demócrito. Na apresentação do modelo atômico de Dalton os autores salientam que “o que hoje parece óbvio na época provocou intensa discussão e ferrenhos adversários” (p. 67). É necessária cautela na utilização do termo “óbvio”, pois é exatamente o tratamento de alguns conceitos que são julgados como “óbvios” para aquele que ensina que não são óbvios para os estudantes.

No capítulo 6, “Modelos Atômicos”, são apresentados os modelos atômicos de Dalton a Bohr com uma introdução histórica das especulações filosóficas gregas acerca da constituição da matéria de Tales de Mileto (~624 - ~546 a.C.) a Aristóteles (384 – 322 a.C), ressaltando que desde a antiguidade a curiosidade humana é o fio condutor para a busca de explicações acerca do universo.

Na sequência é proposta uma atividade, denominada “Imaginando o invisível” (p. 136) que objetiva esclarecer como é possível criar modelos de objetos que não podemos ver. Uma explicação sobre modelos é juntamente realizada fazendo conexão entre a atividade proposta com a atividade de modelagem realizada pelos cientistas, ressaltando o caráter representativo da realidade que possui os modelos e teorias.

Para cada modelo apresentado são ressaltados os problemas enfrentados pela ciência que foram motivadores para o desenvolvimento de novos modelos atômicos como a necessidade de explicar os fenômenos elétricos solucionados pelo modelo de Thomson, o espalhamento de partículas alfa em colisão com finas placas metálicas solucionadas pelo modelo de Rutherford, e o não colapso atômico pelo modelo de Bohr. Dentre os modelos apresentados destaca-se a experiência do espalhamento de partículas alfa de Rutherford por estar mais detalhada.

Ao apresentar o modelo atômico de Bohr esta coleção traz o exemplo da emissão das diversas cores dos fogos de artifício que só puderam ser explicados a partir deste modelo e propõe uma atividade experimental demonstrativa a ser desenvolvida pelo professor em “Átomos que emitem luz” (p. 153). Além de citar exemplo de aplicações tecnológicas desenvolvidas com base no entendimento da estrutura da matéria pelo modelo do átomo de Bohr, como o *laser* em aplicações metalúrgicas, médicas e comerciais (leitores ópticos), e o “espectrômetro usado na medicina para identificar e medir os níveis de drogas no sangue de pessoas tratadas com medicamentos anticancerígenos.” (p. 155).

Na última unidade, intitulada “Átomo, radioatividade e energia nuclear”, o capítulo 25, “Estrutura eletrônica do átomo”, satisfaz um item de nossa busca ao relacionar a radioatividade como um fenômeno natural e parte integrante do cotidiano de todas as pessoas

ressaltando inclusive que a atividade radioativa encontra-se presente no corpo humano: “(...) em nossos corpos também estão presentes pequenas quantidades desses átomos. A cada minuto, cerca de 250000 átomos se desintegram em nosso corpo, emitindo radiações. Ou seja, nós também somos radioativos.” (p. 685).

Baseada na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), esta coleção relaciona constantemente os conceitos químicos com aplicações cotidianas, correspondendo de forma satisfatória ao título: “Química e Sociedade”. Destaca-se uma característica importante nesta obra que é a de fazer conexões entre os capítulos lembrando tópicos já estudados em capítulos anteriores, o que facilita a visão geral da obra.

Apesar de ser uma obra essencialmente baseada numa abordagem CTS, ela faz uso também da História da Ciência como recurso metodológico de ensino e aprendizagem. Apesar de os fatos históricos serem relatados de forma resumida, eles conseguem justificar os motivos ou os problemas envolvidos nas buscas científicas.

Contudo, observa-se a ausência de elementos históricos mais descritivos que poderiam contribuir para a internalização da constituição atômica da matéria.

### 3.2 Resumo da Análise dos Livros Didáticos de Física e Química

Nos quadros 4 e 5 é apresentado um resumo da análise realizada nas coleções de Física e Química descritas anteriormente nos quadros 1 e 2, seguido de algumas observações.

Quadro 4 - Resumo da análise dos livros didáticos de Física

CRITÉRIOS DE ANÁLISE		COLEÇÕES				
		F1	F2	F3	F4	F5
<b>Apresenta os modelos atômicos</b>	Sim, no(s) capítulo(s) destinado(s) à FMC		X			
	Sim, em meio aos conteúdos		X			X
	Não	X		X	X	
<b>Apresenta Física Moderna e Contemporânea (FMC)</b>	Sim, em capítulo(s) específico(s)	X	X	X	X	
	Sim, em meio aos conteúdos			X		X
	Não					
<b>Aborda Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)</b>	Sim, em textos complementares		X			
	Sim, em meio aos conteúdos			X		
	Não	X			X	X
<b>Esclarece o significado de “ver” um átomo</b>	Sim, em textos complementares					
	Sim, em meio aos conteúdos					
	Não	X	X	X	X	X
<b>Apresenta artigos, experimentos ou descobertas com potencial de facilitar uma re-significação da hipótese atômica pelos estudantes</b>	Sim, em textos complementares	X		X		
	Sim, em meio aos conteúdos					X
	Não		X		X	

Basso e Peduzzi (2003, 2005) convictos da importância da inserção da FMC no Ensino Médio elegeram o modelo atômico de Bohr como um assunto específico e fizeram uma análise detalhada de sua abordagem em alguns LDs de Física e em um material didático de um Projeto de Ensino. Notaram a ausência de tópicos de FMC em treze dos LDs e a presença, em cinco LDs e no material didático de um Projeto de Ensino. Nos LDs que apresentam o modelo atômico de Bohr, apenas dois foram considerados adequados quanto aos aspectos de contextualização histórica, orientação epistemológica e algumas características como a presença de deduções matemáticas, exercícios, ilustrações, quadros-resumo. Estes estudos foram parte da dissertação de mestrado de Basso (2004) que propõe um texto de apoio ao professor do Ensino Médio para trabalhar com o modelo do átomo de Bohr.

Todas as coleções analisadas de Física incluem a FMC, estando na maioria deles, em capítulo específico. A coleção F3 destaca-se dentre as demais pelo fato de além de abordar a FMC em capítulo específico, também a insere em meio a outros conteúdos, como é possível observar no quadro 4.

Esperava-se encontrar as explicações acerca dos modelos atômicos juntamente à FMC. No entanto, as coleções F1, F3 e F4 que apresentam FMC em capítulo específico, não explicam os modelos atômicos, o que nos leva a concluir que tais autores acreditam que este conteúdo é de responsabilidade da disciplina de Química. E, uma vez que a abordagem da FMC é feita no final do livro do terceiro ano, os estudantes já devem conhecê-los suficientemente.

A coleção F2 que apresenta a FMC em capítulo específico, explica os modelos atômicos tanto neste capítulo como também em meio a outros conteúdos, detalhando-os melhor no momento em que aborda a FMC.

Dentre os LDs de Física que apresentam os modelos atômicos, todos o fazem de forma superficial, sem que haja uma explicação do significado de modelo, o que pode criar obstáculos ao aprendizado uma vez que os estudantes tendem a confundir modelo com realidade, o análogo com o alvo.

Na análise dos LDs de Química, as coleções Q1 e Q5 apresentam aspectos que admitem uma dupla classificação no quinto critério e no terceiro critério, respectivamente, conforme descrito no quadro 5.

Quadro 5 - Resumo da análise dos livros didáticos de Química

CRITÉRIOS DE ANÁLISE		COLEÇÕES				
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
<b>Apresenta os modelos atômicos de forma contextualizada</b>	Sim	X			X	X
	Sim, parcialmente					
	Não		X	X		
<b>Diferencia modelo e realidade (análogo e alvo)</b>	Sim	X		X	X	X
	Sim, parcialmente					
	Não		X			
<b>Aborda Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)</b>	Sim, em textos complementares	X	X			X
	Sim, em meio aos conteúdos			X	X	X
	Não					
<b>Esclarece o significado de “ver” um átomo</b>	Sim, em textos complementares com apresentação de imagens	X			X	
	Sim, em meio aos conteúdos					
	Não		X	X		X
<b>Apresenta artigos, experimentos ou descobertas com potencial de facilitar a re-significação da hipótese atômica pelos estudantes</b>	Sim, em textos complementares	X				
	Sim, em meio aos conteúdos	X			X	X
	Não		X	X		

Nos LDs revisados os modelos atômicos são apresentados de forma contextualizada apenas em alguns, e os experimentos ou acontecimentos com possibilidade de contribuir para uma aprendizagem significativa acerca da constituição atômica da matéria encontram-se parcialmente presentes.

As coleções Q4 e Q5 se destacam por apresentar juntamente com cada modelo atômico o motivo pelo qual foram desenvolvidos, bem como pela clareza de suas limitações e

abrangências. Desta forma, esclarecem os motivos que conduziram à necessidade do desenvolvimento de novos modelos atômicos para explicar novas observações, ou para desfazer contradições, como o caso do desenvolvimento do modelo atômico de Bohr para explicar a instabilidade atômica inerente ao modelo de Rutherford.

Quanto aos modelos, que são um tipo de analogia, Souza, Justi e Ferreira (2006) ressaltam que, em geral, em muitas das analogias dos modelos atômicos apresentadas em LDs brasileiros, os autores não fornecem nenhuma explicação do domínio análogo e não discutem suas limitações, parecendo indicar que eles desconsideram a possibilidade de os estudantes terem dificuldades em estabelecer relações analógicas e que as analogias são perfeitamente entendidas por eles. Outra possibilidade de explicação seria a de que os autores deixam para o professor a discussão de tais aspectos das analogias.

De forma geral, foi constatada a ausência de conteúdos potencialmente facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica acerca da constituição atômica da matéria que pudessem contribuir para a compreensão dos conceitos físicos que necessitam de uma explicação microscópica.

Apenas as coleções F5, Q4 e Q5 atenderam parcialmente aos critérios estabelecidos para esta análise, o que tornou notável a necessidade de elaborar um material didático que abordasse na disciplina de Física conteúdos relacionados à constituição atômica da matéria e às evidências da existência do átomo.

Então, foi elaborado o material que compõe a proposição didática deste projeto de pesquisa, o qual encontra-se detalhado no capítulo 6. Ele foi aplicado através do uso de seminários descritos no capítulo seguinte com os temas:

1. Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O Experimento de Rutherford.
2. Movimento Browniano: da observação à explicação.
3. Efeito Fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?
4. O Efeito Compton: o que é e para que serve?
5. A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?



Esta abordagem não caracteriza perda de tempo como alguns podem questionar, uma vez que existe uma extensa lista de conteúdos a serem ensinados no Ensino Médio. É então necessário fazer uma análise sob outra óptica: estes estudos podem proporcionar um aumento na probabilidade de alcançar uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos abordados posteriormente.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 O Contexto Escolar e o Delineamento da Pesquisa

A pesquisa foi realizada no terceiro bimestre de 2011, em um Centro de Ensino Médio do Distrito Federal situada numa cidade satélite, distante 28 km de Brasília, o qual atende aproximadamente 3000 estudantes nos três turnos com turmas regulares de primeira, segunda e terceira séries, além de turmas do Programa Vereda<sup>1</sup>.

Seu delineamento foi do tipo experimental onde foram escolhidas duas turmas da segunda série do turno matutino, com 28 estudantes frequentes, em média. Essa escolha foi realizada dentro de um universo de 10 turmas já formadas na escola desde o início do ano letivo de 2011. Assim, foram compostos grupos aleatórios com o objetivo de se obter maior uniformidade em termos de equivalência de conhecimentos e atitudes dos estudantes (LAVILLE e DIONNE, 1999).

Ressalta-se que as referidas turmas foram cedidas à professora/pesquisadora para a aplicação do projeto e, que as aulas com o professor regente foram sendo realizadas também neste período.

Uma das turmas compôs o grupo experimental (GE) e a outra o grupo controle (GC), os quais foram submetidos às mesmas avaliações através dos pré e pós-testes (apêndice A) realizados, respectivamente, antes e depois da intervenção realizada pela professora/pesquisadora.

Após a aplicação do pré-teste e de uma aula de introdução sobre os modelos atômicos, o GE foi submetido à intervenção constituída por uma série de cinco seminários realizados por grupos com seis estudantes cada. Estes seminários versaram sobre temas que objetivaram evidenciar a constituição atômica da matéria a fim de tornar possível aos estudantes a aceitação da hipótese atômica não apenas para fins de explicações didáticas, mas como uma hipótese que explica coerentemente a constituição da matéria, seja ela animada ou inanimada.

---

<sup>1</sup> Lançado em março de 2008 pela Secretaria de Educação do Distrito Federal, o Programa de Intervenção Metodológica de Correção de Fluxo Idade/Série, também denominado Programa Vereda, é voltado para os alunos que estão atrasados em relação à série esperada para a idade (distorção idade-série). Disponível em <http://www.se.df.gov.br/>, acesso em 23/11/2009.

O GC seguiu com aulas realizadas pela professora/pesquisadora sobre os mesmos temas abordados nos seminários do GE. Ambos os grupos, GE e GC, elaboraram e entregaram relatórios acerca dos seminários e das aulas.

A análise dos resultados foi feita de forma qualitativa utilizando os dados coletados do pré-teste, do pós-teste, dos relatórios entregues pelos estudantes e, das gravações de áudio que asseguraram a aquisição de dados que porventura não foram registrados pelos demais instrumentos.

## **4.2 Etapas da Pesquisa**

### **4.2-1 Elaboração do Pré-teste e Pós-teste**

O uso de um pré-teste e pós-teste idêntico (apêndice A) constitui uma ferramenta utilizada em pesquisas experimentais a fim de tornar possível verificar a equivalência inicial dos grupos através do pré-teste, e ao fim da intervenção, as mudanças ocorridas com o pós-teste (LAVILLE e DIONNE, 1999).

Na elaboração das questões do pré e do pós-teste teve-se o cuidado para que estas não solicitassem respostas memorizadas (mecânicas), pois se assim fosse, poderia chegar à conclusão de uma falsa aprendizagem significativa ou, em outras palavras, uma simulação da aprendizagem significativa (AUSUBEL apud MOREIRA, 2006). Para evitar este problema, Ausubel propõe que:

(...) ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeira a máxima transformação do conhecimento adquirido. (MOREIRA, 2006, p. 28).

Assim, a elaboração dos referidos testes torna-se uma tarefa complexa quando o objetivo é de alcançar respostas que reflitam o real pensamento ou as concepções que o estudante possui independente da situação ou do ambiente em que ele se encontra.

Tal complexidade está no fato de que é natural ao ser humano responder às perguntas que lhe são feitas de acordo com a situação, e isto inclui responder ao outro de acordo com

suas expectativas em detrimento ao que de fato se pensa sobre tais questões como afirma Astolfi e Develay (1990):

(...) As representações são inicialmente estratégias cognitivas em resposta a um problema. As respostas obtidas devem então sempre estar relacionadas com seu contexto de produção.

(...) Uma resposta dada a uma pergunta é sempre simultaneamente uma resposta ao experimentador. Ela procura inevitavelmente situar-se em relação às supostas expectativas deste. (p. 40)

Este comportamento natural reforça a concepção de que as respostas dos estudantes em testes e provas podem não refletir seus reais pensamentos uma vez que respondem de acordo com o que lhes foi ensinado, mesmo que não acreditem em tais ensinamentos. É uma questão de sobrevivência escolar: eles precisam de notas para que sejam promovidos à série seguinte!

Ressalta-se que as questões do pré-teste e do pós-teste foram aplicadas pela primeira vez no presente projeto de pesquisa. Portanto, não foram submetidas a um processo anterior de validação.

#### **4.2-2 Elaboração dos Roteiros-guia para Seminários e Relatórios**

Roteiros-guia para seminários (apêndices de B a G) foram desenvolvidos com o objetivo de auxiliar os estudantes na busca de informações relevantes na preparação e apresentação dos mesmos proporcionando um adequado direcionamento no desenvolvimento dos trabalhos. Salienta-se que a ausência de uma orientação, a falta de experiência e a imaturidade intelectual podem gerar perda na qualidade dos seminários.

Estes roteiros iniciam-se com um pequeno texto de introdução a fim de delimitar o grau de aprofundamento nos temas a serem pesquisados e promover a realização de uma abordagem fenomenológica e não matemática, compatível com o nível de desenvolvimento intelectual dos estudantes nesta fase do ensino. Assim, foram desenvolvidos cinco roteiros com os seguintes temas:

1. Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O Experimento de Rutherford.
2. Movimento Browniano: da observação à explicação.

3. Efeito Fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?
4. O Efeito Compton: o que é e para que serve?
5. A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?

Estes temas foram definidos após a verificação da falta de conteúdos nos LDs relacionados à constituição atômica da matéria e às evidências da existência do átomo.

Nestes roteiros estão também descritos os procedimentos de organização do seminário, os objetivos esperados, os itens de avaliação e a indicação de referências bibliográficas a serem consultadas, com a possibilidade de serem ampliadas pelo grupo. A indicação de referências é importante (PINTO e ZANETIC, 1999) para que os estudantes tenham uma melhor noção do produto esperado e sintam-se mais seguros durante o processo. Junto ao roteiro foi entregue um CD contendo vídeos e simulações a fim de servirem de fontes de consulta.

Com o objetivo de que os estudantes escrevessem um relatório acerca das aulas ou seminários assistidos, foi também desenvolvido um roteiro-guia para relatórios com a indicação dos pontos relevantes a serem relatados sobre cada tema abordado (apêndice G). Tais relatórios constituíram parte do material analisado qualitativamente.

#### **4.2-3 Seminários e Aulas**

A seguir serão descritos os onze encontros que aconteceram com os grupos, experimental e controle, desde a aplicação do pré-teste, dentro da grade horária do turno matutino, com duração de 50 minutos (1hora-aula) cada encontro.

As aulas dos grupos GE e GC diferiram apenas pela forma de apresentação dos temas, sendo em forma de seminários pelos estudantes no GE, e em forma de aula expositiva pela professora/pesquisadora no GC.

### **1º Encontro: Aplicação do Pré-teste**

O primeiro encontro foi destinado basicamente à aplicação do pré-teste nos grupos experimental e controle, em horários distintos. Porém, antes da sua aplicação houve uma rápida explicação acerca do projeto, ficando estabelecido que, no próximo encontro, os estudantes teriam acesso a maiores detalhes do projeto, como notas e forma de avaliação.

Então, após a clássica pergunta dos estudantes “Vale ponto?”, eles responderam às seis questões do pré-teste em um tempo médio de quinze minutos.

### **2º Encontro: Apresentação do Projeto**

No GE houve a apresentação do projeto e a explicação de que a turma havia sido escolhida ao acaso para fazer parte de uma pesquisa de mestrado onde eles iriam desenvolver seminários dentro da disciplina de Física. Após o detalhamento da forma de avaliação e as notas das atividades, a turma se reuniu em grupos com no máximo seis estudantes e, receberam os roteiros-guia para os seminários.

Após a formação dos cinco grupos, distribuição dos temas dos seminários e definição das datas de apresentação, eles ficaram reunidos em sala dando início à leitura do roteiro-guia. Enquanto isso, a professora/pesquisadora discutiu o trabalho com cada grupo fornecendo maiores detalhes e tirando dúvidas.

No GC foi explicado que eles assistiriam a cinco aulas ministradas pela professora/pesquisadora e que ao término de cada aula eles iriam receber um roteiro-guia para relatórios a fim de descreverem a aula assistida.

Em seguida, foi solicitada a formação de grupos com no máximo seis estudantes, com o objetivo de que os relatórios das aulas fossem também realizados em grupo da mesma forma como aconteceria no GE. Por fim, foi detalhada a forma de avaliação dos relatórios e a distribuição da nota.

### 3º, 4º e 5º Encontros: Aula de Introdução

Estes três encontros foram destinados a aulas de introdução ministradas pela professora/pesquisadora com a finalidade de fornecer aos estudantes subsídios conceituais aos temas posteriormente abordados nos seminários e nas aulas.

As aulas de introdução foram focadas numa breve história dos modelos atômicos, buscando explicitar a natureza da ciência como uma atividade continuamente construída por seres humanos que passam por situações conflituosas, fazem questionamentos, erram, acertam, avançam e retrocedem. Portanto, um dos seus objetivos foi mostrar a dinâmica inerente à produção da ciência com suas idas e vindas, construções e desconstruções, caminhando de maneira não linear, não cumulativa e não dogmática.

Elas foram ministradas separadamente para os dois grupos, GE e GC, utilizando slides, nos quais foram incluídas partes do primeiro e segundo documentário da série *Atom* produzida pela BBC (*British Broadcasting Corporation*) no ano de 2008: *Clash of Titans* (Duelo de Titãs)<sup>1</sup> e *The key to the Cosmos* (A chave para o Cosmos)<sup>2</sup>. Além de trechos do documentário “O discreto charme das partículas elementares”<sup>3</sup> baseado no livro de mesmo nome (ABDALLA, 2006) e, um pequeno vídeo produzido no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) de 2009<sup>4</sup>. A inserção destes vídeos teve o objetivo de contribuir para uma melhor apreensão e compreensão dos temas abordados, além de tornar as aulas mais dinâmicas.

A partir do 6º encontro o GE seguiu com a apresentação dos seminários pelos estudantes e, o GC com apresentação dos mesmos temas dos seminários em forma de aula expositiva pela professora/pesquisadora que utilizou o quadro branco e um material impresso. (apostila – apêndice I).

---

<sup>1</sup>Disponível em [http://tvescola.mec.gov.br/index.php?item\\_id=1067&option=com\\_zoo&view=item](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?item_id=1067&option=com_zoo&view=item), acessado em 14/11/2011

<sup>2</sup>Disponível em [http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=1068](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=1068), acessado em 14/11/2011.

<sup>3</sup>Disponível em <http://www.tvcultura.com.br/particulas/index.php>, acessado em 14/11/2011.

<sup>4</sup> Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=0bL-w4dI2hk> .Vídeo 1: Eletrização por atrito. Acesso em 16/10/2011.

### **6º Encontro: Seminário 1 e Aula 1**

O seminário apresentado pelos estudantes no GE e a aula ministrada pela professora/pesquisadora no GC teve como tema “Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: o Experimento de Rutherford.”

O seminário foi apresentado sem o uso de slides e falando sobre a biografia de Rutherford. Em seguida explicaram o seu experimento utilizando um dos vídeos que foi disponibilizado junto ao roteiro-guia. É um vídeo produzido pela editora Moderna que explica este experimento (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=ocJctcoYmXIO>, acesso em 20/10/2011), com áudio em português. Assim, o grupo fez a apresentação com o áudio desligado.

No GC foi solicitado que os estudantes assistissem à aula em grupos. Cada grupo recebeu duas cópias do material impresso da aula (apostila – apêndice I) para um melhor acompanhamento. O mesmo material também foi entregue ao GE após a apresentação do seminário.

A aula foi então ministrada de forma expositiva com o uso do quadro branco e da leitura de partes do material impresso, a qual foi realizada por diferentes estudantes que se pré-dispuseram e pela professora/pesquisadora, tendo como objetivo tornar a aula mais dinâmica possibilitando a abertura do diálogo.

Ao final da aula cada grupo recebeu uma cópia do roteiro-guia para relatórios da respectiva aula e, ficou acordado que o relatório seria entregue na semana seguinte, sendo um por grupo. Esta sequência de atividades no GC permaneceu inalterada nos próximos quatro encontros.

### **7º Encontro: Seminário 2 e Aula 2**

Sob o tema “Movimento Browniano: da observação à explicação” os estudantes no GE apresentaram o seminário e a professora/pesquisadora realizou a aula no GC.



No GE o seminário foi apresentado com a projeção de slides (anexo 1), que em geral são claros, objetivos e com pouco texto. No entanto, o uso de imagens dinâmicas ou estáticas, vídeos e simulações, foram pouco explorados. Utilizaram apenas duas imagens estáticas representando o movimento browniano e a trajetória das partículas em suspensão no líquido.

No roteiro-guia e no CD havia um software simulador do tipo *applet* e um vídeo explicando o movimento browniano. Os estudantes foram orientados que este material tanto serviria de base para que eles compreendessem o conteúdo como também poderia ser utilizado na apresentação do seminário. No entanto, eles não utilizaram.

No GC a aula seguiu da mesma forma descrita no encontro anterior.

### **8º Encontro: Seminário 3 e Aula 3**

A aula e o seminário apresentados tiveram como tema: Efeito Fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?

O diferencial previsto para este seminário era a apresentação de um circuito elétrico baseado na utilização de um fotossensor do tipo LDR (*light dependent resistor*) a fim de demonstrar o efeito fotoelétrico. Tal circuito denominado de “Vela mágica” encontra-se disponível em [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_25.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_25.asp) (Acesso em 23/07/2011).

Havia também a previsão da utilização do programa simulador interativo do PhET (Physics Education Technology), o *Photoelectric Effect*, desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Colorado (USA). É possível fazer o seu download gratuito através do endereço eletrônico <http://phet.colorado.edu> (acesso em 23/07/2011).

Os estudantes receberam orientação para que iniciassem os estudos pela leitura do roteiro-guia, providenciassem o material necessário para a montagem do circuito e, posteriormente, marcasse um encontro com a professora/pesquisadora a fim de serem auxiliados nesta montagem. Apesar desta orientação, não aconteceu encontro algum, nem mesmo chegou a ser marcado e o circuito não foi montado.

Após duas remarcações de datas para a apresentação, eles apresentaram o seminário utilizando slides (anexo 2) e incluíram na apresentação a explicação de como funcionaria a “Vela Mágica”.

No GC a aula seguiu da mesma forma descrita no sexto encontro.

#### **9º Encontro: Seminário 4 e Aula 4**

Tanto no seminário quanto na aula, foi abordado o tema: O Efeito Compton: o que é e para que serve?

A apresentação do seminário foi feita com o uso de slides (anexo 3) que estavam sobrecarregados de textos os quais foram literalmente retirados do texto introdutório do roteiro-guia e lidos pelos estudantes.

O grupo fez uso do software simulador do tipo *applet* que mostra graficamente o efeito Compton, o qual foi disponibilizado no CD entregue junto ao roteiro-guia (apêndice E). No entanto, eles o utilizaram explicando-o incorretamente.

No GC a aula seguiu da mesma forma descrita no sexto encontro.

#### **10º Encontro: Seminário 5 e Aula 5**

O seminário e a aula tiveram como tema: A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?

O seminário foi realizado com a apresentação de slides claros e objetivos, além do uso de vídeos que auxiliaram na exemplificação das aplicações tecnológicas e na discussão acerca dos possíveis riscos da nanociência. Ressalta-se eles utilizaram os vídeos disponibilizados no CD apenas como fonte de consulta, apresentando, então, outros vídeos pesquisados e escolhidos pelo grupo.

No GC a aula seguiu da mesma forma descrita no sexto encontro.

**11º Encontro: Aplicação do Pós-teste**

O último encontro foi destinado apenas à aplicação do pós-teste nos dois grupos separadamente. Assim como no pré-teste, a média de tempo utilizada para responder as mesmas seis questões foi de quinze minutos.

No GE um total de 26 estudantes respondeu o pós-teste, e apenas 21 respondeu o pré-teste. Como alguns estudantes que estavam no pré-teste não estavam no pós-teste e vice-versa, foram utilizados para a análise dos resultados apenas aqueles que responderam aos dois testes, o que totalizou uma amostra igual a 17.

O mesmo fato aconteceu no GC, onde 27 estudantes responderam ao pós-teste e 22 ao pré-teste. Separando apenas os testes daqueles que participaram das duas etapas, coincidentemente, totalizou a mesma amostra igual a 17.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise dos Resultados

Os resultados foram analisados de forma qualitativa utilizando os dados provenientes do pré-teste e do pós-teste, dos relatórios e das gravações em áudio das aulas e dos seminários.

Após a exclusão dos testes dos estudantes que faltaram em alguma etapa (pré ou pós-teste) foi totalizada uma amostra igual a 17 testes, tanto no GE quanto no GC, como já explicado anteriormente na descrição do 11º Encontro.

### 5.2 Análise da Questão 1

Leia o texto abaixo:

Vida é sinônimo de mudança. Talvez a maior diferença entre objetos animados e inanimados seja que os organismos vivos mudam e adaptam-se rapidamente aos seus ambientes.

Uma pedra, tão dura, sobrevive sofrendo desgaste muito lento ocasionado pelo vento e pela chuva. Já os seres humanos, muito mais frágeis, sobrevivem escapando do vento e da chuva.

Os seres humanos aprendem a prever quando o mau tempo virá e isso é uma vantagem de sobrevivência.

Pedras não são motivadas a aprender - elas não sofrem dor ou desfrutam de prazer como os seres humanos. (adaptado de Rubem Alves, Filosofia da Ciência).

- a. ( ) **Animais e plantas, que são seres vivos, são compostos por átomos assim como objetos materiais (por exemplo, uma cadeira de madeira). (item correto)**
- b. ( ) A composição dos seres vivos em nada se assemelha à composição dos seres não-vivos.
- c. ( ) Os átomos que compõem os seres vivos morrem, enquanto que os que compõem os objetos materiais não morrem.
- d. ( ) Os seres vivos reagem à variadas situações porque seus átomos são vivos, enquanto que uma pedra não reage porque seus átomos não possuem vida.
- e. ( ) Os seres vivos são compostos por moléculas enquanto que os seres não-vivos são compostos por átomos.

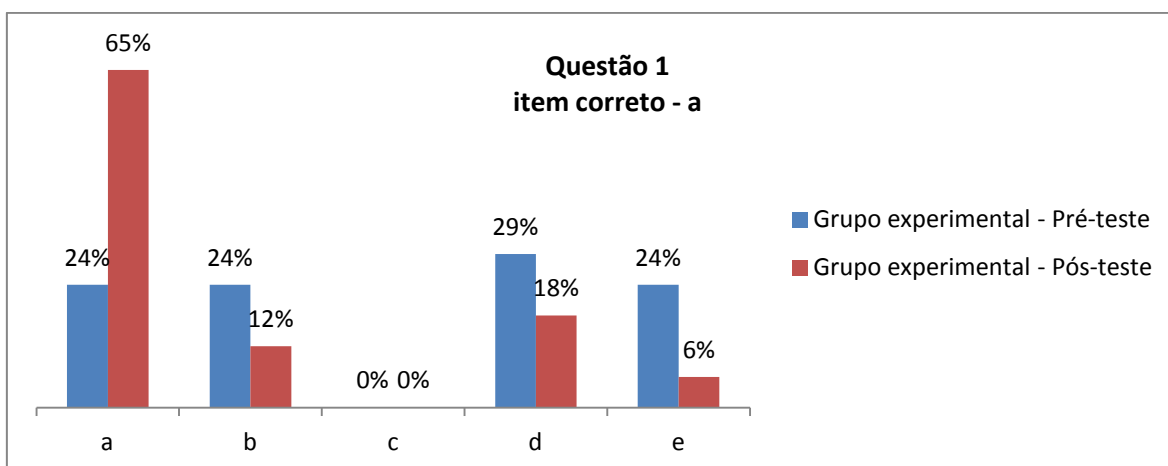


Gráfico 1: Respostas da questão 1 do grupo experimental

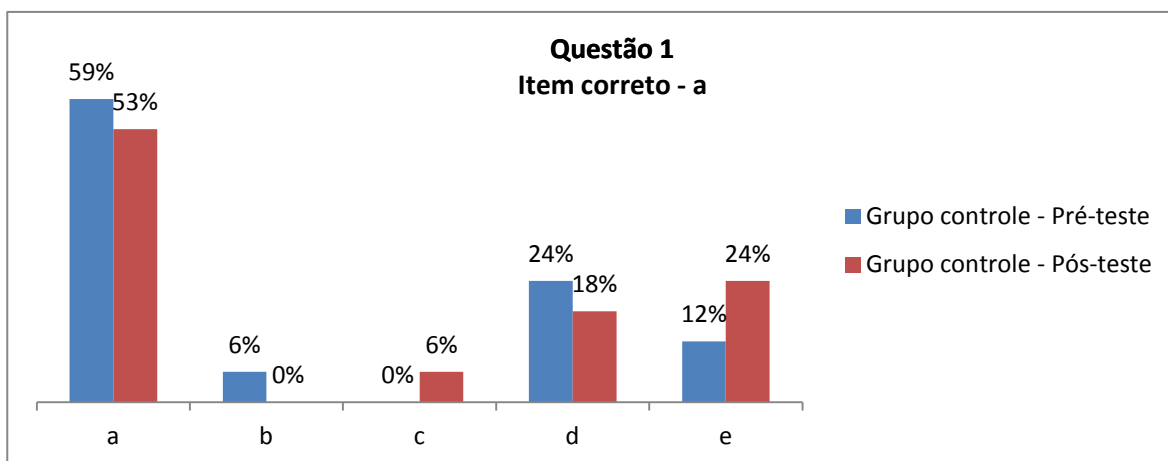


Gráfico 2: Respostas da questão 1 do grupo controle

No pré-teste observa-se nos gráficos 1 e 2 que o GC supera o GE em 35% no nível de acertos. O que indica que o GC foi conduzido a esse nível devido à existência de conhecimentos anteriores diferentes dos conhecimentos do GE mostrando que os grupos não eram equivalentes.

No pós-teste nota-se uma equivalência entre os grupos, onde o GE alcançou um aumento percentual de 41% e o GC permaneceu praticamente com o mesmo nível de acerto, revelando a ausência de ganho de aprendizagem.

Essa foi uma das questões que mais diretamente procurou identificar o que os estudantes pensavam sobre a constituição atômica da matéria (viva ou não-viva), ou seja, seriam ambas compostas por átomos?

Então, para essa questão verifica-se a indicação da existência de uma correlação entre os seminários realizados pelos estudantes no GE e um ganho na aprendizagem de conceitos relativos à composição atômica da matéria para este grupo.

Atribui-se esse resultado ao fato de que na apresentação do segundo e do último seminário, que tiveram como temas: “O movimento browniano: da observação à explicação” e, “A nanociência, a nanotecnologia e a hipótese atômica: quais as relações?”, os estudantes ressaltaram a hipótese atômica relacionando-a ao seu tema. Isso, além do fato de que a professora/pesquisadora também ter feito ressalvas a respeito da composição atômica da matéria ao final desses seminários.

No entanto, ao final de todas as aulas do GC a professora/pesquisadora também ressaltou a hipótese atômica relacionando-a ao tema abordado. Então, poderia-se inferir que esse grupo teria maior probabilidade em assimilar a hipótese atômica. Fato que não foi confirmado nessa questão, como é possível verificar pela diminuição de 6% dos acertos.

Assim, o que proporcionou a diferença no aumento de acertos entre o GE e o GC foi a apresentação dos seminários por parte dos estudantes em que o abandono da narrativa pelo professor e a promoção da fala para estes (MOREIRA, 2010) favoreceu os resultados observados.

### 5.3 Análise da Questão 2

Quanto à composição dos seres vivos e não-vivos é correto afirmar que:

- a. ( ) O corpo do ser humano passa a ter átomos na sua constituição a partir do momento em que ele ingere medicamentos.
- b. ( ) **Nós, seres humanos, estamos constantemente em contato com grandes quantidades de átomos e moléculas. (item correto)**
- c. ( ) Plantas marítimas são constituídas por átomos que possuem estruturas diferentes dos que constituem os seres humanos.
- d. ( ) Os átomos que constituem os seres humanos possuem estruturas mais complexas do que aqueles que constituem os objetos materiais.

- e. ( ) Os desgastes sofridos pelos seres humanos são devidos ao envelhecimento dos átomos que os compõem.

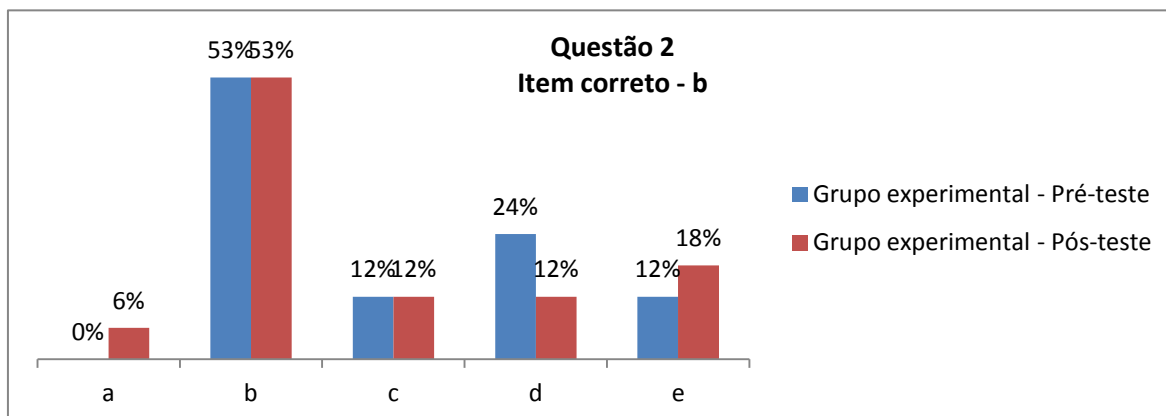


Gráfico 3: Respostas da questão 2 do grupo experimental

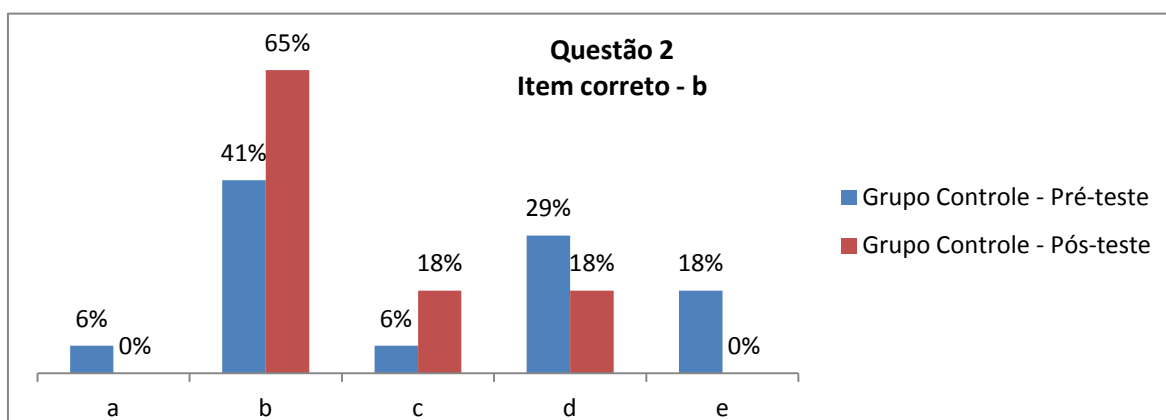


Gráfico 4: Respostas da questão 2 do grupo controle

Observa-se nos gráficos 3 e 4 que ambos os grupos não alcançaram melhores resultados no pós-teste. Eles eram equivalentes antes e após a intervenção.

Nota-se no gráfico 3 que o GE permaneceu com o mesmo número de acertos onde a maioria dos estudantes fez a opção pelo item correto. Entre os demais itens ocorreram sutis mudanças. Essas observações demonstram que os estudantes, em média, mantiveram suas concepções pré-existentes acerca dos conceitos abordados nessa questão, indicando a falta de influência da intervenção da pesquisa nessas concepções.

Uma vez que o objetivo desta segunda questão era o mesmo da primeira, que era identificar o que os estudantes pensavam sobre a constituição atômica da matéria (viva ou não-viva), é possível comparar e explicar estes resultados obtidos para o GE. Na questão 1

eles já possuíam certo nível de conhecimento acerca do assunto abordado e obtiveram um ganho de aprendizagem a partir dos seminários. Enquanto que nesta questão 2, em que o percentual de acertos já era superior a 50%, assim permaneceu.

No gráfico 4 observa-se que o GC teve um aumento de acertos igual a 24 pontos percentuais. No entanto, considera-se que esse aumento, que corresponde a quatro estudantes a mais optando pelo item correto, deveu-se à ênfase dada pela professora/pesquisadora ao final de todas as aulas sobre a hipótese atômica e a constituição atômica da matéria de seres vivos e não-vivos. Ênfase que no GE apenas ocorreu no segundo e no último seminário.

Importante observar que três estudantes do GC migraram da opção “e” para os itens “b” e “c”, indicando uma diminuição na concepção animista que atribui vida aos átomos (BACHELARD, 1996).

#### 5.4 Análise da Questão 3

Considerando a teoria atômica em que toda matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-lo, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos atômicos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar que:

- a. ( ) A impossibilidade de ver um átomo demonstra que ele e seus modelos são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos.
- b. ( ) A ideia da existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria.
- c. ( ) Sendo os átomos partículas inobserváveis a função dos modelos atômicos é representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas.
- d. ( ) **Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não-vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria. (item correto)**



- e. ( ) As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente.

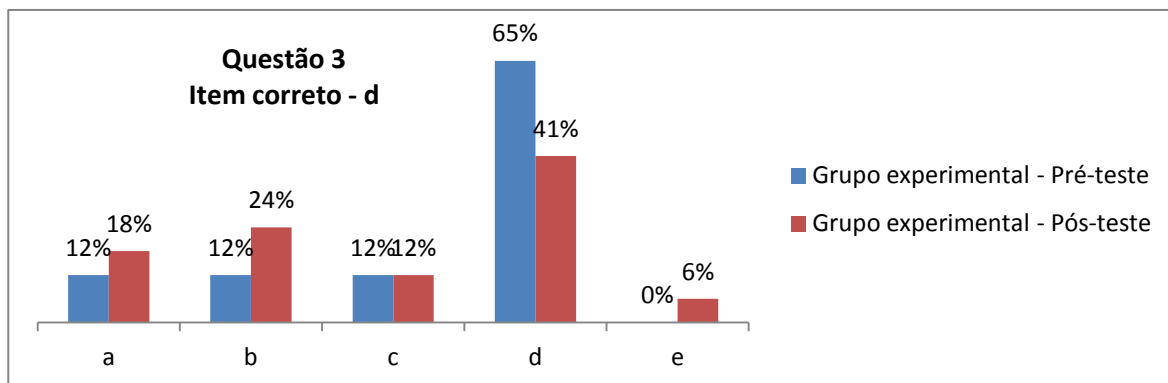


Gráfico 5: Respostas da questão 3 do grupo experimental

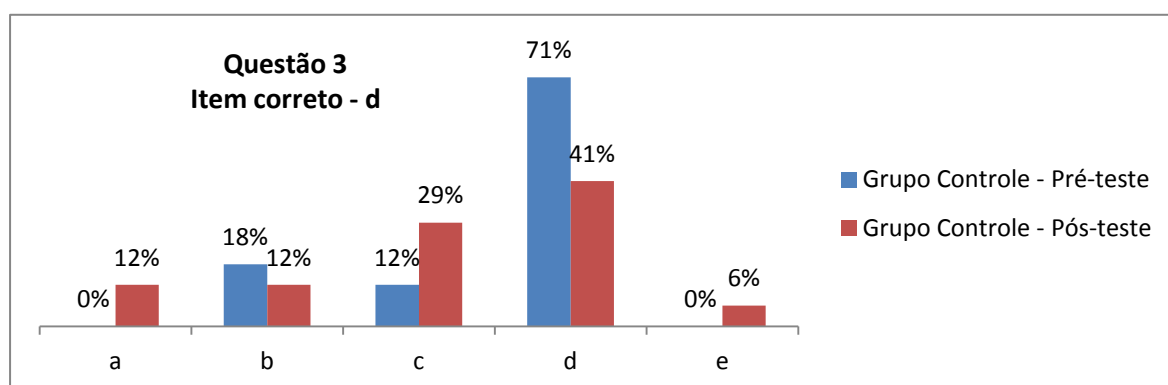


Gráfico 6: Respostas da questão 3 do grupo controle

Observa-se nos gráficos 5 e 6 que ambos os grupos tiveram uma diminuição na quantidade de acertos, sendo de 24 pontos percentuais para o GE e de 30 pontos para o GC.

No pré-teste o GC alcançou uma maior quantidade de acertos com relação ao GE de apenas uma resposta a mais correta (gráficos 5 e 6) indicando a equivalência entre os grupos que assim permaneceram ao final da pesquisa.

A diminuição da escolha pelo item correto é atribuída ao fato de que nesse item não haver tantas palavras que foram repetidas nos seminários e nas aulas quanto as que aparecem nos itens “a”, “c” e “e”, o que conduziu os estudantes a optarem por estes com palavras ou expressões que foram mais pronunciadas como, por exemplo, “ver um átomo”, “inobserváveis”, “partículas”, “microscópicas”.

Assim, conclui-se que esta questão não conseguiu discriminar o conhecimento dos estudantes acerca da necessidade de um modelo atômico como representante de uma entidade muito pequena, porém real, como os átomos que constituem a matéria.

Com relação ao significado de “ver” um átomo observa-se que para o GC a ideia de que não é possível vê-lo aumentou como pode ser observado pelo aumento na escolha pelos itens “a”, “c” e “e” (gráfico 6). Fato atribuído à falta de atenção e apatia durante a aula de introdução na qual o significado de ver um átomo foi exposto com maior ênfase. Enquanto que no GC houve um aumento na escolha destes itens igual a 6 (36%), no GE este aumento foi de apenas 2 (12%).

Analisando as escolhas pelo item “b” (gráficos 5 e 6) observa-se que a concepção da hipótese atômica ficou melhor esclarecida no GC pela insistência da professora/pesquisadora nas aulas em redefinir o significado da palavra “hipótese” na hipótese atômica colocando-a como algo real com evidências experimentais e, não apenas uma “ideia”, uma “hipótese”.

A ausência desta insistência nos seminários realizados no GE reflete-se no aumento da escolha pelo item “b” (gráfico 5) indicando que para este grupo o conhecimento prévio do conceito geral da palavra “hipótese” foi um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996), ao aprendizado do significado da hipótese atômica.

Ressalta-se ainda que a palavra “hipótese” aparece em todos os roteiros-guia para relatórios e no material impresso entregue aos estudantes após cada seminário e cada aula (apostila – apêndice I).

Assim, o conceito de hipótese ao caracterizar um obstáculo epistemológico para a internalização do conceito da hipótese atômica torna necessário promover a desaprendizagem (MOREIRA, 2010) do conceito deste termo para que não seja ancorado o conceito geral da palavra “hipótese” como uma ideia “não comprovada” à concepção da hipótese atômica. Para Moreira (2010) “desaprender não se trata de “apagar” algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva o que, aliás, é impossível se a aprendizagem foi significativa, mas sim de não usá-lo como subsunçor.”

### 5.5 Análise da Questão 4

No modelo atômico de Rutherford, conhecido como modelo planetário, os elétrons movem-se em órbitas circulares ao redor do núcleo. No entanto, este suposto movimento dos elétrons, traz um problema: o átomo se autodestruiria em questão de instantes de existência, pois, de acordo com a Física Clássica, se os elétrons se movem em órbitas circulares ao redor do núcleo, eles deveriam perder energia e cair no núcleo. Niels Bohr ao perceber que a Física Clássica estava impossibilitada de explicar os processos atômicos, manteve o movimento circular dos elétrons e, aplicou o conceito de quantização de energia da Física Quântica ao seu modelo, do qual destacamos duas características a respeito dos elétrons:

- Eles permanecem com a mesma energia enquanto estiverem numa mesma órbita.
- E, após serem excitados pelo recebimento de energia, tendem a voltar à sua órbita fundamental emitindo energia na forma de luz.

Esta segunda característica explica, por exemplo, o festival de cores dos fogos de artifício. Assim, com base modelo atômico de Bohr é possível afirmar que:

- a. ( ) O elétron perde energia ao passar de uma órbita mais interna para uma mais externa.
- b. ( ) O valor da energia do elétron em cada órbita é maior quanto mais próxima a órbita se encontra do núcleo.
- c. ( ) A energia emitida pelo elétron na forma de luz é criada a partir de processos internos no núcleo atômico.
- d. ( ) O elétron apresenta determinados valores de energia que são definidos pela órbita em que ele se encontra. (item correto)**
- e. ( ) A mudança de órbita envolve troca de energia entre o elétron e as demais partículas subatômicas: os prótons e os nêutrons.

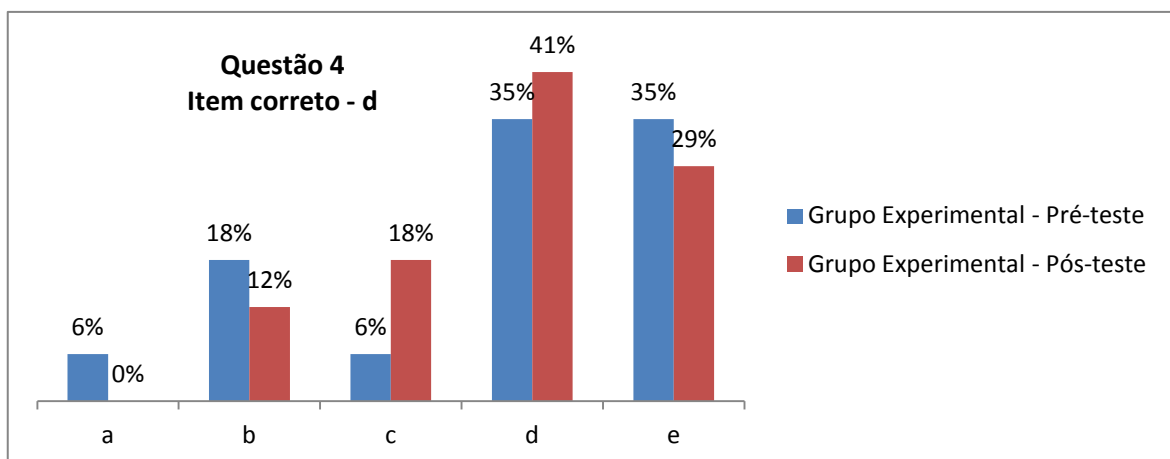


Gráfico 7: Respostas da questão 4 do grupo experimental

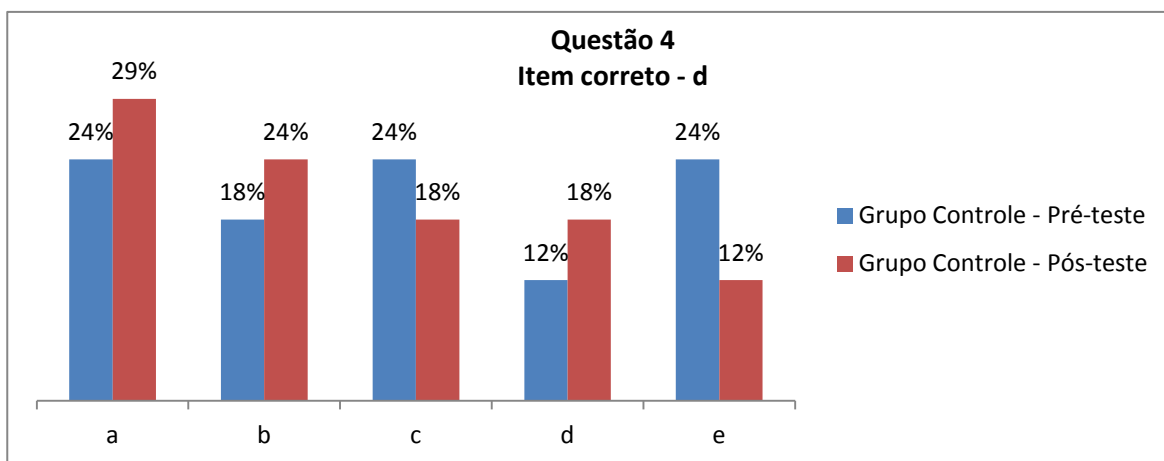


Gráfico 8: Respostas da questão 4 do grupo controle

Nota-se nos gráficos 7 e 8 que no pré-teste o GE obteve um maior número de acertos diferindo do GC em 23 pontos percentuais (quatro respostas). No pós-teste ambos obtiveram um aumento do número de acertos com o GE se sobressaindo com a mesma diferença que ocorreu no pré-teste. Assim, eles não apresentaram ganho de aprendizagem, eram equivalentes antes da intervenção e permaneceram no final.

No gráfico 8 observa-se grande oscilação na mudança de respostas entre o pré e o pós-teste indicando que o GC estava conceitualmente mais confuso. Atribui-se esse fato à apatia na aula de introdução, único momento em que o modelo de Bohr foi abordado.

O GE que comportou-se de forma mais participativa na referida aula relacionou a apresentação do modelo de Bohr realizada pela professora/pesquisadora às recentes aulas de Química onde o professor regente explicou a produção das cores dos fogos de artifícios como consequência de processos que ocorrem na eletrosfera.

Isso explica o porquê deste grupo ter aumentado a escolha pelo item “c” que, embora seja incorreto, ele trata da emissão de luz como um processo atômico. Assim, os termos “energia emitida” e “forma de luz” chamaram a atenção destes estudantes, que abandonaram os itens “a”, “b” e “e” os quais tratam das mudanças energéticas entre as camadas eletrônicas.

O conteúdo referente a essa questão foi abordado apenas na aula de introdução. Desta forma as explicações para os resultados obtidos nos testes são provenientes apenas

dessa aula sendo independentes do desenvolvimento dos temas trabalhados nos seminários e nas aulas subsequentes.

Ressalta-se a importância da participação ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem a fim de que um episódio de ensino se realize através do compartilhamento de significados sobre os materiais educativos do currículo (GOWIN, apud MOREIRA, 2010), bem como a importância da interação social facilitadora de uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010).

### 5.6 Análise da Questão 5

Quando enchemos balões de festa de aniversário estamos colocando nele ar dos nossos pulmões, tarefa que costuma ser muito cansativa.....ufa!!! Para facilitar a vida podemos usar umas bombinhas do tipo que enche pneu de bicicleta ou enchê-los com gás Hélio ( $\text{He}_2$ ), que por ser menos denso que o ar, permite que os balões subam na atmosfera. Bem, independente da forma que utilizamos para enchê-los, dentro deles teremos alguma mistura gasosa. Acerca desta situação é correto afirmar que:

- a. ( ) **Ao encher o balão com o ar dos nossos pulmões estamos introduzindo neles uma mistura gasosa que é formada por átomos. (item correto)**
- b. ( ) O gás Hélio é menos denso do que o ar porque é composto por partículas muito leves denominadas de elétrons.
- c. ( ) O balão cheio com o ar dos nossos pulmões não sobe na atmosfera porque esta mistura gasosa é composta por átomos com carga elétrica positiva.
- d. ( ) O material do qual é feito os balões é composto por átomos sólidos, enquanto que o gás Hélio é composto por átomos gasosos.
- e. ( ) O ar que sai dos nossos pulmões é formado por átomos vivos, diferentemente dos átomos do gás Hélio que não possuem vida.

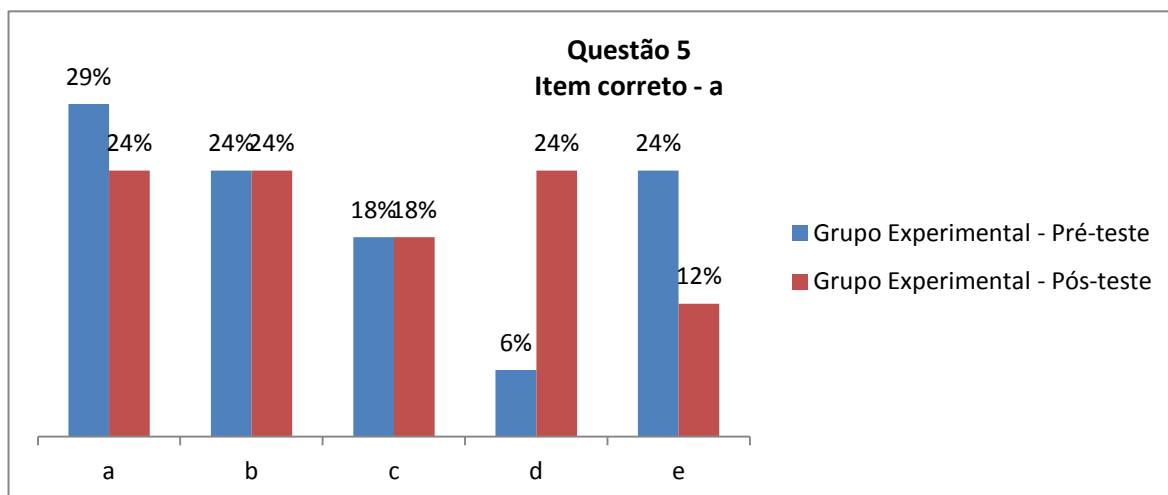


Gráfico 9: Respostas da questão 5 do grupo experimental

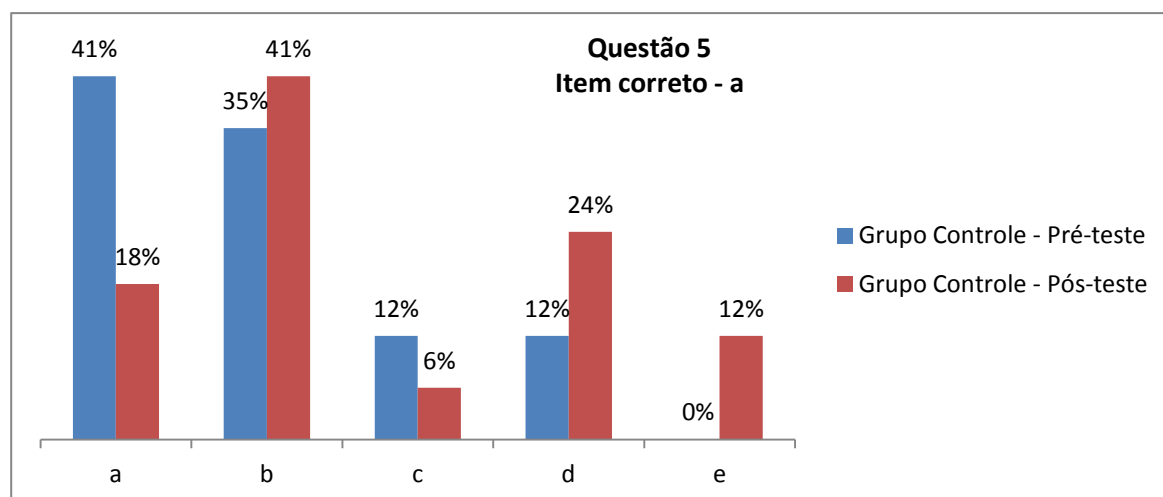


Gráfico 10: Respostas da questão 5 do grupo controle

Observa-se nos gráficos 9 e 10 que ambos os grupos diminuíram a escolha pelo item correto. Fato que mereceu uma análise mais criteriosa da questão e de outros fatores que influenciaram para este resultado. O GE diminuiu em 5 pontos percentuais e, o GC, em 23 pontos.

Em média, os grupos eram equivalentes no pré e no pós-teste, o que indica que a intervenção no GE ou a falta dela no GC não contribuíram para as mudanças verificadas nas respostas destes testes (gráficos 9 e 10).

Esta questão tinha por objetivo verificar se os estudantes relacionavam os átomos que constituem o ar dos nossos pulmões com os da atmosfera em geral ou de outros gases, como o gás Hélio citado no seu enunciado. Em outras palavras: os átomos que constituem os

seres vivos são os mesmos que constituem a matéria não viva, ou existiriam átomos diferentes e mais complexos na composição do ser humano?

Os temas desenvolvidos nos seminários e nas aulas não abordaram a constituição gasosa. No entanto, durante o período de aplicação desta pesquisa o professor de Física regente estava ministrando aulas sobre a Teoria Cinética dos Gases. Fato que acreditamos ter interferido na concepção dos estudantes acerca dos estados físicos da matéria e o comportamento dos átomos como se observa pela escolha do item “d” (gráficos 9 e 10), o qual teve por objetivo averiguar se eles atribuem características próprias das substâncias aos átomos, como por exemplo, a característica estado físico.

Esta transferência de características das substâncias para os átomos é denominada de substancialismo e caracteriza um obstáculo epistemológico ao aprendizado das ciências físicas (BACHELARD, 1996). Diversas pesquisas revelam este substancialismo, como no trabalho relatado por Souza e Justi (2003), onde foram observadas dificuldades de graduandos iniciantes do curso de Química da Universidade Federal de Minas Gerais com relação à compreensão dos modelos atômicos, como, por exemplo: o átomo só existe em entidades vivas e, é a menor parte da matéria que conserva suas características.

É importante ressaltar que a questão 1 também possui itens com objetivo de verificar a concepção substancialista. No entanto, o item correto “chamou” mais a atenção dos estudantes devido a comparação da composição atômica entre os seres humanos e uma cadeira, o qual foi repetido várias vezes durante os seminários pelos próprios estudantes, após ter sido exemplificado na aula de introdução pela professora/pesquisadora. Repetição que não ocorreu durante as aulas do GC.

### **5.7 Análise da Questão 6**

Por volta de 400 a.C. os filósofos gregos questionavam sobre do que o mundo é feito. Nesta época diversas explicações surgiram, mas não se tornaram teorias científicas. No século XIX, surge com Dalton a primeira explicação atomista que pôde ser considerada uma teoria que buscava explicar a composição da matéria. Até aqui, século XXI, outras teorias e modelos atômicos surgiram e, atualmente consideramos que o átomo é:

- a. ( ) indivisível e representa a menor porção de matéria que o homem consegue alcançar fazendo inúmeras e sucessivas divisões.
- b. ( ) indivisível e composto por partículas ainda menores denominadas de prótons e elétrons.
- c. ( ) indivisível e composto por partículas atômicas como íons, moléculas, células, prótons e elétrons.
- d. ( ) divisível e composto por partículas subatômicas que são os prótons e os nêutrons, formados por quarks, e os elétrons. (item correto)**
- e. ( ) divisível e composto por partículas atômicas que são os íons positivos e negativos, os prótons, os nêutrons e os elétrons.

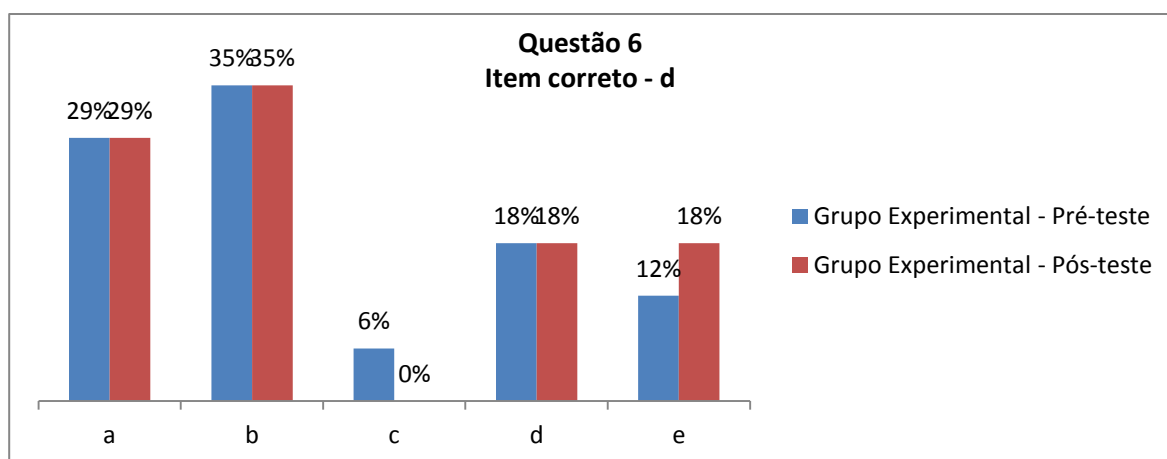


Gráfico 11: Respostas da questão 6 do grupo experimental

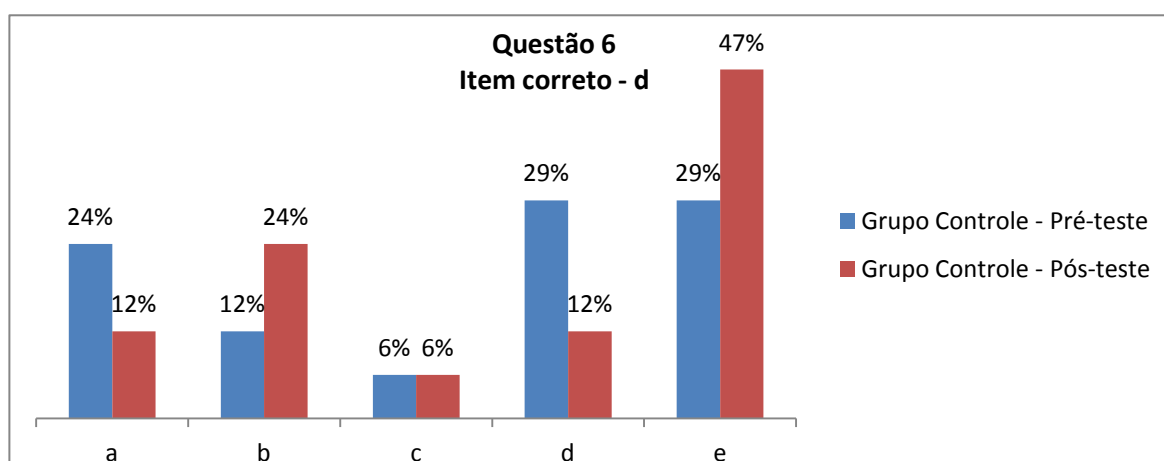


Gráfico 12: Respostas da questão 6 do grupo controle



Nos gráficos 11 e 12 é possível notar que o GE permaneceu com o mesmo número de acertos e o GC diminuiu, indicando que não houve melhoria nos resultados de ambos os grupos. Como também nota-se que eles eram equivalentes antes e depois da intervenção.

Porém, observa-se que no pré-teste o GC apresentou melhores resultados com uma diferença de 17 pontos percentuais com relação ao GE e, no pós-teste, esta diferença foi de 6% pontos em favor do GE.

No entanto, enquanto o GE teve poucas oscilações nas mudanças das respostas entre o pré-teste e o pós-teste (gráfico 11), o GC teve mudanças consideráveis (gráfico 12) que mereceram uma análise mais apurada.

As respostas fornecidas pelo GE com sutis alterações mostram que os estudantes permaneceram, em média, com as mesmas concepções acerca do conteúdo abordado. Destaca-se a permanência pela escolha do item correto (d) em 18% e, a permanência da maioria (64%) optando pelos itens “a” e “b” que afirmam ser o átomo indivisível. Assim, a maioria dos estudantes do GE permaneceu com a concepção da indivisibilidade atômica.

Estes resultados conduziram a uma análise detalhada nos itens desta questão a qual tornou possível notar que o item “d” (correto) possui palavras familiares como elétrons, prótons e nêutrons da mesma forma que nos itens “b”, “c” e “e”. No entanto, o item “d” possui duas palavras que foram pouco utilizadas durante as aulas e seminários e, que são incomuns no vocabulário destes estudantes: subatômicas e quarks. A presença de tais palavras provavelmente os conduziu a não optarem por esta resposta. Desta forma, eles precisam ser reformulados a fim de possibilitar que o conhecimento dos estudantes seja discriminado por esta questão.

Ressalta-se que o objetivo dela era de verificar o conceito dos estudantes acerca da indivisibilidade atômica que constantemente são constatadas por pesquisas em ensino desta área.

A apresentação das ideias atomistas gregas com o significado da palavra átomo como indivisível constitui um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996) à aquisição do novo conhecimento do átomo divisível. Então, o velho conhecimento ao servir de âncora ao novo

atua como elemento dificultador da nova aprendizagem sendo necessária a não utilização deste subsunçor, o que é para Moreira (2010) promover uma desaprendizagem.

### **5.8 Discussão acerca dos seminários e das aulas**

O material de apoio entregue aos estudantes do GE, composto por um roteiro-guia para seminários e um CD, tinha por objetivo orientá-los na busca das informações consideradas relevantes contribuindo para um bom desempenho nas apresentações.

Das apresentações foi observado que apenas os grupos dos seminários 2 e 5, que utilizaram parcialmente este material e, mantiveram contato com a professora/pesquisadora a fim de sanar dúvidas, alcançaram melhores desempenhos.

O grupo 5 destacou-se por apresentar vídeos pesquisados e escolhidos por eles próprios, embora, no CD contivesse alguns que poderiam ser utilizados. Assim, os vídeos disponibilizados serviram para que eles tivessem uma noção do que iriam pesquisar.

Ressalta-se que este foi o único grupo que pesquisou além do material fornecido, atitude que era esperada dos demais. Bem como o fato de que desde o primeiro contato com estes estudantes, quando eles receberam o roteiro-guia e o CD para a elaboração do seminário, foi notável o interesse pelo trabalho proposto, o qual permaneceu durante todo o processo buscando mais informações e tirando dúvidas com a professora/pesquisadora via *e-mail*.

Assim, avaliação deste seminário foi satisfatória, pois atingiu os objetivos propostos no roteiro-guia tanto com relação ao domínio do conteúdo quanto à forma de organização dos slides e da apresentação.

O grupo 2 também demonstrou domínio do conteúdo abordando a história da observação do movimento browniano, desde as primeiras explicações à explicação correta por Albert Einstein, bem como relacionando o conceito de temperatura ao movimento molecular.

No entanto, faltou mostrar a importância do movimento browniano na comprovação da hipótese atômica. Esta ressalva foi feita pela professora/pesquisadora ao final da apresentação. Contudo, a avaliação desta apresentação foi satisfatória.

O grupo do seminário 1 reclamou da falta de tempo para se reunir e preparar a apresentação que, remarcada por três vezes, foi realizada utilizando apenas um dos vídeos disponibilizados no CD.

Ao afirmarem que desconheciam a necessidade do uso dos slides na apresentação e a forma de explorar os vídeos disponibilizados, foi possível notar que o roteiro-guia não foi utilizado. Eles reclamaram também da extensão destes vídeos. Especificamente para este seminário a quantidade de vídeos era relevante e, por isso, havia no respectivo roteiro a delimitação das partes que tratavam do tema a ser pesquisado, bastando então, uma leitura do mesmo a fim de que assistissem apenas as partes que os interessavam.

O grupo argumentou que não foi possível preparar uma apresentação melhor e mais detalhada pelo fato de que estavam paralelamente desenvolvendo um trabalho a ser apresentado na culminância do projeto “Encontro de Arte, Ciência e Cultura” que acontece anualmente na escola desde 2007, no terceiro bimestre.

Ao final desta apresentação, os estudantes que estavam assistindo e fazendo anotações para escreverem posteriormente o relatório reclamaram da ausência dos slides, afirmando que assim era mais difícil registrar as explicações. Tal dificuldade também foi verificada em outras apresentações em os slides foram utilizados. Portanto, muito provavelmente, o que os ajudou na escrita dos relatórios foi o material impresso recebido após cada apresentação (apostila - apêndice I).

Este seminário (grupo 1) também foi prejudicado na medida em que foi remarcado por três vezes a data de apresentação. A cada data marcada o grupo tinha uma “explicação” para o atraso, como “não tivemos tempo para nos reunir”, “a aluna que está com o arquivo faltou”, entre outras explicações que não justificavam tal atraso.

A apresentação deste seminário foi parcialmente satisfatória quanto à forma de apresentação e conteúdo e, poderia ter sido muito mais rica se os estudantes tivessem lido e

utilizado o roteiro-guia e o CD que lhes foi entregues. Afinal, o roteiro-guia tinha o objetivo de guiá-los na preparação e apresentação do seminário.

O grupo do seminário 3 remarcou a apresentação por três vezes. Os estudantes admitiram que faltassem estudos para a elaboração do seminário. Demonstraram que o material de apoio não foi utilizado e que o seminário foi preparado pouco tempo antes da apresentação, revelando a falta de organização do grupo. Ficou clara também a ausência de colaboração entre os membros que colocavam no outro a responsabilidade pelo mau andamento dos trabalhos.

Os slides estavam sobrecarregados de textos e foram simplesmente lidos pelo grupo. Portanto, eles trocaram a leitura dos “papeizinhos” pela leitura dos slides, o que torna a utilização deste recurso sem sentido.

Esta apresentação possuía o diferencial da montagem e apresentação de um experimento denominado de “Vela Mágica”, para o qual os estudantes foram orientados a marcar um encontro com a professora/pesquisadora a fim de serem auxiliados nesta tarefa. No entanto, este encontro que não foi marcado e o experimento não foi montado. Assim, eles apresentaram com os slides como o circuito funcionaria. Ainda assim o explicaram de forma equivocada.

Eles não explicaram corretamente o efeito fotoelétrico, nem o conceito de quantização da luz, nem tampouco souberam responder como ele é aplicado. Citaram aplicações tecnológicas, porém sem compreenderem o funcionamento básico de um fotossensor. Percebendo este fato, a professora/pesquisadora explicou tal funcionamento ao final do seminário, assim como fez correções conceituais como o conceito de fóton. Faltou também fazerem a relação entre a contribuição deste efeito com a comprovação da hipótese atômica. Assim, avaliação deste seminário foi bastante insatisfatória.

O grupo do seminário 4 também obteve uma avaliação insatisfatória com a apresentação dos slides utilizando o texto de introdução do roteiro-guia, o qual tinha a função de situá-los no tema a ser abordado sendo necessário aprofundar a pesquisa.

Dos arquivos disponibilizados em CD, eles utilizaram o *applet* (software simulador), mas o explicaram de forma incorreta demonstrando a incompreensão do tema abordado.

Assim, eles não exploraram o material de apoio na sua potencialidade, nem tampouco buscaram sanar as dúvidas com a professora/pesquisadora ao longo do processo.

Tal explicação incorreta é o reflexo da incompreensão do tema abordado, que foi possível constatar pelas respostas do grupo aos questionamentos da professora/pesquisadora após a apresentação do seminário (ou da leitura dos slides). As respostas solicitadas estavam nos slides lidos minutos antes, e eles não souberam responder.

Em especial, houve um estudante que se sobressaiu com “muita boa vontade” durante o período de preparação do seminário. No entanto, notava-se que o mesmo possuía bastante dificuldade de compreensão e os demais estudantes ficaram omissos ao processo.

Assim, é possível apontar alguns fatores que contribuíram para a má qualidade das apresentações: pouco uso do material de apoio, a falta de comunicação com a professora/pesquisadora, de tempo e de predisposição. Estes dois últimos estão relacionados ao inadequado momento escolhido para a aplicação destas atividades: meados do terceiro bimestre do ano letivo de 2011. Neste período a escola estava realizando outros eventos e projetos o que a tornou bastante tumultuada. Quanto aos meios de comunicação salienta-se que foram disponibilizados: *e-mail*, número de telefone, *blog* e redes sociais.

É importante observar que a interação social e a predisposição para aprender, que fazem parte dos onze princípios ou estratégias facilitadoras para o alcance de uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010), são fundamentais em atividades colaborativas, como os seminários. No entanto, em geral observou-se que tais estratégias não foram adequadamente desenvolvidas fato atribuído principalmente aos motivos expostos no parágrafo anterior.

Com relação à preparação dos slides foi constatado que os estudantes precisam ser melhor orientados tanto na elaboração quanto no uso adequado. Enquanto alguns os sobrecarregam com longos textos, outros com receio de parecer que estão apenas lendo, elencam uma série de tópicos. Eles pouco aproveitam os recursos visuais e de áudio, possibilidades dinâmicas que caracterizam e justificam o uso de slides em contraposição ao uso do quadro branco.

A sobrecarga de textos, especialmente nos slides dos seminários 3 e 4, poderia ter sido resolvida antes das apresentações se os grupos tivessem seguido o roteiro-guia que especifica que o arquivo deveria ser enviado para a professora/pesquisadora com antecedência de cinco dias a fim de evitar problemas como este. Novamente, observa-se o impacto negativo da falta de interação social (MOREIRA, 2010) no processo de ensino e aprendizagem.

Com relação à apresentação dos slides notou-se o costume de receberem nota por qualquer apresentação como na pergunta feita por um estudante: “Se a gente só ler ganha metade da nota?”. Na medida em que os professores aceitam apresentações com leitura de “papeizinhos” ele contribui para o não desenvolvimento de habilidades latentes como a expressão oral, a criticidade e a criatividade. Esta situação que é comum no Ensino Médio, reflete-se nas atitudes de alguns estudantes nos primeiros semestres da graduação.

Assim, é clara a necessidade do professor em atuar de forma crítica a fim de contribuir com o desenvolvimento crítico dos estudantes, pois “o que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano?” (MOREIRA, 2010). Para Freire (2003, apud MOREIRA, 2010) “o fundamental é que professor e alunos tenham uma postura dialógica, aberta, curiosa indagadora e não apassivada, enquanto falam e ouvem. O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos.”

Quanto ao questionamento verificou-se na aula de introdução do GE a incompatibilidade entre os conceitos de átomo “indestrutível” e “divisível” através da pergunta feita por um estudante: “Como o átomo pode ser divisível e indestrutível ao mesmo tempo? Se ele pode ser dividido, então pode ser destruído”. O termo “indestrutível” é amplamente utilizado com o sentido de que os átomos primordiais são os mesmos que constituem o universo atual, assim eles são eternos. Após a verificação deste falso paradoxo este termo foi substituído no slide da aula de introdução por “eterno” o qual mostrou-se mais adequado.

Os estudantes admitem que o átomo seja constituído por partículas menores, mas veem contradição com o fato dele ser indivisível, pois raciocinam da seguinte forma: sendo composto por partículas menores, é possível dividi-lo, parti-lo, cortá-lo em pedaços. Então afirmar que o átomo é composto por partículas subatômicas não os leva a conclusão que ele é divisível no sentido de ser composto por partículas.

Assim, no processo de ensino e aprendizagem, palavras que são claras para alguns, não são para outros, o que constitui uma falha na negociação dos significados das palavras (MOREIRA, 2010).

Portanto, ressalta-se a necessidade de aulas dialógicas para que situações como estas surjam e possam ser redefinidas, pois quando um estudante “formula uma pergunta relevante, apropriada e substantiva, ele utiliza seu conhecimento prévio de maneira não-arbitrária e não-litera, e isso é evidência de uma aprendizagem significativa.” (MOREIRA, 2010).

Quanto aos relatórios que foram entregues pelos grupos após cada aula ou seminário, os estudantes não alcançaram o objetivo de relatar o que foi exposto de forma original e coesa. Alguns foram copiados da apostila (apêndice I). Outros revelaram uma tentativa de relatarem o que haviam assistido e entendido. Contudo, foram produzidos textos com erros conceituais e sem coesão, não possuindo informações capazes de identificar ganhos na aprendizagem dos conteúdos abordados. Apesar destas observações, a falta de tempo impossibilitou a devolução dos relatórios para que fossem refeitos com as devidas orientações.

## 6. A PROPOSIÇÃO DIDÁTICA

A presente proposição foi fundamentada teoricamente em quatro dos onze princípios ou estratégias facilitadoras da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (MOREIRA, 2010) devido à relação direta com a técnica diversificada e socializada dos seminários, a saber:

- 4°. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.
- 5°. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.
- 12°. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.
- 13°. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

Baseou-se também em autores, como Araújo (1996), Veiga (1996), Balcells e Martin (1985) que defendem o uso de seminários como uma estratégia de ensino socializada e mediadora do processo de ensino e aprendizagem.

A pergunta que guiou essa pesquisa: como é possível alcançar uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos que necessitam de uma compreensão microscópica da matéria, se os estudantes não acreditam que os átomos são reais?

Em busca de resposta a essa inquietude surgiu a necessidade de abordar, no Ensino de Física, conteúdos potencialmente facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica acerca da constituição atômica da matéria e das evidências experimentais da existência do átomo.

Na análise dos LDs foi constatada a ausência de tais conteúdos o que culminou na produção de um material didático que tratasse dos modelos atômicos e das evidências da existência do átomo a partir do desvendamento do átomo e das aplicações tecnológicas decorrentes dos avanços das descobertas científicas.



Com a preocupação de que esta abordagem não agregasse apenas mais conteúdo ao extenso currículo desta disciplina, mas que alcançasse um aprendizado eficaz e necessário para o ensino de conceitos físicos baseados na hipótese atômica procurou-se uma forma de envolver o estudante ativamente no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, foi escolhido o uso de seminários como uma estratégia de ensino mediadora e produzido o material que compõe esta proposição didática: a aula de introdução, as aulas ministradas ao grupo controle (apostila), os roteiros-guia para os seminários, os roteiros-guia para os relatórios, os vídeos e os simuladores disponibilizados aos estudantes para a preparação dos seminários.

A aula de introdução é uma apresentação em slides desenvolvida com o programa da Microsoft Power Point 2007 sobre os modelos atômicos e alguns conceitos físicos julgados necessários de serem lembrados ou ensinados, na qual foram incluídas partes do primeiro e segundo documentário da série *Atom* produzida pela BBC (*British Broadcasting Corporation*) no ano de 2008: *Clash of Titans* (Duelo de Titãs)<sup>1</sup> e *The key to the Cosmos* (A chave para o Cosmos)<sup>2</sup>. Além de trechos do documentário “O discreto charme das partículas elementares”<sup>3</sup> baseado no livro de mesmo nome (ABDALLA, 2006) e, um pequeno vídeo produzido no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) de 2009<sup>4</sup> sobre eletrização por atrito.

Para os seminários, sugere-se trabalhar os seguintes temas:

1. Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: o Experimento de Rutherford.
2. Movimento Browniano: da observação à explicação.
3. Efeito Fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?
4. O Efeito Compton: o que é e para que serve?
5. A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?

---

<sup>1</sup>Disponível em [http://tvescola.mec.gov.br/index.php?item\\_id=1067&option=com\\_zoo&view=item](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?item_id=1067&option=com_zoo&view=item), acessado em 14/11/2011

<sup>2</sup>Disponível em [http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=1068](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=1068), acesso em 14/11/2011.

<sup>3</sup>Disponível em <http://www.tvcultura.com.br/particulas/index.php>, acesso em 14/11/2011.

<sup>4</sup>Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=0bL-w4dI2hk> .Acesso em 16/10/2011.

Os demais materiais estão em formato de texto (pdf) ou de vídeo (wmv). Nos apêndices de A ao I é possível visualizar os slides da aula de introdução e os arquivos de texto. A versão eletrônica desta proposição pode ser acessada através do endereço: [www.ppgec.unb.br](http://www.ppgec.unb.br).

O objetivo dessa proposição didática é de oferecer aos professores de ciências/física um material que aborde temas que evidenciem a existência do átomo, orientá-los quanto ao uso de seminários com estudantes do Ensino Médio e, mostrar que não é apenas possível como também viável o uso desta estratégia de ensino, tão frequentemente utilizada nas ciências humanas.

Com base no “Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.” (MOREIRA, 2010), sugere-se que os seminários sejam elaborados e apresentados pelos estudantes e, orientados pelo professor, a fim de dar voz aos estudantes colaborando para o desenvolvimento de habilidades como a capacidade de expressar-se oralmente e de discutir criticamente.

As aulas expositivas, sem dúvida, têm o seu valor didático-metodológico e, por muitas vezes são mais eficazes que outras metodologias que pretendem ser inovadoras. Portanto, os resultados de aprendizagem a partir de diferentes metodologias dependem da forma como elas são conduzidas.

Almeja-se que os seminários sejam adaptados a outros conteúdos passíveis de serem trabalhados sob uma perspectiva de exploração histórica, fenomenológica e/ou experimental. Para tanto é necessário que o professor elabore roteiros específicos como àqueles apresentados nesta dissertação. Quanto ao desenvolvimento das atividades o professor deve assumir a mediação do processo de pesquisa dos estudantes culminando na apresentação do seminário.

## 7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Esse trabalho foi iniciado com uma reflexão acerca da curiosidade humana que tende a diminuir com o avanço da idade. Em particular, os estudantes do Ensino Médio são menos curiosos se comparados aos de níveis anteriores. Há, inclusive, uma explicação de caráter comportamental relacionada à fase da adolescência em que a atenção destes jovens volta-se para quaisquer outros assuntos que não os escolares. Além do fato de terem medo de fazer perguntas em sala de aula e serem ridicularizados perante os colegas. O que, para eles, caracteriza motivo para desistir de ir à escola, já que nesta fase os micro-problemas são encarados como macro-problemas.

É, portanto, responsabilidade da escola promover um ensino que conduza os estudantes ao retorno dessas curiosidades epistemológicas (FREIRE, 2003, apud MOREIRA, 2010) buscando um ensino dialógico que enfatize o intercâmbio de perguntas tendendo a ser crítico e a suscitar a aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010):

Ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala menos. Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo, não passivo. Ela ou ele tem que aprender a interpretar, a negociar significados, tem que aprender a ser crítico e a aceitar a crítica. Aceitar acriticamente a narrativa do “bom professor” não leva a uma aprendizagem significativa crítica, a uma aprendizagem relevante, de longa duração; não leva ao aprender a aprender. (p. 19).

Assim, o uso dos seminários é uma entre tantas outras estratégias de ensino socializado (LOPES, 1996) que promovem o diálogo e o questionamento e, que como outras atividades colaborativas, facilita o desenvolvimento de habilidades necessárias à sobrevivência na sociedade contemporânea.

É necessário que a escola ensine os estudantes a lidar com questões de ordem práticas que necessitam de habilidades não desenvolvidas a partir de um ensino que valoriza a memorização. Eles precisam aprender a aprender, aprender a buscar, aprender a resolver conflitos.

O seminário foi uma estratégia de ensino mediadora e dialógica que teve por objetivo contribuir para o desenvolvimento dessas habilidades nos estudantes. Além de auxiliar no processo de re-significação da hipótese atômica por meio dos conteúdos abordados.

Acerca do diálogo durante os seminários e as aulas observou-se algumas situações em que ocorreram falhas na negociação dos significados das palavras. Por exemplo, quando por meio da pergunta de um estudante verificou-se que ele e outros estavam atribuindo um significado equivocado à relação “átomo indestrutível *versus* divisível”. A questão foi: como o átomo pode ser divisível e indestrutível ao mesmo tempo? Se ele pode ser dividido, então pode ser destruído. Esse falso paradoxo foi resolvido com a substituição do termo indestrutível por eterno, o qual é mais adequado.

Portanto, observou-se que na medida em que o indivíduo recebe uma informação ele a percebe e a representa em função das suas percepções prévias (MOREIRA, 2010), o que corrobora a ideia de que a abertura ao diálogo durante as aulas é imprescindível.

Constatou-se que dos problemas apresentados pelos grupos, a falta de tempo para se reunirem e de maturidade em dividir as atividades do trabalho sobressaíram-se. Os indivíduos têm dificuldades em encontrar formas de se auto-organizar em torno das tarefas do trabalho proposto, portanto, a cooperação ainda é falha. Cada qual com suas opiniões e formas próprias de ação, buscam se adequarem durante a convivência estabelecendo relações que demonstram a valorização do sujeito e o respeito às diferenças.

Cientes de que trabalhar no Ensino de Física com seminários apresentados pelos estudantes é uma proposta ousada que segue na contramão da concepção equivocada de que esta é uma disciplina muito complicada e, que seminários no Ensino Médio são incomuns, ainda assim é possível afirmar que é viável investir nesta estratégia que mostrou-se mais benéfica do que difícil.

Observou-se que pelo menos para uma parte dos estudantes, as atividades realizadas contribuíram parcialmente para o desenvolvimento de uma maturidade científica e pessoal.

Quanto aos resultados de aprendizagem que foram obtidos, esperava-se que o grupo experimental se sobressaísse ao grupo controle na maioria das questões do pós-teste.

Assim, a análise qualitativa a partir da observação do desempenho dos estudantes no processo de preparação dos trabalhos e nas apresentações, além das conversas com os grupos após os seminários possibilitou identificar que aqueles que:

1. Não utilizaram os roteiros-guia que lhes foi fornecido, realizaram seminários com significativas perdas de qualidade tanto na forma de apresentação quanto na elaboração dos slides.
2. Utilizaram pelo menos de forma parcial o roteiro-guia e a comunicação com a professora/pesquisadora, obtiveram melhores desempenhos em termos de compreensão do conteúdo, elaboração e apresentação dos seminários.

Desta forma nota-se a importância da interação social e da predisposição para aprender como fatores preponderantes para um adequado desempenho na apresentação dos seminários.

Os relatórios que foram entregues pelos grupos após cada aula ou seminário foram também analisados qualitativamente. Contudo não continham informações capazes de revelar ganhos na aprendizagem dos conteúdos abordados. Isto porque os estudantes não alcançaram o objetivo de relatar o que foi exposto nas aulas e nos seminários de forma original e coesa. Alguns relatórios foram cópias do material escrito que os estudantes receberam acerca dos conteúdos. Outros revelaram uma tentativa dos estudantes em relatar o que haviam assistido e entendido, contudo foram textos produzidos com erros conceituais e sem coesão.

Apesar de esta análise ter mostrado fragilidade na execução dos relatórios ressalta-se que devido à falta de tempo não foi possível apontar os erros observados e solicitar que os mesmos fossem refeitos.

Na revisão bibliográfica foi apresentado o trabalho de Mützenberg, Veit e Silveira (2007) que aponta para a influência do pouco tempo de orientação aos estudantes nos resultados de aprendizagem alcançados. Infelizmente este problema foi enfrentado nesta pesquisa, o que possibilitou constatar que:

1. É necessário aumentar o número de aulas para a aplicação do projeto.

2. O professor aplicador deve ser regente das turmas para que ao dispor de mais tempo em contato com os estudantes, as relações pessoais entre estes, no âmbito escolar, sejam consolidadas.
3. A deficiente relação pessoal entre a professora/pesquisadora e os estudantes contribuiu negativamente para os resultados obtidos, caracterizando um entrave importante a ser considerado nas pesquisas em ensino em que projetos são aplicados em sala de aula.

Assim, este trabalho indicou que quando estudantes pesquisam e apresentam conteúdos na forma de seminários devidamente orientados pelo professor, comportam-se como sujeitos ativos possibilitando o alcance de melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem. Além de mostrar que é factível o uso de seminários na área de ciências da natureza como uma atividade de avaliação alternativa àquelas comumente utilizadas como provas, questionários e testes.

Uma das contribuições desta pesquisa foi revelar através da análise de alguns livros didáticos de Física e Química a ausência de conteúdos potencialmente facilitadores de uma aprendizagem significativa crítica acerca dos modelos atômicos e das evidências da existência do átomo. Este fato ratifica a necessidade do uso da diversidade de materiais instrucionais (MOREIRA, 2010) junto aos livros didáticos, que por muitas vezes devido à escassez de tais materiais torna-se necessário que o professor os produza.

Outra contribuição foi mostrar a necessidade de investir em trabalhos grupais com a preocupação de contribuir com o desenvolvimento de habilidades nos estudantes como a cooperação, a criatividade, e a criticidade.

Por fim, contribuiu com a elaboração e a disponibilização de um material didático específico sobre temas que evidenciam a constituição atômica da matéria. Bem como a organização em forma de roteiros para o uso de seminários elaborados e apresentados pelos estudantes.

Têm-se a perspectiva de reaplicar este projeto no próximo ano letivo em turmas da segunda série do Ensino Médio. A previsão é que as atividades sejam iniciadas no primeiro bimestre a fim de preparar os estudantes para a aprendizagem dos primeiros conceitos físicos desta série que dependem de uma visão microscópica da matéria como o conceito de

temperatura. Assim, será possível extrapolar os limites primeiros deste projeto verificando se há relação entre uma re-significação da hipótese atômica e o aprendizado de alguns conceitos físicos.

Isto porque considera-se que a compreensão e a aquisição do conhecimento acerca da constituição atômica da matéria são elementos fundamentais para que os estudantes do Ensino Médio alcancem uma aprendizagem significativa e crítica dos conceitos físicos que necessitam de explicações acerca desta constituição e, que o uso de seminários favorece o alcance deste objetivo.

Apesar de ser início do ano letivo, acredita-se que seja possível o estabelecimento de relações pessoais necessárias nas primeiras semanas com os estudantes como a confiança e a liberdade de acesso a fim que se obtenham apresentações dos seminários com melhor qualidade.

Ressalta-se que o momento temporal, metade do terceiro bimestre foi bastante inoportuno devido a fatores específicos da escola como a culminância do projeto “Encontro de Arte Ciência e Cultura” que ocorre anualmente envolvendo várias disciplinas que o utilizam como uma das atividades de avaliação do bimestre. Assim, os estudantes desviaram quase que totalmente a atenção às atividades deste projeto da escola deixando as demais para segundo plano, como no caso dos seminários.

Certos de que outros contratemplos acontecerão tentar-se-á minimizar ou excluir àqueles já previstos, possibilitando a obtenção de resultados diferentes e melhores em favor da hipótese desse trabalho.

Considera-se que algumas mudanças são necessárias a fim de que as atividades sejam reaplicadas e novos dados sejam coletados. Para tanto, sugere-se que:

1. O professor seja regente das turmas em que deseje aplicar as atividades a fim de minimizar os problemas decorrentes de falta de uma interação social sólida entre professor e estudantes, o que permite maior liberdade de acesso para que sejam sanadas dúvidas pertinentes.

2. Duas aulas sejam disponibilizadas no laboratório de informática para entrega do roteiro, definição dos grupos e discussão da preparação do seminário com o objetivo de:

- a. Possibilitar aos grupos a exploração do material disponibilizado no CD.
- b. Oportunizar o encontro do grupo, uma vez que foram muitas as reclamações de falta de tempo para que os estudantes se reunissem.
- c. Esclarecer a necessidade da leitura e discussão do material recebido, para, a partir daí, iniciar a preparação dos seminários.

Mediante o exposto finaliza-se esse trabalho com a reafirmação da importância de uma busca contínua por estratégias de ensino que se mostrem potencialmente capazes de promover um diálogo permanente e questionador entre estudantes e professores acerca dos conteúdos abordados, o que nesta dissertação se traduziu no uso de seminários.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: UNESP, 2006.

ÁLVARES, B. A. Livro didático, análise e seleção. In: M., Marco Antônio; AXT, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

ARAÚJO, J. C. S. Para uma análise das representações sobre as técnicas de ensino. In: Ilma Passos Alencastro Veiga. (Org.). **Técnicas de Ensino: por que não?** 4ª ed., Campinas, SP: Papyrus, p. 11-34, 1996.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas, SP: Papyrus, 1990.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1ª ed., Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BALCELLS, J. P.; MARTIN, J. L. F. **Os métodos do ensino universitário**. Lisboa: Livros Horizonte, 1985.

BARROS, M. A.; BAROLLI, E.; VILLANI, A. A evolução de um grupo de aprendizagem num curso de física de ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre: ABRAPEC, v. 1, n. 2, maio/ago, 2001.

BASSO, A. C. **O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial lakatosiano**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis – SC, Brasil: 2004.

BASSO, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.

\_\_\_\_\_. O átomo de Bohr em livros de física do ensino médio: um estudo exploratório. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15. 2003**. Curitiba. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba: CEFET-PR, p. 2199-2108, 2003.

BEN-DOV, Y. **Convite à física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

BIANCHI, J. C. de A.; ALBRECHT, C. H.; MAIA, D. J. **Universo da química: ensino médio**. Volume único. São Paulo: FTD, 2005.

BRASIL. Secretaria de Educação do Distrito Federal. **Orientações Curriculares: Educação Básica – Ensino Médio**. Em aberto, 2009. Disponível em: <http://www.se.df.gov.br/sites/400/402/00001709.pdf>. Acesso em 24/11/2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Catálogo do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) 2008**. Brasília: MEC, 2008. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-consultas>. Acesso em 25/01/2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Resolução nº 38: Institui o PNLEM**. Brasília: MEC, 2004. Disponível em <http://www.fnde.gov.br/index.php/pnld-legislacao>. Acesso em 25/01/2010.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Bases Legais**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 20/12/2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 20/12/2009.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didáticas aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10(3), p. 387-404, 2005.

CANIATO, R. **A terra em que vivemos**. Coleção ciência e entretenimento. Campinas, SP: Átomo, 2007.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2. 2005. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br:8080/ensaio/volumes.html>. Acesso em 30/01/2010.

CARRILHO SOBRINHO, F. J. **Análise de livros didáticos do nível médio quanto à potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de física ambiental**. Dissertação de Mestrado. Cuiabá: UFMT, 2009.

CAVALCANTE, M. A. O ensino de uma nova física e o exercício da cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 21, n. 4, 1999.

COIMBRA, S. G. **A formação de uma cultura científica no ensino médio: o papel do livro didático de física**. Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB, 2007.

EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

FERREIRA, L.; GUIMARÃES, Z. F. S.; GUIMARÃES, E. M.; FRANCO, L. S. O papel dos modelos na formação de licenciandos em ciências biológicas: uma investigação do tipo professor-pesquisador. **VI ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007. Disponível em [www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/](http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/). Acesso em 12/04/2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARCÍA, J. A. G.; TUNON, M. J. I. El ciclo reflexivo cooperativo: un modelo didáctico para la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n.2, 2004.

GASPAR, A. Física. Volume único. 1ª ed., São Paulo: Ática, 2005.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física. Volume único. 1ª ed., São Paulo: Scipione, 2005.

JULIO, J. M.; VAZ, A. M. Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

LOPES, A. O. Aula expositiva: superando o tradicional. In: Ilma Passos Alencastro Veiga. (Org.). **Técnicas de Ensino: por que não?** 4ª ed., Campinas, SP: Papirus, p. 35-47, 1996.

LUZ, A. M. R. da; LUZ, B. A. Á. da. **Física (ensino médio)**. Volumes 1, 2 e 3. 1ª ed., São Paulo: Scipione, 2005.

MALACHIAS, M. E. I. ; NAVAS, A. N.; NUNES, C. A.; SANTOS-GOUW, A. M.; FEJES, M. E. Elaboração em grupo de roteiros de simulações de química: uma aproximação à aprendizagem significativa colaborativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, p. 49-61, 2007.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa crítica**. Disponível em: [www.marcoantoniomoreira.com.br](http://www.marcoantoniomoreira.com.br). Acesso em 25/07/2010.

\_\_\_\_\_. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: UnB, 2006.

\_\_\_\_\_. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORTIMER, E. F. **A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário**. Em aberto, Brasília, ano 7, n. 40, out/dez. 1988.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. Volume único. São Paulo: Scipione, 2007.

MÜTZEMBERG, L. A.; VEIT, A. E.; SILVEIRA, F. Lang. Trabalhos trimestrais: uma proposta de pequenos projetos de pesquisa no ensino da física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.2 (2), p.11-22, 2007.

NÓBREGA, O. S.; SILVA, E. R. da.; SILVA, R. H. da. **Química**. Volume único. São Paulo: Ática, 2005.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5(1), p. 23-48, 2000.

PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 2, 2004.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. **Física – Ciência e tecnologia**. Volumes 1, 2 e 3. 1ª ed., São Paulo: Moderna, 2005.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R. A química orgânica nos livros do PNLEM/2008: Um olhar sobre a história da ciência e a experimentação. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Curitiba-PR, 2008.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. Volume 1. São Paulo: Moderna, 2003.

PINTO, A.C. e ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, 7-34, 1999.

SALINAS, S. R. Einstein e a teoria do movimento browniano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 263-269, 2005.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. **Universo da física**. Volumes 1, 2 e 3. 2ª ed., São Paulo: Atual, 2005.

SAMRSLA, V. E. E.; EICHELER, M. L.; PINO, J. C. Del. A elaboração conceitual em realidade escolar da noção de vazio no modelo corpuscular da matéria. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, p. 27-54, 2007.

SANTOS, W. L. P. dos.; MÓL, G. de S. **Química e sociedade**. Volume único. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SILVA, G. S. F. da; VILLANI, A. Grupos de aprendizagem nas aulas de física: As interações entre professor e alunos. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 1, p. 21-46, 2009.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. Correspondências estabelecidas e diferenças identificadas em atividades didáticas baseadas em analogias para o ensino de modelos atômicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 21-37, 2008.

SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.

STACHEL, J. **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

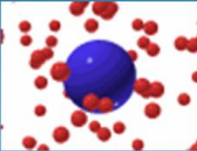
TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n.3, p. 209-214, 1992.

VEIGA, I. P. A. O seminário como técnica de ensino socializado. In: Ilma Passos Alencastro Veiga. (Org.). **Técnicas de Ensino: por que não?** 4ª ed., Campinas, SP: Papirus, p. 103-113, 1996.


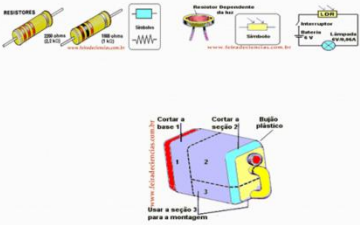
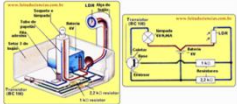

VIANA, H. E. B. **A construção da teoria atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de química**. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2007.

## ANEXOS

### ANEXO 1 - Slide do Seminário 2: *Movimento Browniano*.

<p>&gt; Alunos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Aysla nº06</li> <li>&gt; Emile nº11</li> <li>&gt; Juliana nº20</li> <li>&gt; Érica nº12</li> <li>&gt; Karyni nº21</li> <li>&gt; Gesley nº15</li> </ul>	<h3>Movimento browniano</h3> <p>Observação de Robert Brow;</p> 
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O movimento browniano;</li> <li>• Observação do movimento browniano;</li> <li>• Primeiro a observar o movimento browniano;</li> <li>• primeiro a perceber o padrão escondido no movimento aleatório.</li> </ul>	<h3>Aprofundamento histórico</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observações do <u>Jan Ingenhousz</u>;</li> <li>• A primeira pessoa a descrever a matemática por trás do movimento browniano;</li> <li>• Natureza atômica da matéria.</li> </ul>
<p>Joseph Desaul; Teoria de Einstein; Confirmação de Perrin; Metáfora intuitiva.</p>	<h3>Trajectoria caótica de uma partícula submetida a choques com moléculas de água.</h3> 
<h3>BIBLIOGRAFIA</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/browniano10.gif">http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/browniano10.gif</a></li> </ul>	

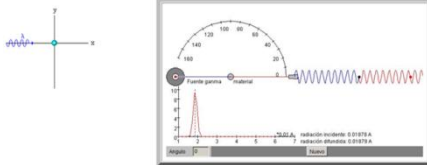
## ANEXO 2 - Slide do Seminário 3: Efeito fotoelétrico

<p>Alunos:</p> <table border="0"> <tr><td>Andressa</td><td>nº 4</td></tr> <tr><td>Fernando</td><td>nº 13</td></tr> <tr><td>João Carlos</td><td>nº 19</td></tr> <tr><td>Rafael Alexandre</td><td>nº 30</td></tr> <tr><td>Roselene Macedo</td><td>nº 32</td></tr> <tr><td>Vanessa</td><td>nº 37</td></tr> </table> <h3>O Efeito Fotoelétrico</h3>	Andressa	nº 4	Fernando	nº 13	João Carlos	nº 19	Rafael Alexandre	nº 30	Roselene Macedo	nº 32	Vanessa	nº 37	<ul style="list-style-type: none"> <li>O efeito consiste na emissão de elétrons provocada pela incidência de radiação eletromagnética, sobre um metal e, é facilmente observado nos metais.</li> <li>As primeiras observações foram realizadas pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) e a explicação correta foi dada por Einstein em 1905.</li> </ul> 
Andressa	nº 4												
Fernando	nº 13												
João Carlos	nº 19												
Rafael Alexandre	nº 30												
Roselene Macedo	nº 32												
Vanessa	nº 37												
<h3>O Conceito de Einstein</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>A explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico foi somente o começo de uma avalanche de descobertas as quais se tornaram a teoria quântica. Nessa teoria, luz não é somente uma partícula ou apenas uma onda; ela pode ser tanto uma coisa como a outra, dependendo de como ela é medida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>E foi descoberto mais tarde que mesmo os elétrons não são apenas partículas (dentro de um tubo de televisão), mas são também ondas (nos chips de computador e de celulares). Nos dias atuais, cem anos depois, essa contribuição de Einstein tem dado à sociedade uma vida cheia de conforto como, por exemplo, os já citados telefones celulares e computadores, cd-players, palmtops, localizadores GPS, nanodispositivos (spintrônica), nanosensores para exames médicos e quem sabe, em um futuro não tão distante, o computador quântico e o teletransporte de objetos.</li> </ul>												
<h3>Como quantizar a Luz ?</h3> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einstein acreditava que a luz não se comporta sempre como onda; sob certas condições, pode ser vista como sendo composta por pequenos pacotes, ou "quanta", o plural de quantum (do latim "indivisível"). O conceito de quantum é familiar; por exemplo, o quantum do sistema monetário brasileiro é o centavo. Com a luz ocorre o mesmo. Cada cor, cada frequência tem o seu quantum, que mais tarde ficou conhecido como fóton. Quando átomos absorvem ou emitem luz, o fazem absorvendo ou emitindo fótons.</li> </ul>	<h3>Imagens</h3> 												
 													





## EXEMPLOS



## PARA QUE SERVE O EFEITO COMPTON?

O **Efeito Compton** serve para demonstrar que a luz não pode ser explicada meramente como um fenômeno ondulatório, porque está sempre em movimento, e não dá para ser observada à olho nu nessa ondulação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://vsites.unb.br/iq/kleber/CursosVirtuais/qq/aula-5/aula-5.htm>

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/fotons/fotons.php>

<http://fisicasimples2.blogspot.com/2011/04/importancia-do-efeito-compton.html>

Windows 7  
FIM

**ANEXO 4 - Slide do Seminário 5: A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia**

<p><b>A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia.</b></p> <p>Quais as relações?</p> <p>Aline Marinho</p>	<p><b>Nanociência</b></p> <p>Definição:</p> <p>É o estudo e o conhecimento das técnicas e aplicações das nanotecnologias e está relacionada a diversas áreas do conhecimento humano.</p> <p>Aline Marinho</p>
<p><b>Nanotecnologia</b></p> <p>Definição:</p> <p>Ciência que procura manipular átomos e moléculas. Geralmente lida com estruturas com medidas entre 1 a 100 nanômetros.</p> <p>Aline Marinho</p>	<p><b>Origem da nanotecnologia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Japão.</li> <li>• 1959</li> <li>• Richard P. Feynman</li> <li>• 1974</li> <li>• Professor Taniguchi</li> <li>• 1980</li> <li>• Eric Drexler</li> </ul> <p>Aline Marinho</p>
<p>O que significa Nano? O que são nanopartículas?</p> <p>Aline Marinho</p>	<p><b>Escala métrica</b></p>  <p>Aline Marinho</p>
<p><b>ESCALA MÉTRICA</b></p>  <p><b>Árvore</b></p> <p>Aline Marinho</p>	<p><b>ESCALA MÉTRICA</b></p>  <p><b>Folha</b></p> <p>Aline Marinho</p>

<p>ESCALA MÉTRICA</p>  <p>Formiga</p> <p><small>Aline Marinho</small></p>	<p>ESCALA MÉTRICA</p>  <p>A espessura de um fio de cabelo</p> <p><small>Aline Marinho</small></p>
<p>ESCALA MÉTRICA</p> <p>Até aqui tudo isso pode ser visto com nossos olhos, sem ajuda de nenhum equipamento. Mas qualquer menor do que 200 micrometros só pode ser vista através das lentes de um microscópio.</p> <p><small>Aline Marinho</small></p>	<p>Nanômetro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É uma unidade de medida . Um nanômetro é 1 bilionésimo de um metro.</li> <li>• Um nanômetro é usado como medida de coisas que são muito pequenas. Átomos e moléculas, as menores parte de tudo ao nosso redor, são medidos em nanômetros.</li> </ul>  <p>DNA</p> <p><small>Aline Marinho</small></p>
<p><b>Aplicações da nanotecnologia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparelhos digitais</li> <li>• Materiais esportivos</li> <li>• Medicamentos</li> <li>• Cosméticos</li> <li>• Medicina</li> <li>• Biologia</li> <li>• Nanorobotica</li> </ul> <p><small>Aline Marinho</small></p>	<p><b>Aplicação da nanotecnologia na medicina</b></p> <p>Exemplo</p> <p><a href="http://www.youtube.com/watch?v=YW54puUHEMk&amp;feature=related">http://www.youtube.com/watch?v=YW54puUHEMk&amp;feature=related</a></p>  <p><small>Aline Marinho</small></p>

## Implicações

Não se sabe ao certo os riscos da nanotecnologia, mas o principal risco é o não controle do diâmetro das partículas, porque quanto menores são muito reativas, isso aumenta a toxicidade podendo causar danos no ser humano, inclusive no DNA, ocasionando mutações.

Aline Marinho

## Implicações

Ao meio ambiente, mudando a população microbiana de águas e de solos. Então o maior risco inicialmente é o uso indiscriminado dessas partículas, sem a preocupação da toxicidade do meio ambiente e do ser humano.

Aline Marinho

## Concluindo

Exemplo  
<http://www.youtube.com/watch?v=MX9f2azzghE&feature=related>



Aline Marinho


## Alunas:

- ❖ Aline Marinho
- ❖ Lucivânia Silva
- ❖ Marcela Feliciano
- ❖ Priscyla Menezes
- ❖ Jarlene Farias

2º MH

Aline Marinho

## APÊNDICE A: Pré-teste e Pós-teste

	<p><i>Do que as "coisas" são feitas?</i></p>	<p>Nome: _____</p> <p>nº: _____ Série/Turma: 2º _____</p>
---	--	---

**1ª Questão.** Leia o texto abaixo:

Vida é sinônimo de mudança. Talvez a maior diferença entre objetos animados e inanimados seja que os organismos vivos mudam e adaptam-se rapidamente aos seus ambientes.

Uma pedra, tão dura, sobrevive sofrendo desgaste muito lento ocasionado pelo vento e pela chuva. Já os seres humanos, muito mais frágeis, sobrevivem escapando do vento e da chuva.

Os seres humanos aprendem a prever quando o mau tempo virá e isso é uma vantagem de sobrevivência.

Pedras não são motivadas a aprender - elas não sofrem dor ou desfrutam de prazer como os seres humanos. (adaptado de Rubem Alves, Filosofia da Ciência).

Quanto à composição dos seres vivos e não-vivos é correto afirmar que:

- Animais e plantas, que são seres vivos, são compostos por átomos assim como objetos materiais (por exemplo, uma cadeira de madeira).
- A composição dos seres vivos em nada se assemelha à composição dos seres não-vivos.
- Os átomos que compõem os seres vivos morrem, enquanto que os que compõem os objetos materiais não morrem.
- Os seres vivos reagem à variadas situações porque seus átomos são vivos, enquanto que uma pedra não reage porque seus átomos não possuem vida.
- Os seres vivos são compostos por moléculas enquanto que os seres não-vivos são compostos por átomos.

**2ª Questão.** Quanto à composição dos seres vivos e não-vivos é correto afirmar que:

- O corpo do ser humano passa a ter átomos na sua constituição a partir do momento em que ele ingere medicamentos.
- Nós, seres humanos, estamos constantemente em contato com grandes quantidades de átomos e moléculas.
- Plantas marítimas são constituídas por átomos que possuem estruturas diferentes dos que constituem os seres humanos.
- Os átomos que constituem os seres humanos possuem estruturas mais complexas do que aqueles que constituem os objetos materiais.
- Os desgastes sofridos pelos seres humanos são devidos ao envelhecimento dos átomos que os compõem.

**3ª Questão.** Considerando a teoria atômica em que toda matéria é constituída por átomos, vários modelos foram construídos para representá-lo, desde o modelo de Dalton no século XIX até o modelo de Bohr no século XX. Assim, estudamos nas aulas de Química os modelos atômicos de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr. Com relação aos modelos atômicos e a existência dos átomos é correto afirmar que:

- a. ( ) A impossibilidade de ver um átomo demonstra que ele e seus modelos são elementos teóricos construídos para explicar alguns conteúdos científicos.
- b. ( ) A ideia da existência dos átomos é uma hipótese que foi criada para possibilitar as explicações das reações químicas que ocorrem na matéria.
- c. ( ) Sendo os átomos partículas inobserváveis a função dos modelos atômicos é representar o átomo para possibilitar as explicações das ligações químicas.
- d. ( ) Os modelos atômicos representam os átomos que constituem os seres vivos e não-vivos, possibilitando o entendimento da estrutura da matéria.
- e. ( ) As microscópicas dimensões do átomo impossibilitam a realização de testes para validar um modelo atômico definitivamente.

**4ª Questão.** No modelo atômico de Rutherford, conhecido como modelo planetário, os elétrons movem-se em órbitas circulares ao redor do núcleo. No entanto, este suposto movimento dos elétrons, traz um problema: o átomo se autodestruiria em questão de instantes de existência, pois, de acordo com a Física Clássica, se os elétrons se movem em órbitas circulares ao redor do núcleo, eles deveriam perder energia e cair no núcleo. Niels Bohr ao perceber que a Física Clássica estava impossibilitada de explicar os processos atômicos, manteve o movimento circular dos elétrons e, aplicou o conceito de quantização de energia da Física Quântica ao seu modelo, do qual destacamos duas características a respeito dos elétrons:

- Eles permanecem com a mesma energia enquanto estiverem numa mesma órbita.
- E, após serem excitados pelo recebimento de energia, tendem a voltar à sua órbita fundamental emitindo energia na forma de luz.

Esta segunda característica explica, por exemplo, o festival de cores dos fogos de artifício. Assim, com base no modelo atômico de Bohr é possível afirmar que:

- a. ( ) O elétron perde energia ao passar de uma órbita mais interna para uma mais externa.
- b. ( ) O valor da energia do elétron em cada órbita é maior quanto mais próxima a órbita se encontra do núcleo.
- c. ( ) A energia emitida pelo elétron na forma de luz é criada a partir de processos internos no núcleo atômico.
- d. ( ) O elétron apresenta determinados valores de energia que são definidos pela órbita em que ele se encontra.
- e. ( ) A mudança de órbita envolve troca de energia entre o elétron e as demais partículas subatômicas: os prótons e os nêutrons.

**5ª Questão.** Quando enchamos balões de festa de aniversário estamos colocando nele ar dos nossos pulmões, tarefa que costuma ser muito cansativa.....ufa!!! Para facilitar a vida podemos usar umas bombinhas do tipo que enche pneu de bicicleta ou enchê-los com gás Hélio ( $\text{He}_2$ ), que por ser menos denso que o ar, permite que os balões subam na atmosfera. Bem, independente da

forma que utilizamos para enchê-los, dentro deles teremos alguma mistura gasosa. Acerca desta situação é correto afirmar que:

- a. ( ) Ao encher o balão com o ar dos nossos pulmões estamos introduzindo neles uma mistura gasosa que é formada por átomos.
- b. ( ) O gás Hélio é menos denso do que o ar porque é composto por partículas muito leves denominadas de elétrons.
- c. ( ) O balão cheio com o ar dos nossos pulmões não sobe na atmosfera porque esta mistura gasosa é composta por átomos com carga elétrica positiva.
- d. ( ) O material do qual é feito os balões é composto por átomos sólidos, enquanto que o gás Hélio é composto por átomos gasosos.
- e. ( ) O ar que sai dos nossos pulmões é formado por átomos vivos, diferentemente dos átomos do gás Hélio que não possuem vida.

**6ª Questão.** Por volta de 400 a.C. os filósofos gregos questionavam sobre do que o mundo é feito. Nesta época diversas explicações surgiram, mas não se tornaram teorias científicas. No século XIX, surge com Dalton a primeira explicação atomista que pôde ser considerada uma teoria que buscava explicar a composição da matéria. Até aqui, século XXI, outras teorias e modelos atômicos surgiram e, atualmente consideramos que o átomo é:

- a. ( ) indivisível e representa a menor porção de matéria que o homem consegue alcançar fazendo inúmeras e sucessivas divisões.
- b. ( ) indivisível e composto por partículas ainda menores denominadas de prótons e elétrons.
- c. ( ) indivisível e composto por partículas atômicas como íons, moléculas, células, prótons e elétrons.
- d. ( ) divisível e composto por partículas subatômicas que são os prótons e os nêutrons, formados por quarks, e os elétrons.
- e. ( ) divisível e composto por partículas atômicas que são os íons positivos e negativos, os prótons, os nêutrons e os elétrons.

**APÊNDICE B: Roteiro-guia para seminários - Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O Experimento de Rutherford.**



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### **ROTEIRO-GUIA PARA SEMINÁRIOS**

Olá! Aqui vocês encontrarão orientações para a elaboração do seminário cujo tema será descrito posteriormente.

O texto introdutório que será apresentado servirá para que vocês tenham uma noção sobre o tema. Assim, será possível iniciar as pesquisas e elaborar o seminário com base nas referências bibliográficas indicadas para consulta no fim deste roteiro.

Estas referências bibliográficas não devem ser as únicas fontes de pesquisa. Elas são apenas algumas indicações. Vocês devem buscar outras fontes que possam enriquecer a apresentação!

A organização do grupo tanto na elaboração quanto na apresentação fazem toda a diferença tornando o trabalho bastante interessante. Então.... *mão na massa!*

*Obs.: A internet é um bom lugar para fazermos pesquisas. Mas, cuidado! É necessário filtrar as informações encontradas fazendo uma leitura crítica do material antes de acreditar no que nele está escrito. Então, ao pesquisar num site de busca, prefira os resultados de instituições conhecidas (universidades, escolas, centros de pesquisa científica, etc.).*

#### **CARACTERÍSTICAS GERAIS:**

<b>Quantidade de componentes</b>	Máximo de 6 (seis) estudantes. Todos deverão participar na elaboração do seminário e estarem presentes na apresentação. Porém, apenas 4 (quatro), escolhidos pelo grupo, farão a apresentação.  <i>Atenção: qualquer um dos componentes será questionado sobre o conteúdo.</i>
<b>Tempo para apresentação</b>	Até 30 minutos.
<b>Valor</b>	2,0 (dois) pontos, sendo 50% individual, 50% coletiva.
<b>Itens avaliados</b>	Domínio do conteúdo, pontualidade, criatividade, organização e coesão do grupo.
<b>Forma de apresentação</b>	Ela deve ser feita com slides utilizando o projetor multimídia ( <i>Data Show</i> ).  <i>Importante: Colocar a bibliografia consultada e enviar o arquivo cinco dias antes para o e-mail: <a href="mailto:ligia7760@yahoo.com.br">ligia7760@yahoo.com.br</a>.</i>



**TEMA:** Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O experimento de Rutherford

**OBJETIVO:** Apresentar o *Experimento de Rutherford* respondendo as questões:

1. Por que Rutherford realizou este experimento?
2. Que partícula subatômica Rutherford descobriu com este experimento? Como?
3. Como este experimento contribuiu para a elaboração do modelo atômico de Rutherford?
4. Como este experimento contribuiu para a compreensão da estrutura atômica da matéria?
5. Este experimento contribuiu para a reafirmação do átomo como constituinte da matéria? Como? Por quê?

### **MATERIAL DISPONIBILIZADO EM CD PARA O SEMINÁRIO**

- Vídeo: Experimento de Rutherford (UNESP).
- Vídeo: Experimento de Rutherford (Editora Moderna).
- \*Vídeo: Duelo de Titãs, (Clash of Titans), parte 2 (a partir de 1min15). Sobre o Experimento de Rutherford.
- \*Vídeo: Duelo de Titãs, (Clash of Titans), parte 3 (até 3min30). Sobre o modelo atômico de Rutherford.
- \*Vídeo: A chave para o Cosmos, parte 1. Sobre a radioatividade e o interesse de Rutherford em estudá-la.
- \*Vídeo: A chave para o Cosmos, parte 2. Sobre a descoberta do próton e a previsão do nêutron.
- Software simulador do PHET (Physics Education Technology): rutherford-scattering\_pt\_BR.

*\*Fazendo o cadastro neste site é possível assisti-los na íntegra e dublado:  
[http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=1068](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=1068).*

*Sugestão: Estudem o material acima na ordem em que eles estão listados.*

### **TEXTO INTRODUTÓRIO AO TEMA**

*Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O experimento de Rutherford*

Os raios X haviam sido descobertos em 1895 por Röntgen que por não conhecer a natureza destes raios, os chamou de raios X. Em 1896, Pierre Curie, Marie Curie e Bequerel descobrem a radioatividade do urânio. A radioatividade estava no auge e toda a comunidade científica estava sedenta para estudá-la a procura de grandes descobertas.

Assim, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) e sua equipe, curiosos por determinar a natureza e as propriedades das partículas alfa emitidas por alguns átomos naturalmente radioativos, elaboraram uma série de experimentos que levaram a descobertas incríveis sobre a constituição atômica da matéria.

Um dos seus experimentos tornou-se célebre: O Espalhamento de Partículas Alfa por Finas Placas Metálicas. Isto porque este experimento possibilitou a Rutherford fazer importantes descobertas sobre a estrutura do átomo, propondo um modelo atômico em que o átomo é formado por uma pequena região central positiva e densa que chamou de *núcleo*, cerca de 10.000 vezes menor que o tamanho do átomo, que concentra praticamente toda a massa do átomo, sendo composto por partículas de carga elétrica positiva (prótons) e partículas neutras (carga elétrica nula: nêutrons).

Em outro experimento Rutherford descobre o próton, cujo nome aparece pela primeira vez em um dos seus trabalhos publicado em 1919 onde ele descreve seus resultados sobre a primeira desintegração artificial. Neste experimento ele lançou partículas alfa sobre o elemento químico nitrogênio obtendo como resultado desta interação a produção de núcleos de hidrogênio e oxigênio. Rutherford seria então um alquimista! Pois acabava de transmutar um elemento químico em outro.

O nêutron foi previsto por Rutherford como uma partícula sem carga elétrica, localizada no núcleo e, com massa de valor próxima a do próton. Mas, só foi descoberta vinte e um anos depois por James Chadwick (1891-1974), fato que contribuiu para a confirmação da validade do modelo atômico de Rutherford.

Na época pensava-se que estes constituintes do núcleo eram partículas elementares, ou seja, que não eram compostas por outras partículas. Porém, posteriormente foi descoberto que os prótons e os nêutrons são formados pelas partículas elementares denominadas de quarks.

## **INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

SANTOS, W. L. P. dos.; MÓL, G. de S. Química e sociedade. Volume único. São Paulo: Nova Geração, 2005.

<http://www.e-quimica.iq.unesp.br>.

[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm)

<http://efisica.if.usp.br/moderna/radioatividade/tipos/>

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Espalhamento\\_de\\_Rutherford](http://pt.wikipedia.org/wiki/Espalhamento_de_Rutherford)

<http://enciclopediavirtual.vilabol.uol.com.br/quimica/atomistica/explicacaoexperiencia.htm>

<http://www.hsw.uol.com.br/>

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

<http://www.if.ufrgs.br>.

**APÊNDICE C: Roteiro-guia para seminários - *Movimento Browniano: da observação à explicação.***



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### **ROTEIRO-GUIA PARA SEMINÁRIOS**

Olá! Aqui vocês encontrarão orientações para a elaboração do seminário cujo tema será descrito posteriormente.

O texto introdutório que será apresentado servirá para que vocês tenham uma noção sobre o tema. Assim, será possível iniciar as pesquisas e elaborar o seminário com base nas referências bibliográficas indicadas para consulta no fim deste roteiro.

Estas referências bibliográficas não devem ser as únicas fontes de pesquisa. Elas são apenas algumas indicações. Vocês devem buscar outras fontes que possam enriquecer a apresentação!

A organização do grupo tanto na elaboração quanto na apresentação fazem toda a diferença tornando o trabalho bastante interessante. Então.... *mão na massa!*

*Obs.: A internet é um bom lugar para fazermos pesquisas. Mas, cuidado! É necessário filtrar as informações encontradas fazendo uma leitura crítica do material antes de acreditar no que nele está escrito. Então, ao pesquisar num site de busca, prefira os resultados de instituições conhecidas (universidades, escolas, centros de pesquisa científica, etc.).*

#### **CARACTERÍSTICAS GERAIS:**

<b>Quantidade de componentes</b>	Máximo de 6 (seis) estudantes. Todos deverão participar na elaboração do seminário e estarem presentes na apresentação. Porém, apenas 4 (quatro), escolhidos pelo grupo, farão a apresentação.  <i>Atenção: qualquer um dos componentes será questionado sobre o conteúdo.</i>
<b>Tempo para apresentação</b>	Até 30 minutos.
<b>Valor</b>	2,0 (dois) pontos, sendo 50% individual, 50% coletiva.
<b>Itens avaliados</b>	Domínio do conteúdo, pontualidade, criatividade, organização e coesão do grupo.
<b>Forma de apresentação</b>	Ela deve ser feita com slides utilizando o projetor multimídia ( <i>Data Show</i> ).  <i>Importante: Colocar a bibliografia consultada e enviar o arquivo cinco dias antes para o e-mail: <a href="mailto:ligia7760@yahoo.com.br">ligia7760@yahoo.com.br</a>.</i>

**TEMA:** Movimento Browniano: da observação à explicação

**OBJETIVO:** Apresentar o Movimento Browniano a fim de tornar clara a compreensão de que a matéria é constituída por átomos, bem como mostrar a relação entre temperatura e agitação molecular, respondendo as questões:

1. Como o Movimento Browniano contribuiu com a confirmação da validade hipótese atômica da constituição da matéria?
2. Qual a influência da temperatura na velocidade das partículas em suspensão num líquido?

### **MATERIAL DISPONIBILIZADO EM CD PARA O SEMINÁRIO**

- \*Vídeo: Clash of Titans (Duelo de Titãs), parte 1 e parte 2 (até 2min).
- Vídeo: Einstein e a natureza das coisas, parte 1.
- Software simulador (brownian\_applet).

*\*Fazendo o cadastro neste site é possível assisti-los na íntegra e dublado:  
[http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=1068](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=1068).*

*Sugestão: Estudem o material acima na ordem em que eles estão listados.*

### **TEXTO INTRODUTÓRIO AO TEMA**

#### *O Movimento Browniano*

Até o início do século XX pela falta de evidências experimentais da realidade dos átomos, era comum considerar o atomismo apenas uma hipótese de trabalho ou uma ferramenta didática. Inclusive, muitos cientistas da época não acreditavam na hipótese atômica.

Hoje a hipótese atômica é um fato. Resumidamente, ela afirma que toda a matéria que conhecemos, animada ou inanimada, é constituída por “blocos” básicos chamados de átomos. Esta é uma definição bastante simplificada para o átomo que é muito complexo. Mas, nossa intenção aqui é esclarecer apenas que a matéria não pode ser infinitamente dividida.

Em 1827, o botânico escocês Robert Brown observou através de um microscópio pequenos grãos de pólen de plantas flutuando na água num movimento incessante e aleatório deslocando-se de um lado para o outro. Este movimento recebeu, posteriormente, o nome de

movimento browniano, que é uma das maiores evidências experimentais da existência dos átomos e moléculas.

Brown e outros observadores da época achavam que os polens por serem de matéria orgânica eram dotados de vontade própria e moviam-se como outros seres vivos. Porém, ele observou este mesmo movimento com partículas inorgânicas, fazendo com que ele descartasse esta explicação vital.

Várias explicações inadequadas ou incompletas surgiram ao longo de décadas até que, em 1905, Albert Einstein chegou a uma explicação completa. Basicamente, sua explicação era a seguinte: uma partícula em suspensão no líquido recebe simultaneamente os impactos de um número muito grande de moléculas do líquido, as quais estão em movimento constante e caótico. Este movimento seria uma consequência direta do movimento caótico das moléculas do líquido, que embora não pudessem ser vistas, era possível observar os seus efeitos empurrando as partículas em suspensão, por exemplo, os polens.

Einstein forneceu a explicação teórica e a confirmação experimental veio em 1908 com Jean Perrin e colaboradores. Eles testaram a fórmula do deslocamento quadrático médio de Einstein e obtiveram valores para o tamanho das moléculas do líquido e para o coeficiente de difusão das partículas suspensas, além do número de Avogadro com uma excelente precisão. Estas medidas estavam em pleno acordo com os valores previstos pela fórmula de Einstein.

Somente após estes acontecimentos, a publicação de Einstein e a confirmação experimental por Perrin, é que o atomismo foi aceito pela grande maioria da comunidade científica.

Discutimos aqui o movimento browniano aplicado a um sistema físico como os polens em suspensão na água. No entanto, este movimento aleatório é também aplicado em outras áreas do conhecimento, como a medicina, a biologia, a economia e as ciências políticas.

Assim as observações de Brown que pareciam ser tão simples e sem aplicação tornou-se muito importante em diversas áreas do conhecimento.

## **INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

\*LUZ, A. M. R. da; LUZ, B. A. Á. da. Física (Ensino Médio). Volumes 1, 2 e 3. 1ª ed., São Paulo: Scipione, 2005.  
<http://www.seara.ufc.br/> (sessões especiais)

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

[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm)

<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/browniano.html>

*\* Vejam o texto “A Evolução do modelo molecular da matéria”, página 90. Observem principalmente a relação entre o modelo de movimento (cinético) de um gás e o movimento browniano, e a importância do movimento browniano como uma importante evidência da existência do átomo. Leiam também a seção 11.5 “Modelo molecular de um gás”, página 85.*

**APÊNDICE D: Roteiro-guia para seminários – Efeito fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?**



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### **ROTEIRO-GUIA PARA SEMINÁRIOS**

Olá! Aqui vocês encontrarão orientações para a elaboração do seminário cujo tema será descrito posteriormente.

O texto introdutório que será apresentado servirá para que vocês tenham uma noção sobre o tema. Assim, será possível iniciar as pesquisas e elaborar o seminário com base nas referências bibliográficas indicadas para consulta no fim deste roteiro.

Estas referências bibliográficas não devem ser as únicas fontes de pesquisa. Elas são apenas algumas indicações. Vocês devem buscar outras fontes que possam enriquecer a apresentação!

A organização do grupo tanto na elaboração quanto na apresentação fazem toda a diferença tornando o trabalho bastante interessante. Então... *mão na massa!*

*Obs.: A internet é um bom lugar para fazermos pesquisas. Mas, cuidado! É necessário filtrar as informações encontradas fazendo uma leitura crítica do material antes de acreditar no que nele está escrito. Então, ao pesquisar num site de busca, prefira os resultados de instituições conhecidas (universidades, escolas, centros de pesquisa científica, etc.).*

#### **CARACTERÍSTICAS GERAIS:**

<b>Quantidade de componentes</b>	Máximo de 6 (seis) estudantes. Todos deverão participar na elaboração do seminário e estarem presentes na apresentação. Porém, apenas 4 (quatro), escolhidos pelo grupo, farão a apresentação.  <i>Atenção: qualquer um dos componentes será questionado sobre o conteúdo.</i>
<b>Tempo para apresentação</b>	Até 30 minutos.
<b>Valor</b>	2,0 (dois) pontos, sendo 50% individual, 50% coletiva.
<b>Itens avaliados</b>	Domínio do conteúdo, pontualidade, criatividade, organização e coesão do grupo.
<b>Forma de apresentação</b>	Ela deve ser feita com slides utilizando o projetor multimídia ( <i>Data Show</i> ).  <i>Importante: Colocar a bibliografia consultada e enviar o arquivo cinco dias antes para o e-mail: <a href="mailto:ligia7760@yahoo.com.br">ligia7760@yahoo.com.br</a>.</i>

**TEMA:** Efeito Fotoelétrico: o que é e onde é aplicado?

**OBJETIVOS:**

1. Explicar o efeito fotoelétrico desde a sua observação, enfatizando o conceito de quantização da luz.
2. Apresentar:
  - a. As aplicações práticas deste efeito.
  - b. A contribuição deste efeito para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a confirmação da hipótese atômica da constituição atômica da matéria.
  - c. O circuito da “Vela mágica” que deverá ser previamente montado conforme explicações no arquivo Vela mágica\_LDR disponível no CD.

**MATERIAL DISPONIBILIZADO EM CD PARA O SEMINÁRIO**

- Software simulador do PHET (Physics Education Technology): photoelectric\_pt\_BR
- Arquivo para montagem do circuito elétrico “Vela mágica” que utiliza um fotosensor (LDR – Light Dependent Resistor). Disponível em: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_25.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_25.asp) (acesso em 23/07/2011).

**TEXTO INTRODUTÓRIO AO TEMA**

*O efeito Fotoelétrico*

O *efeito fotoelétrico* consiste na emissão de elétrons provocada pela incidência de radiação eletromagnética (luz) sobre um material e, é mais facilmente observado nos metais.

As primeiras observações foram realizadas pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) em 1887 e, a explicação correta foi dada em 1905 por Albert Einstein (1879-1955), que revolucionou a compreensão da natureza da luz ao propor que ela possui um caráter corpuscular quando interage com a matéria. Desta explicação surgiu o conceito de *fóton* o qual seria a partícula constituinte da luz.

A partir daí, a luz passou a ser encarada com um caráter dual, ora comporta-se como onda, ora como partícula, como se tivesse uma “dupla personalidade”!

O efeito fotoelétrico é mais uma evidência da constituição atômica da matéria uma vez que estamos tratando de uma partícula atômica, o elétron, que apesar de não podermos vê-lo, ele é arrancado de um material pela incidência de luz.

As aplicações deste efeito são muitas e estão mais próximas do nosso cotidiano do que imaginamos. Portas que abrem automaticamente, iluminação pública que acendem e apagam “sozinhas”, controles remotos, circuitos de segurança, calculadora solar, aquecedor solar, e por aí



vai. Como viveríamos sem elas atualmente? Fica então a pergunta: E se este efeito não tivesse sido descoberto e explicado, como seria a vida moderna? E o desenvolvimento tecnológico?

Leiam a seguir um trecho de uma reportagem recente sobre um projeto de transporte na China que utiliza o efeito fotoelétrico como forma alternativa de geração de energia.

**Pressa? Passa por baixo**  
**Da China, uma proposta revolucionária para o transporte coletivo**

Ônibus, metrô ou aerotrem? Em se tratando do futuro do transporte coletivo, há seguidores para cada uma dessas linhas. Pois a chinesa Shenzhen Huashi criou um sincretismo, o "ônibus rápido tridimensional". Ele tem vagões e estações, mas não é metrô. E ainda passa por cima do trânsito. É ver para crer.



Segundo a engenheira Karen Li, da Shenzhen Huashi, o "ônibus" só precisa de uma ampliação na faixa de rodagem de 60 cm e a construção das estações, o que representaria apenas 10% do custo de construção por quilômetro de um metrô. Isso para ocupar duas faixas de rolagem em uma rua comum. O ônibus tem 2,2 metros de vão livre e 4,5 metros de bitola (com largura total de 6 metros), para permitir que dois carros rodem abaixo dele

Como é todo movido a eletricidade, também é mais barato de manter que um ônibus comum. "Ele pode custar até 30% menos", afirma Li. Outra vantagem do novo veículo é a rapidez na implantação da infraestrutura. "Construir 40 km de metrô pode levar até seis anos, com a obstrução de diversas vias. Para o 'ônibus tridimensional' rodar nos mesmos 40 km, o tempo gasto é de um ano", diz. Diferentemente dos metrôs, não há um trilho eletrificado do qual o veículo dependa para se deslocar. O "reabastecimento" é feito quando ele para na estação.

A energia pode vir da rede elétrica ou das próprias estações, que terão tetos repletos de células fotoelétricas para gerar energia por meio da luz solar. Longe de ser uma ideia sem aplicação prática, o "ônibus rápido tridimensional" começa a operar, como protótipo, em um trecho de 9 km dentro dos seis anéis viários de Beijing. Um ano depois, a área de testes será ampliada para 120 km. Com o término dos testes, será construída uma via de operação normal para o veículo, a princípio com 60 km de extensão.

Fonte: Revista Quatro Rodas, outubro de 2010.

## **INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.php>  
<http://www.hsw.uol.com.br/>  
[http://www.feiradeciencias.com.br/sala23/23\\_MA01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala23/23_MA01.asp)  
[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm)  
<http://pt.wikipedia.org>

## APÊNDICE E: Roteiro-guia para seminários – *Efeito Compton: o que é e para que serve?*



### *Do que as “coisas” são feitas?*

#### ROTEIRO-GUIA PARA SEMINÁRIOS

Olá! Aqui vocês encontrarão orientações para a elaboração do seminário cujo tema será descrito posteriormente.

O texto introdutório que será apresentado servirá para que vocês tenham uma noção sobre o tema. Assim, será possível iniciar as pesquisas e elaborar o seminário com base nas referências bibliográficas indicadas para consulta no fim deste roteiro.

Estas referências bibliográficas não devem ser as únicas fontes de pesquisa. Elas são apenas algumas indicações. Vocês devem buscar outras fontes que possam enriquecer a apresentação!

A organização do grupo tanto na elaboração quanto na apresentação fazem toda a diferença tornando o trabalho bastante interessante. Então.... *mão na massa!*

*Obs.: A internet é um bom lugar para fazermos pesquisas. Mas, cuidado! É necessário filtrar as informações encontradas fazendo uma leitura crítica do material antes de acreditar no que nele está escrito. Então, ao pesquisar num site de busca, prefira os resultados de instituições conhecidas (universidades, escolas, centros de pesquisa científica, etc.).*

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS:

<b>Quantidade de componentes</b>	Máximo de 6 (seis) estudantes. Todos deverão participar na elaboração do seminário e estarem presentes na apresentação. Porém, apenas 4 (quatro), escolhidos pelo grupo, farão a apresentação.  <i>Atenção: qualquer um dos componentes será questionado sobre o conteúdo.</i>
<b>Tempo para apresentação</b>	Até 30 minutos.
<b>Valor</b>	2,0 (dois) pontos, sendo 50% individual, 50% coletiva.
<b>Itens avaliados</b>	Domínio do conteúdo, pontualidade, criatividade, organização e coesão do grupo.
<b>Forma de apresentação</b>	Ela deve ser feita com slides utilizando o projetor multimídia ( <i>Data Show</i> ).  <i>Importante: Colocar a bibliografia consultada e enviar o arquivo cinco dias antes para o e-mail: <a href="mailto:ligia7760@yahoo.com.br">ligia7760@yahoo.com.br</a>.</i>

**TEMA:** *Efeito Compton: o que é e para que serve?*

**OBJETIVO:** Apresentar o Efeito Compton da observação à explicação, enfatizando as aplicações, a sua contribuição para o desenvolvimento de novas tecnologias, para a confirmação da hipótese atômica da constituição da matéria e, para a confirmação da existência do fóton e, conseqüentemente para o caráter granular da luz.

### **MATERIAL DISPONIBILIZADO EM CD PARA O SEMINÁRIO**

- Software simulador (Compton applet).
- Animação (efeito Compton\_animação.gif).

### **TEXTO INTRODUTÓRIO AO TEMA**

#### *O efeito Compton*

O fenômeno conhecido como *Efeito Compton* ou *Espalhamento Compton*, foi descoberto em 1923 por Arthur H. Compton e, consiste num espalhamento de raios X após atravessarem a matéria.

Compton observou que embora o feixe incidente fosse de uma única frequência, os raios X espalhados tinham picos de intensidade em duas frequências diferentes. Sendo um pico com a mesma frequência do raio incidente e o outro com uma frequência menor.

De acordo com o modelo ondulatório da luz era esperado que os elétrons do material entrassem em ressonância com a frequência dos raios X incidente. Dessa forma, os raios X após atravessarem o material seriam espalhados com a mesma frequência (energia) de incidência. Então, o pico com frequência (energia) menor que foi observado era estranho e precisava de uma explicação que não pôde ser fornecida pelo modelo ondulatório da luz.

Em busca de uma explicação, Compton seguiu os passos de Einstein na explicação do efeito fotoelétrico e, aplicou o modelo de quantização da luz, imaginando o feixe incidente de raios X como uma corrente de fótons. Assim, este efeito só pôde ser explicado pelo modelo corpuscular da luz.

O efeito Compton contribuiu para a confirmação da existência do fóton de Einstein reafirmando o caráter granular da luz ao interagir com a matéria. Assim como contribuiu com a confirmação da hipótese atômica.

Ele é aplicado principalmente no desenvolvimento de tecnologias na área médica, como no caso da tomografia computadorizada.

## **INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

PEREIRA, E. P. M.; SILVA, A. A.; GOMES, M. C. F.; SILVA, T. S.; SILVA, G. A.; HESPANHOL, W. T.; FULLY, F. L. O uso do efeito Compton nos diagnósticos por imagem. In: Atas do XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2009. Disponível em [http://www.unig.br/facet/engenharia\\_producao/artigo\\_campus5.pdf](http://www.unig.br/facet/engenharia_producao/artigo_campus5.pdf). Acesso em 10/08/2011.

<http://www.hsw.uol.com.br/>

<http://www.seara.ufc.br/>

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.php>

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

<http://pt.wikipedia.org>

**APÊNDICE F: Roteiro-guia para seminários – A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?**



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### **ROTEIRO-GUIA PARA SEMINÁRIOS**

Olá! Aqui vocês encontrarão orientações para a elaboração do seminário cujo tema será descrito posteriormente.

O texto introdutório que será apresentado servirá para que vocês tenham uma noção sobre o tema. Assim, será possível iniciar as pesquisas e elaborar o seminário com base nas referências bibliográficas indicadas para consulta no fim deste roteiro.

Estas referências bibliográficas não devem ser as únicas fontes de pesquisa. Elas são apenas algumas indicações. Vocês devem buscar outras fontes que possam enriquecer a apresentação!

A organização do grupo tanto na elaboração quanto na apresentação fazem toda a diferença tornando o trabalho bastante interessante. Então....*mão na massa!*

*Obs.: A internet é um bom lugar para fazermos pesquisas. Mas, cuidado! É necessário filtrar as informações encontradas fazendo uma leitura crítica do material antes de acreditar no que nele está escrito. Então, ao pesquisar num site de busca, prefira os resultados de instituições conhecidas (universidades, escolas, centros de pesquisa científica, etc.).*

#### **CARACTERÍSTICAS GERAIS:**

<b>Quantidade de componentes</b>	Máximo de 6 (seis) estudantes. Todos deverão participar na elaboração do seminário e estarem presentes na apresentação. Porém, apenas 4 (quatro), escolhidos pelo grupo, farão a apresentação.  <i>Atenção: qualquer um dos componentes será questionado sobre o conteúdo.</i>
<b>Tempo para apresentação</b>	Até 30 minutos.
<b>Valor</b>	2,0 (dois) pontos, sendo 50% individual, 50% coletiva.
<b>Itens avaliados</b>	Domínio do conteúdo, pontualidade, criatividade, organização e coesão do grupo.
<b>Forma de apresentação</b>	Ela deve ser feita com slides utilizando o projetor multimídia ( <i>Data Show</i> ).  <i>Importante: Colocar a bibliografia consultada e enviar o arquivo cinco dias antes para o e-mail: ligia7760@yahoo.com.br.</i>

**TEMA:** A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?

**OBJETIVOS:**

1. Apresentar a nanociência e a nanotecnologia englobando suas definições, aplicações e implicações para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a confirmação da hipótese atômica.
2. Ressaltar exemplos de descobertas científicas que corroboram a hipótese atômica.

**MATERIAL DISPONIBILIZADO EM CD PARA O SEMINÁRIO**

- Vídeo: Nanotecnobiologia\_INCT. Trata de alguns conceitos de nanotecnologia aplicados à biologia.
- Vídeo: Os curiosos – Do micro ao macro. Compara as dimensões microscópicas e macroscópicas.
- Vídeo: Os curiosos – Nanotecnologia. Explica a nanotecnologia e apresenta algumas aplicações.
- \*Vídeo: A chave para o Cosmos, parte 1 (até 3min20). Sobre a constituição atômica do universo.

*\*Fazendo o cadastro neste site é possível assisti-los na íntegra e dublado:  
[http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com\\_zoo&view=item&item\\_id=1068](http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=1068).*

**TEXTO INTRODUTÓRIO AO TEMA**

*A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: quais as relações?*

Para observar e medir coisas na escala nanométrica são utilizados microscópios eletrônicos como o de varredura por tunelamento eletrônico (STM - Scanning Tunneling Microscope) e o de força atômica (AFM – Atomic Force Microscope).

Estes microscópios permitem manipular átomos individualmente possibilitando a construção de novos materiais em dimensões nanométricas, ou seja, de bilionésimos de metro. Trata-se de estruturas com tamanhos muito pequenos.

A nanociência e a nanotecnologia são áreas em pleno desenvolvimento que trabalha nesta diminuta dimensão. Suas aplicações atuais são diversas e as promessas futuras são muito promissoras.

Vejam a seguir dois trechos de reportagens com casos de aplicação da nanotecnologia na medicina. Estas e outras aplicações já foram vistas como ficção científica, hoje são realidade.

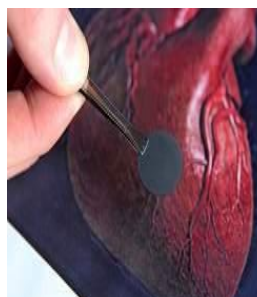
---

---

## Nanotecnologia recupera parte do coração danificada por infarto

### Nanocurativo

Há pouco mais de um mês, cientistas anunciaram o desenvolvimento em laboratório de um curativo para o coração, capaz de ajudar na cicatrização de danos causados por infartos do miocárdio. Agora, uma outra equipe, da Universidade de Brown, nos Estados Unidos, apresentou um enfoque diferente.



O nanocurativo é formado por nanofibras de carbono tecidas com um polímero. Os testes mostraram uma eficiência seis vezes maior graças à flexibilidade e à capacidade elétrica das nanofibras.

[Imagem: Frank Mullin/Brown University]

Eles usaram a nanotecnologia para criar um nanocurativo capaz de induzir a cicatrização não apenas das células danificadas pelo infarto, mas também dos neurônios cardíacos.

### Curando o coração e os primeiros passos

Quando você sofre um ataque cardíaco, uma parte do seu coração morre. As células nervosas da parede do coração, e uma classe especial de células que se expandem e contraem espontaneamente - mantendo o coração batendo em sincronia perfeita - são perdidas para sempre.

Em busca de uma solução para esse problema, até agora irremediável, os cientistas se voltaram para a nanotecnologia.

Eles construíram uma estrutura de suporte formada por nanofibras de carbono e um polímero biocompatível já aprovado pelas autoridades de saúde para uso no corpo humano.

Os testes mostraram que esse nanocurativo sintético induziu a regeneração das células naturais do tecido do coração - chamadas cardiomiócitos - assim como dos neurônios cardíacos.

Em suma, os testes mostraram que uma região morta do coração pode ser trazida de volta à vida.

A pesquisa encontra-se nos primeiros passos, e ainda distante de um teste real em animais vivos. Primeiro os cientistas vão precisar ajustar o nanocurativo para que ele reproduza com fidelidade a corrente elétrica do coração. Eles também vão precisar ter certeza de que os cardiomiócitos cultivados nos suporte sintéticos têm as mesmas capacidades que as outras células do tecido do coração.

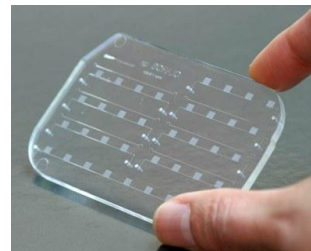
### Veja esta reportagem completa em:

<http://www.diariodasaude.com.br/news.php?article=nanotecnologia-recupera-coracao-danificada-infarto&id=6670>, publicada em 04/07/2011.

---

*Um novo dispositivo capaz de detectar a presença de HIV e da bactéria causadora da sífilis em 15 minutos pode facilitar o diagnóstico dessas doenças em áreas carentes e remotas de países em desenvolvimento. Mas o teste ainda carece de maior precisão.*

Com apenas 45 centímetros quadrados, um novo dispositivo criado com nanotecnologia pode ampliar o acesso de regiões carentes e periféricas ao diagnóstico rápido de doenças sexualmente transmissíveis. (foto: Curtis Chin/ Columbia University).



Milhares de pessoas infectadas por doenças sexualmente transmissíveis desconhecem seu estado sorológico. Um dos motivos para isso é a dificuldade de acesso aos centros de saúde e testes diagnósticos. Um novo material para detecção de HIV e da bactéria causadora de sífilis (*Treponema pallidum*) pretende ampliar as fronteiras do exame para áreas distantes dos grandes centros urbanos.

Desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Columbia, em Nova Iorque (Estados Unidos), e divulgado ontem (31/7) na edição *on-line* da revista *Nature Medicine*, o teste é realizado por meio de um pequeno *chip* de aproximadamente 45 cm<sup>2</sup>, constituído de nanopartículas e microfluidos.

Com custo de produção inferior a um dólar, o mChip – como foi apelidado – pode ser utilizado em postos de saúde, não requer infraestrutura laboratorial, eletricidade ou ajuda profissional para interpretação de seu resultado, que fica pronto em 15 minutos.

(...) No artigo, os pesquisadores propõem que o dispositivo seja utilizado em países em desenvolvimento, especialmente na África, e argumentam que, ao miniaturizar um complexo teste de laboratório, pode-se estender sua aplicação a áreas remotas, com condições de saúde extremamente precárias.

(...) A sensibilidade e a especificidade do mChip foram testadas em pacientes do Hospital Muhima, em Kigali, capital da Ruanda. Em 67 amostras de plasma sanguíneo e soro, a sensibilidade do teste foi 100% para o HIV e 95% para a bactéria causadora da sífilis. Já na avaliação de especificidade, o resultado não foi tão bom, com três amostras falso-positivas para o HIV e cinco para a *T. pallidum*.

"É um método bem engenhoso; o *chip* tem potencial para ser utilizado para mais antígenos e ser amplamente difundido", afirma o virologista Amílcar Tanuri, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que trabalha na avaliação de diagnósticos para o HIV.

Apesar do otimismo, ele pondera: "Mas o teste ainda carece de maior precisão. No Brasil, ele não seria aprovado, pois o Ministério da Saúde exige um índice de 99% de especificidade ao vírus".

**Gabriela Reznik**

Ciência Hoje On-line

**Veja esta reportagem completa em:** <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/08/mais-rapido-e-acessivel/?searchterm=Mais%20r%C3%A1pido%20e%20acess%C3%ADvel>, publicada em 01/08/2011.

## INDICAÇÃO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/08/mais-rapido-e-](http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/08/mais-rapido-e-acessivel/?searchterm=Mais%20r%C3%A1pido%20e%20acess%C3%ADvel)

[acessivel/?searchterm=Mais%20r%C3%A1pido%20e%20acess%C3%ADvel](http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/08/mais-rapido-e-acessivel/?searchterm=Mais%20r%C3%A1pido%20e%20acess%C3%ADvel).

<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>.

<http://www.diariodasaude.com.br/news.php?article=nanotecnologia-recupera-coracao-danificada-infarto&id=6670>.

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

<http://www.hsw.uol.com.br/>.



<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.php>.  
[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm).  
<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>.

## APÊNDICE G: Roteiro-Guia para Relatórios



# *Do que as “coisas” são feitas?*

## Roteiro-guia para Relatório

**Relatório do Seminário:** Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O experimento de Rutherford

Atenção: Este relatório deve ser entregue no prazo de uma semana a partir da apresentação do seminário.

Identificação do grupo nº \_\_\_\_\_ Nota: \_\_\_\_\_/2,0 pontos

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

O objetivo deste relatório é verificar se alguns pontos relevantes da ideia central do respectivo seminário ficaram esclarecidos. Estes pontos relevantes estão descritos a seguir a fim de orientá-los na escrita deste relatório, a qual deve ser feita de forma dissertativa.

### *Pontos relevantes:*

- Descrição do Experimento de Rutherford e os resultados inesperados que foram obtidos acerca dos desvios das partículas alfa.
- Conclusões do experimento a partir destes resultados inesperados.
- Resultado que era esperado caso o átomo fosse como o proposto pelo modelo de Thomson onde a carga positiva encontra-se espalhada pelo átomo.
- A importância deste experimento para o desenvolvimento científico.
- A relação entre este experimento e a hipótese atômica da constituição da matéria (viva ou não).



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### Roteiro-guia para Relatório

**Relatório do Seminário:** Movimento Browniano: Da observação à explicação

Atenção: Este relatório deve ser entregue no prazo de uma semana a partir da apresentação do seminário.

Identificação do grupo nº \_\_\_\_\_ Nota: \_\_\_\_\_/2,0 pontos

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

O objetivo deste relatório é verificar se alguns pontos relevantes da ideia central do respectivo seminário ficaram esclarecidos. Estes pontos relevantes estão descritos a seguir a fim de orientá-los na escrita deste relatório, a qual deve ser feita de forma dissertativa.

#### *Pontos relevantes:*

- Descrição do Movimento Browniano.
- A contribuição deste movimento para a “confirmação” da existência dos átomos e das moléculas.
- A relação entre o Movimento Browniano das partículas em suspensão num líquido e a temperatura deste líquido? Pense sobre o conceito de temperatura que você já estudou em Física.
- A importância deste movimento para o desenvolvimento científico e tecnológico.
- A relação entre este movimento e a hipótese atômica da constituição da matéria (viva ou não).



## Do que as “coisas” são feitas?

### Roteiro-guia para Relatório

**Relatório do Seminário:** Efeito Fotoelétrico: O que é e onde é aplicado?

Atenção: Este relatório deve ser entregue no prazo de uma semana a partir da apresentação do seminário.

Identificação do grupo n° \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_/2,0 pontos

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

O objetivo deste relatório é verificar se alguns pontos relevantes da ideia central do respectivo seminário ficaram esclarecidos. Estes pontos relevantes estão descritos a seguir a fim de orientá-los na escrita deste relatório, a qual deve ser feita de forma dissertativa.

#### *Pontos relevantes:*

- Descrição do Efeito Fotoelétrico.
- Conceito de quantização da luz.
- Conceito de fóton.
- Aplicações práticas e a contribuição deste efeito para o desenvolvimento de novas tecnologias.
- A relação entre este efeito e a hipótese atômica da constituição da matéria.



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### Roteiro-guia para Relatório

**Relatório do Seminário:** Efeito Compton: O que é e para que serve?

Atenção: Este relatório deve ser entregue no prazo de uma semana a partir da apresentação do seminário.

Identificação do grupo n° \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_/2,0 pontos

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

O objetivo deste relatório é verificar se alguns pontos relevantes da ideia central do respectivo seminário ficaram esclarecidos. Estes pontos relevantes estão descritos a seguir a fim de orientá-los na escrita deste relatório, a qual deve ser feita de forma dissertativa.

*Pontos relevantes:*

- Descrição do Efeito Compton.
- A contribuição deste efeito para a “confirmação” da existência dos fótons idealizados por Einstein na explicação do efeito fotoelétrico.
- Aplicações práticas e a contribuição deste efeito para o desenvolvimento científico e tecnológico.
- A relação entre este efeito e a hipótese atômica da constituição da matéria.



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### *Roteiro-guia para Relatório*

**Relatório do Seminário:** *A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia:*

*Quais as relações?*

*Atenção: Este relatório deve ser entregue no prazo de uma semana a partir da apresentação do seminário.*

Identificação do grupo n° \_\_\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_/2,0 pontos

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

O objetivo deste relatório é verificar se alguns pontos relevantes da ideia central do respectivo seminário ficaram esclarecidos. Estes pontos relevantes estão descritos a seguir a fim de orientá-los na escrita deste relatório, a qual deve ser feita de forma dissertativa.

*Pontos relevantes:*

- A escala nanométrica.
- Definição de nanociência e nanotecnologia.
- A importância da nanociência para o desenvolvimento científico e tecnológico.
- A relação entre a hipótese atômica da constituição da matéria e a nanotecnologia.
- Aplicações tecnológicas e possíveis riscos.

## APÊNDICE H – AULA DE INTRODUÇÃO: MODELOS ATÔMICOS

### De que as coisas são feitas?

- Vamos lembrar os modelos atômicos de:
  - Dalton.
  - J. J. Thomson.
  - Rutherford.
  - Rutherford-Bohr.
  - Modelo Científico.
- E conhecer um pouco sobre:
  - O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

### O que é um modelo?



http://www.criancasgratis.com

http://www.noticias.uol.com.br

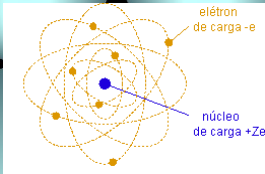
http://www.noticias.net

http://imagens04.olx.com.br

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

### Modelo Científico

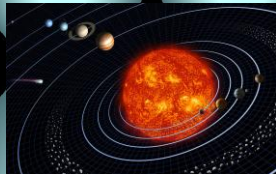
- Dão origem às teorias científicas, entando a realidade não pode ser diretamente observada.
- **NÃO** são cópias da realidade e **NÃO** são miniaturas da realidade.
- Ex.: O Modelo Atômico de Rutherford (planetário) e o Sistema Solar.



elétron de carga -e

núcleo de carga +Ze

http://www.ifufmg.br/~betz/iq\_XX\_A/modAtom/figsMA/arutherford.png



http://pt.wikibooks.org/wiki/Astronomia\_Mirim/Os\_planetas\_e\_o\_Sistema\_Solar

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Modelo Atômico

- Baseado em dados experimentais os cientistas imaginam como um átomo deve ser e criam um **modelo atômico**.

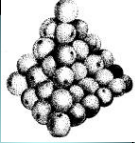
Permite explicar observações experimentais e fazer novas observações.

Pode ser modificado quando novos fatos experimentais são descobertos.


Ele não é eterno. Ao surgir contradições, ele é questionado, podendo ser reformulado ou substituído.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 4

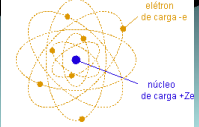
## Modelo Atômico



<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/modelo-atomico-de-dalton/imagens/modelo-atomico-de-dalton-1.png>



[http://www.fuifrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/modAtom/figsMA/m/figsMA1.png](http://www.fuifrgs.br/~betz/iq_XX_A/modAtom/figsMA/m/figsMA1.png)

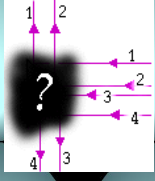


[http://www.fuifrgs.br/~betz/iq\\_XX\\_A/modAtom/figsMA/arutherford.png](http://www.fuifrgs.br/~betz/iq_XX_A/modAtom/figsMA/arutherford.png)

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 5

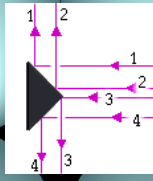
## Modelando o “invisível”

- Como é possível ser o formato deste alvo bom e adeado?



?

Uso da **cunha:**

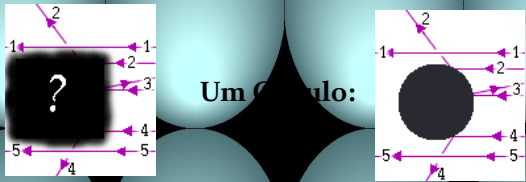


Prof.ª Lígia da S. A. Melo 6



## Modelando o “invisível”

- E este:



Um Círculo:

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Breve história dos modelos atômicos

- Grécia Antiga – Perguntas dos filósofos:
  - Do que as “coisas” são feitas?
  - O que encontraremos se dividirmos uma “coisa” em pedaços cada vez menores?
  - Demócrito (546 – 460 a.C.): é possível dividir uma “coisa” em pedaços cada vez menores até que se alcance a menor parte dela.

átomo

→

$a = \text{não}$   
 $tom = \text{cortar}$

→

o que não pode  
 ser cortado;  
 indivisível

**Demócrito por volta de 400 a.C.:**  
 As “coisas” eram formadas por minúsculas partículas de vários formatos, invisíveis, indivisíveis e indestrutíveis, os átomos.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Atualmente

Tudo é formado por átomos.  
E eles são divisíveis e eternos.

“...quando no mundo aparece uma “coisa” nova, na realidade não é nada novo que surge, senão o fato de que os átomos invisíveis, que sempre existem, se juntam em bandos, como os pombos para a comida. Quando uma “coisa” sumir, ocorre o contrário, nada se destrói, os átomos se separam.” (Kahan, 1964)

“...a criança que cresce representa átomos que se criam em seu corpo, e o cadáver que se decompõe faz voltar à circulação da natureza os átomos que temporariamente em nós se haviam juntado para o bem e para o mal.” (Idem)

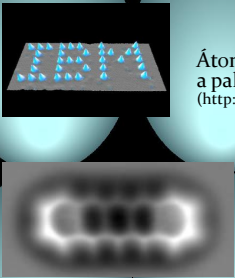
Prof.ª Lígia da S. A. Melo

**É possível ver os átomos?**

- **Imagens reais da disposição atômica de superfícies sólidas com microscópios eletrônicos de:**
  - por túnel (STM – Scanning Tunneling Microscope).
  - força atômica (AFM – Atomic Force Microscope).

Átomos posicionados usando o STM, para escrever a palavra IBM. (Década de 80).  
<http://ciencia.br/uol.com.br/atomosg.htm>

2. Cientistas da IBM usaram vinte bilhões de átomos para formar uma molécula nanométrica de comprimento formado por 22 átomos de carbono e 14 átomos de hidrogênio.  
<http://www.sciencemag.com/wp-content/uploads/2009/08/ligacoes-atomicas-ibm-1.jpg>



Prof.ª Lígia da S. A. Melo 10

**“Fotografada verdadeira forma dos átomos. Nova técnica produz imagens orbitais de elétrons de átomos individuais.”**  
por Davide Caselli, Physical Review Letters

“Orbitais de um átomo de carbono vistos através de um microscópio de emissão de campo. Os livros de química normalmente incluem ilustrações de átomos, mas com ressalvas. Os desenhos mostram núcleos atômicos rodeados por orbitais de elétrons – esferas com contornos indistintos, halteres, tripés, e assim por diante. No entanto, essas figuras representam a probabilidade de se encontrar um elétron em determinado ponto ao redor do núcleo, não uma verdadeira “forma” do átomo. Agora, pela primeira vez, pesquisadores conseguiram guiar a imagem dos orbitais de um elétron e mostrar que, de certa forma, os átomos, na verdade, se parecem com as imagens dos livros didáticos.”

Fonte: Scientific American, 26/11/2009.  
[http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/fotografada\\_a\\_verdadeira\\_forma\\_dos\\_atomos.html](http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/fotografada_a_verdadeira_forma_dos_atomos.html)




Prof.ª Lígia da S. A. Melo 11

## Modelos atômicos

John Dalton (1766-1844)


- Investigar a composição atmosférica.
- Notas sistemáticas de dados atmosféricos.
- Livro: *Meteorological Observations and Essays* (1793)
- A matéria é formada por “bolinhas” maciças e indivisíveis chamadas de átomos.
- 1808: Modelo atômico de Dalton (modelo da bola de bilhar).



<http://elcimsise.wikispaces.com/John+Dalton>

**Um problema: Não explicava os fenômenos elétricos de atração e repulsão de corpos atritados.**


Vídeo 1



Prof.ª Lígia da S. A. Melo 12

## Modelos atômicos

Joseph John Thomson (1856-1940)



[http://www.ufpel.br/~fism/histfis/jj\\_tube.jpg](http://www.ufpel.br/~fism/histfis/jj_tube.jpg)

- Ao investigar os raios catódicos, concluiu que eles são formados por feixes de partículas menores que o átomo e com carga elétrica negativa.
- 30/04/1897: Anunciada a descoberta da **partícula negativa** na Royal Institution.
- 1910: Ela recebe o nome de **elétron**.

No modelo atômico de Thomson, o átomo é:

Divisível.


Neutro.

Uma esfera maciça de carga elétrica positiva com elétrons incrustados na sua superfície.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 13

## Modelos atômicos

Modelo atômico de Thomson: "pudim de passas" ou "bolachas" ou "de nozes".



*Início do século XX surge um problema:*

- Rutherford descobre o núcleo atômico e o próton.
- E, prevê uma partícula neutra no núcleo.
  - O nêutron descoberto em 1932 por James Chadwick.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 14

## Modelos atômicos

Ernest Rutherford (1871-1937) - Ex-aluno de J. Thomson



<http://www.brasilescola.com/histfis/upload/e/ernest%20rutherford.jpg>

- Investiga as partículas alfa emitidas pelo elemento químico rádio.
- Descobriu:
  - O núcleo atômico e o próton (carga positiva).
  - Previu outra partícula no núcleo, porém sem carga: o nêutron.
- O rádio é formado por partículas chamadas "raios" ou "raios alfa".

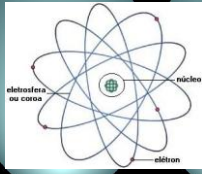
O átomo não é uma esfera maciça.

É um grande vazio!!!

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 15

## Modelos atômicos

Modelo de Rutherford



elétrons ou coroa

núcleo

elétron

<http://enciclopedia.vila.uol.com.br/quimica/atomica/ModelodeRutherford.htm>

Um problema: Colapso atômico.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Modelos atômicos

Niels Bohr

Colaborador de Rutherford.



Investigar a "coerência" do colapso atômico através do comportamento da luz.

- 1º *O Postulado dos estados estacionários*: O átomo de hidrogênio pode existir sem irradiar, em qualquer estado de um conjunto discreto de estados estacionários com energias bem determinadas.
- 2º *O Postulado da Frequência*: O átomo de hidrogênio absorve ou emite energia quando o átomo passa de um estado estacionário para outro.

<http://cienciahoje.uol.com.br/arquivos/fisica-senior/niels-bohr/niels-bohr-0303.jpg>

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Modelos atômicos

*Elétrons segundo o modelo de Bohr*


Movem-se ao redor do núcleo em trajetórias circulares nas órbitas chamadas eletrônicas.

- Tendem a ocupar a órbita de energia mais baixa: *estado fundamental*.
- Têm energia constante nas órbitas (camadas) permitidas, caracterizadas pelos números quânticos ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).
  - Não podem estar entre as órbitas. Como você não pode ficar entre degraus de uma escada.
- Órbitas mais distantes do núcleo possuem maior energia.
  - Ao saltar para uma órbita mais externa: *Absorve energia*.
  - Para uma órbita mais interna: *Perde energia emitindo luz (fótons)*.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## Modelos Atômicos

- Bohr melhorou o modelo de Rutherford.
- Modelo Rutherford-Bohr: átomo planetário com órbitas quantizadas.
- O átomo de Bohr:




Um problema: só explica o espectro de emissão do Hidrogênio e do Hélio ionizado.

Erwin Schrödinger e outros melhoram o modelo de Bohr com o desenvolvimento da Mecânica Quântica.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 19

## Modelos Atômicos

Erwin Schrödinger (1887-1961)



1925: Não é possível determinar a posição do elétron. Eles movem-se ao redor do núcleo nas camadas eletrônicas, mas não como planetas ao redor do Sol.

Encontramos uma nuvem de probabilidade.

Órbita ou camada eletrônica é uma região com probabilidade (não nula) de encontrar um elétron.

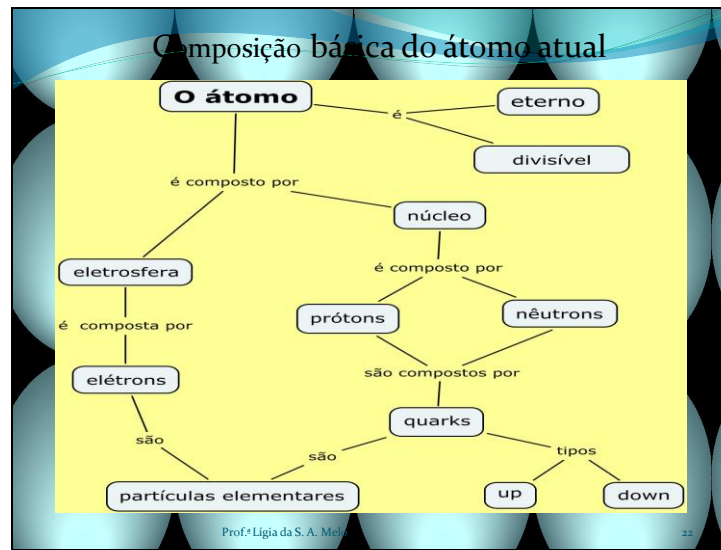
[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1927/schrodinger.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1927/schrodinger.html)

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 20

Enfim.....

Toda a matéria que conhecemos é formada, fundamentalmente, por *elétrons e quarks*, que são *partículas elementares!!!*

Prof.ª Lígia da S. A. Melo 21



### Modelo Padrão da Física de Partículas

Organiza e classifica as partículas elementares.

- Organiza e classifica as partículas elementares.
- Prevê outras partículas ainda não detectadas: bóson de Higgs.
- As partículas não são “bolinhas”.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

### Modelos atômicos

Existe um modelo atômico correto?

**Não existe um modelo correto.**  
Existem modelos que são:

- adequados para explicar certos fenômenos.
- mais abrangentes.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

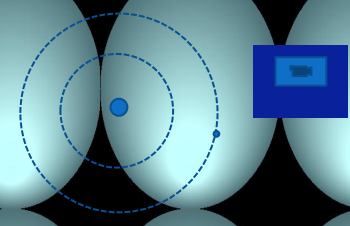


## Evidências da existência dos átomos

- Experimento de Thomson (raios catódicos e descoberta do elétron).
- Experimento de Rutherford (Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas).
- Movimento Browniano.
- Efeito fotoelétrico.
- Efeito Compton.
- Nanotecnologia.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## De acordo com a Mecânica Clássica, os elétrons ao moverem-se em órbitas perfeitamente circulares...





A Mecânica Clássica funciona bem aplicada a objetos visíveis como bolas e planetas; mas falha quando aplicada a elétrons e átomos.  
A Mecânica Quântica explica o comportamento do elétron.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

## • Aplicações dos Raios Catódicos:

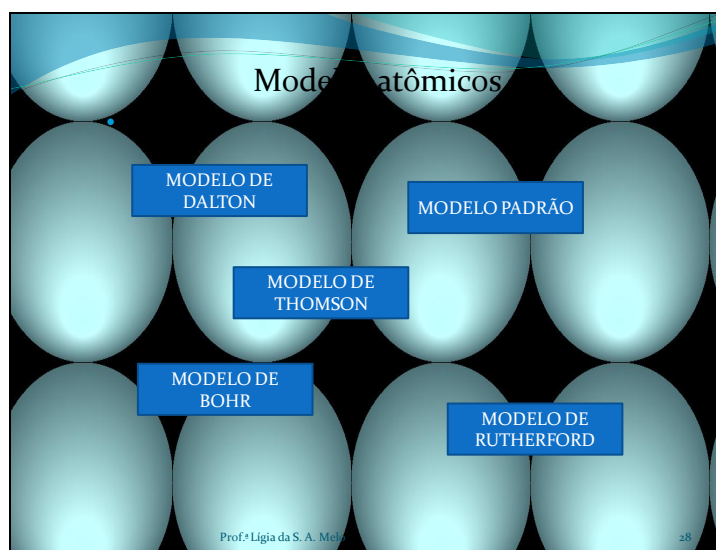
- Anodo de neônio (gasos nobres)
  - Lâmpadas fluorescentes de mercúrio.
- Tubos de monitor e computador

• O que são os raios catódicos?

Vídeo 2

Prof.ª Lígia da S. A. Melo



## Referências Bibliográficas

ABDALLA, M. S. O discreto em química: partículas elementares. São Paulo: UNESP, 2006.

HEWITT, P. G. Física Conceitual. 9ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2001.

KAHN, Fritz. Como: princípios fundamentais da ciência. São Paulo, SP: Edições Melhoramentos, 1964.

VIANA, H. E. B. A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso – e Algumas Reflexões para o Ensino de Química. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2007.

TASCA, R. A. A estrutura da matéria e tabela periódica no ensino de ciências para a 8ª série – Caminhos alternativos no ensino de química. Dissertação de Mestrado – Unicamp – Campinas, 2006.

<http://www.unicamp.br/AvventuraDaQuimica/>, acessado em 07/05/2011.

[http://www.ufpa.br/fim/histfis/vida\\_1.htm](http://www.ufpa.br/fim/histfis/vida_1.htm), acessado em 12/05/2011.

[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm), acessado em 15/05/2011.

Prof.ª Lígia da S. A. Melo

29



## **APÊNDICE I – APOSTILA**



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### Aula 1: *Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O experimento de Rutherford*

Objetivo: Apresentar o *Experimento de Rutherford* respondendo as questões:

1. Por que Rutherford realizou este experimento?
2. Que partícula subatômica Rutherford descobriu com este experimento? Como?
3. Como este experimento contribuiu para a elaboração do modelo atômico de Rutherford?
4. Como este experimento contribuiu para a compreensão da estrutura atômica da matéria?
5. Este experimento contribuiu para a reafirmação do átomo como constituinte da matéria? Como? Por quê?

### *Espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas: O experimento de Rutherford*

Em 1909, o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) e alguns colaboradores entusiasmados com as recentes descobertas da radioatividade montaram uma série de experimentos em que bombardearam finas placas metálicas com material radioativo emissor de partículas alfa.

*Constituídas por dois prótons e dois nêutrons, sendo então um átomo de Hélio duplamente ionizado ( $He^{+2}$ ).*

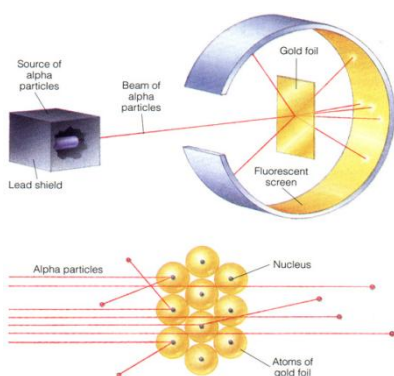


Figura 1: Esquema do Experimento de Rutherford

No interior de um bloco de chumbo foi colocado um material radioativo que emite partículas alfa contra um alvo metálico de espessura muito fina. Um anteparo feito de material fosforescente sensível a estas partículas cintila nos pontos atingidos por elas, funcionando como um sensor, como representado esquematicamente na figura 1. Este experimento, *O espalhamento de partículas alfa por finas placas metálicas*, ficou conhecido como o *Experimento de*

*Rutherford.*

Vale ressaltar que na realidade este aparato experimental ficou dentro de uma câmara a vácuo com um microscópio posicionado do lado de fora que permitia a visualização das cintilações produzidas pelas partículas alfa (Figura 2).



Figura 2: Equipamento usado por Rutherford

Eles observaram que a maioria destas partículas atravessava a placa sem sofrer desvios e que algumas voltavam em ângulos maiores que o previsto pelo modelo atômico de J. J. Thomson (1856-1940), conhecido como modelo do “pudim de ameixas”. Algumas pouquíssimas partículas chegavam a retroceder, ou seja, eram refletidas com ângulo de 180°.

A figura 3 mostra as trajetórias esperadas das partículas alfa nos modelos atômicos de Thomson e de Rutherford. Com base no modelo atômico de Thomson as partículas alfa deviam atravessar a lâmina metálica sofrendo apenas pequenos desvios. Mas como explicar os desvios maiores? Para esta explicação foi necessário a criação de um novo modelo. E, esta tarefa foi cumprida por Rutherford em 1911.

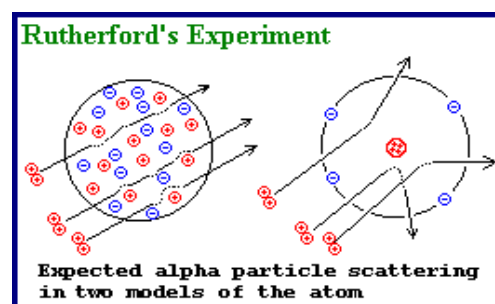


Figura 3: Trajetória esperada das partículas alfa nos modelos atômicos de Thomson e de Rutherford.

Surpreso com as partículas que apresentavam grandes desvios Rutherford afirmou: *“Este foi sem dúvida o evento mais inacreditável que aconteceu em toda minha vida. Foi quase tão inacreditável como se uma bala de 15 polegadas lançada contra uma folha de papel de seda voltasse e atingisse o atirador.”* Assim, o seu experimento possibilitou algumas conclusões importantes acerca da estrutura do átomo:

- No átomo há muito espaço vazio, visto que a maioria das partículas alfa atravessa a placa com desvios nulos ou pequenos.
- Possui uma região central, muito pequena, densa e com carga positiva, a qual desvia as partículas alfa por repulsão eletrostática, onde:
  - Quanto mais próxima desta região central elas passam maior é a deflexão sofrida.
  - Quanto mais energéticas, menor a deflexão, pois neste caso passam muito rapidamente pelo átomo.

- As partículas em rota de colisão frontal com esta região central são refletidas com ângulos de  $180^\circ$ .
  - Esta região central é tão pequena que a probabilidade de uma partícula alfa passar próxima a ela ou entrar em rota de colisão frontal é mínima, o que contribui para que a grande maioria destas partículas atravesse o metal sem sofrer desvio em sua trajetória.

Então, em 1911, com base nas observações deste experimento e nos dados coletados, Rutherford propôs um modelo atômico no qual o átomo é formado por uma pequena região central positiva e densa que chamou de *núcleo*, que é muitíssimo menor que o tamanho total do átomo (núcleo + eletrosfera), cerca de 10.000 vezes menor.

Fazendo uma comparação: se o átomo fosse do tamanho de um estádio de Futebol como o Maracanã o núcleo seria uma bola de futebol no centro. Outra comparação: se o núcleo fosse do tamanho de um ponto (.) as bordas do átomo estariam a mais de um metro de distância deste ponto.

No núcleo estaria concentrada praticamente toda a massa do átomo e seria composto por partículas de carga elétrica positiva (prótons) e partículas neutras (carga elétrica nula: nêutrons).

O nome próton aparece pela primeira vez num trabalho publicado por Rutherford em 1919 onde ele descreve seus resultados sobre a primeira desintegração artificial. Ele lançou partículas alfa sobre o elemento químico nitrogênio obtendo como resultado desta interação a produção de núcleos de hidrogênio e oxigênio. Rutherford seria então um alquimista! Pois acabava de transmutar um elemento químico em outro.

O nêutron foi previsto por Rutherford como uma partícula sem carga elétrica, localizada no núcleo e, com massa de valor próximo a do próton. Mas, ele só foi descoberto vinte e um anos depois por James Chadwick (1891-1974), fato que contribuiu para a confirmação da validade do modelo atômico de Rutherford.

Na época pensava-se que estes constituintes do núcleo eram partículas elementares, ou seja, que não eram compostas por outras partículas. Posteriormente foi descoberto que *os prótons e os nêutrons são formados pelas partículas elementares denominadas de quarks. Estas sim, elementares, pelo menos até os dias de hoje!*

*Considerações importantes sobre o modelo atômico de Rutherford:*

- *O átomo possui muito espaço vazio e é constituído por duas regiões distintas: o núcleo e a eletrosfera.*
- *O núcleo atômico é extremamente pequeno em relação ao tamanho total do átomo.*
- *No núcleo, são encontrados os prótons e os nêutrons.*
- *Os elétrons encontram-se na eletrosfera e possuem massa 1836 vezes menor que a dos prótons.*

Os fatos observados neste experimento possibilitaram a Rutherford descobrir que o átomo tem um grande espaço vazio e descobrir o núcleo atômico. E, a partir daí propor seu modelo para o átomo.

A descoberta que o átomo possui um núcleo foi a maior contribuição deste experimento para o desvendamento da estrutura atômica da matéria, fortalecendo a hipótese atômica em que toda a matéria, animada ou não, é constituída por incríveis e intrigantes partículas denominadas de *átomos*.

Porém, como todo modelo possui limitações, o modelo atômico de Rutherford não foi uma exceção à regra, apresentando problemas que ele bem conhecia: o colapso atômico. No entanto, este problema só foi sanado com o desenvolvimento de um novo modelo por um de seus colaboradores, o físico dinamarquês, Niels Bohr, em 1913.

Com base no modelo atômico de Rutherford o átomo entraria em colapso em frações de segundos de existência. Isto porque se os elétrons, portadores de carga elétrica negativa, movem-se em trajetória circular ao redor do núcleo positivo, ele deveria irradiar (perder) energia e “cair” no núcleo. Assim, o átomo de Rutherford era instável do ponto de vista da Física Clássica.

Mas, como de fato isto não acontece e, uma prova disso é que nós e todo o universo existimos, Niels Bohr procurou uma forma de explicar esta incoerência com a realidade aplicando conceitos da quantização de energia ao modelo atômico de Rutherford e, elaborou outro modelo que ficou conhecido como modelo de Rutherford-Bohr. Mas este modelo, já é assunto para um próximo capítulo desta brilhante história atômica!!!

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, M. C. B. O discreto charme das partículas elementares. São Paulo: UNESP, 2006.
- CAVALCANTE, M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O uso da internet na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 23, n.01. São Paulo, 2001.
- EICHLER, M. L.; CALVETE, M. H.; SALGADO, T. D. M. Módulos Para o Ensino de Radioatividade. Porto Alegre: UFRGS (Área de Educação Química), 1997.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 4. Rio de Janeiro: LTC, 4ª ed., 1995.
- HEWITT, P. G. Física Conceitual. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- SANTOS, W. L. P. dos.; MÓL, G. de S. Química e sociedade. Volume único. São Paulo: Nova Geração, 2005.
- <http://www.feiradeciencias.com.br>. Acesso em 01/08/2011.
- <http://www.if.ufrgs.br>. Acesso em 01/08/2011.
- [http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm). Acesso em 01/08/2011.
- <http://efisica.if.usp.br/moderna/radioatividade/tipos/>. Acesso em 01/08/2011.
- <http://enciclopediavirtual.vilabol.uol.com.br/quimica/atomistica/explicacaoexperiencia.htm>. Acesso em 01/08/2011.
- <http://www.portalsaofrancisco.com.br>. Acesso em 01/08/2011.

### Créditos das Figuras:

- Figura 1: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/images/rutherford01.jpeg>. Acesso em 16/10/2011.
- Figura 2: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/modelo-atomico-de-rutherford/modelo-atomico-de-rutherford.php>. Acesso em 16/10/2011.
- Figura 3: <http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa/Image3.gif>. Acesso em 16/10/2011.



## *Do que as “coisas” são feitas?*

### Aula 2: *Movimento Browniano: Da observação à explicação*

Objetivos: Apresentar o Movimento Browniano a fim de tornar clara a compreensão de que a matéria é constituída por átomos, bem como mostrar a relação entre temperatura e agitação molecular, respondendo as questões:

1. Como o Movimento Browniano contribuiu com a hipótese atômica da constituição da matéria?
2. Qual a influência da temperatura na velocidade das partículas em suspensão num líquido?

### ***Movimento Browniano: Da observação à explicação***

Vamos dar uma volta rápida na História da Ciência apenas para compreendermos o grau de importância da descoberta do movimento browniano para a compreensão da estrutura atômica da matéria.

Desde a Grécia antiga, por volta de 400 a.C. o homem busca respostas sobre a composição da matéria. Daquela época destacam-se os filósofos gregos Leucipo e Demócrito que concebiam a matéria formada por minúsculas partículas tão pequenas que não poderiam ser divididas, denominadas de átomos.

Mas estas ideias eram intuitivas e, não se pensava em experimentos, observações ou modelos matemáticos que pudessem servir de base teórica para dar a elas suporte. No entanto, estas ideias iniciais mostraram-se de grande importância muitos séculos depois como veremos a seguir.

A ideia de que a matéria é constituída por partículas foi retomada no século XVII por vários cientistas como Robert Boyle, Isaac Newton, Robert Hooke. No entanto, a concepção

destas partículas era bem diferente da concepção do átomo atual, mas ainda assim, a ideia básica era a mesma: a matéria pode ser dividida de modo que sua composição fundamental seriam partículas.

Hoje a hipótese atômica é um fato. Ela afirma que toda a matéria que conhecemos, animada ou inanimada, é constituída por “blocos” básicos chamados de átomos. Esta é uma definição bastante simplificada para o átomo que é muito complexo. Mas, nossa intenção aqui é de esclarecer apenas que a matéria não pode ser infinitamente dividida. Ela pode ser decomposta em “blocos”, os átomos, os quais possuem uma estrutura interna, e, portanto são *divisíveis*.

No entanto, até o início do século XX pela falta de evidências experimentais da realidade dos átomos, era comum considerar o atomismo apenas uma hipótese de trabalho ou uma ferramenta didática. Inclusive, muitos cientistas da época não acreditavam na hipótese atômica.

Um cientista alemão chamado Ludwig Boltzmann sofria com problemas psicológicos e um dos fatores chave da sua depressão era que ele tinha sido difamado por acreditar na hipótese atômica. Ele foi chamado de materialista irreligioso, pois para os seus opositores era uma blasfêmia afirmar que o milagre da criação divina podia ser reduzido a uma série de colisões de minúsculas partículas inanimadas. Tentou o suicídio por duas vezes e morreu na segunda em 05 de outubro de 1906, sem ter o conhecimento de que esta hipótese havia triunfado um ano antes de sua morte. Uma história trágica!

Argumentar em favor da hipótese atômica naquela época era considerado pela maioria da comunidade científica um desperdício de tempo, pois, se os átomos existissem, eles seriam tão pequenos que mesmos com os mais poderosos microscópios não poderíamos vê-los.

Mas, chegando ao século XIX, uma observação que a princípio pareceu ser muito simples, se mostrou muito complicada, levando anos para que fosse explicada. Trata-se de uma das maiores evidências experimentais da existência dos átomos: *O Movimento Browniano*.



*Mas o que é o Movimento Browniano?*

Em 1827, o botânico escocês Robert Brown observou através de um microscópio (figura 1) pequenos grãos de pólen de plantas flutuando na água num movimento incessante e aleatório deslocando-se de um lado para o outro. Este movimento recebeu, posteriormente, o nome de movimento browniano, em homenagem à Brown.



Figura 1: Microscópio utilizado por Robert Brown.

Até aqui parece ser uma observação bastante simples e sem sentido. Porém veremos que várias explicações foram surgindo e, apenas décadas depois é que se chegou a uma explicação aceitável.

Brown, assim como outros observadores da época, achou que este movimento era causado por algum minúsculo ser vivo morando dentro do grão, uma nova forma de vida. Porém, ele encontrou uma amostra de quartzo com bolhas internas contendo água onde fluuavam pequenas partículas de poeira exibindo o mesmo movimento aleatório dos grãos de pólen. Daí, esta explicação vital foi descartada, pois as partículas de poeira estavam dentro destas bolhas há milhões de anos, então, não poderia haver nada vivo dentro delas.

Alguns cientistas afirmavam que este movimento seria o resultado de perturbações mecânicas, de forças elétricas, de evaporação, de correntes de convecção, de incidência de luz, entre outras tentativas de explicação. Porém, estes argumentos foram derrubados com a realização de experimentos mais controlados – isolando-se o sistema, variando-se a viscosidade do fluido, a natureza e as dimensões das partículas utilizadas.

E a pergunta continuava: *o que empurrava os grãos de pólen ou de poeira na água ou em outros fluidos?*

Nos experimentos foram observados que alguns fatores alteram a velocidade deste movimento como a viscosidade do líquido, o tamanho das partículas e a temperatura do sistema (fluido + partículas em suspensão).

Opa! Parece que agora temos uma dica importante para o desvendamento do mistério: o movimento é mais rápido quanto maior a temperatura do sistema.

Surge então, a partir de 1860, a explicação deste movimento como o resultado de colisões das moléculas do fluido com as partículas em suspensão. Estas moléculas estariam em movimento constante e seriam muito pequenas para serem vistas, mesmo usando um microscópio. Detalhe: na época ainda não se tinha completa ciência da existência de moléculas.

Em 1905 Albert Einstein publica um artigo fruto da sua tese de doutorado com o tema: “Sobre o movimento de pequenas partículas em suspensão dentro de líquidos em repouso, tal como exigido pela teoria cinético-molecular do calor”. A intenção destes estudos era encontrar uma fórmula para calcular a constante de Avogadro, pois Einstein não tinha conhecimento das observações de Brown.

No entanto, assumindo que a matéria é composta por moléculas e conseqüentemente por átomos, estes estudos possibilitaram a explicação completa do movimento browniano e, o enigma foi finalmente elucidado teoricamente e confirmado experimentalmente um pouco depois.

A explicação de Einstein era, basicamente, que uma partícula em suspensão no líquido recebe simultaneamente os impactos de um número muito grande de moléculas do líquido, as quais estão em movimento constante e caótico (figura2). Assim, este movimento seria uma consequência direta do movimento caótico das moléculas do líquido, que embora não possam ser vistas, é possível observar o os seus efeitos empurrando as partículas em suspensão, por exemplo, os polens.

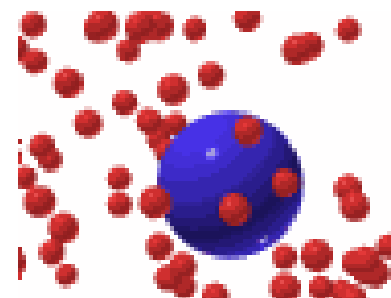


Figura 2: Representação de uma partícula empurrada por várias moléculas do líquido.

Em outras palavras *o movimento browniano é o resultado visível das colisões entre as partículas visíveis com os átomos invisíveis.*

A confirmação experimental veio em 1908, Jean Perrin e colaboradores, testaram a fórmula do deslocamento quadrático médio de Einstein e obtiveram valores para o tamanho das moléculas do líquido e para o coeficiente de difusão das partículas suspensas, além do número de Avogadro com uma excelente precisão. Estas medidas estavam em pleno acordo com os valores previstos pela fórmula de Einstein.

Somente após estes acontecimentos, a publicação de Einstein e a confirmação experimental por Perrin, é que o atomismo foi aceito pela grande maioria da comunidade científica. Estes estudos de Perrin foram tão importantes que lhe rendeu o prêmio Nobel de Física de 1926.

Discutimos aqui o movimento browniano aplicado a um sistema físico como os polens em suspensão na água. No entanto, o entendimento de Einstein do movimento browniano possibilitou o desenvolvimento de ferramentas computacionais que detectam os primeiros sinais de câncer, mapeiam herança genética e rastreiam patogenias.

Ele é também aplicado em outras áreas do conhecimento, como a biologia, a economia e as ciências políticas. Inclusive, em 1900, o francês Louis Bachelier em sua tese de doutorado desenvolveu expressões semelhantes às que foram depois obtidas por Einstein em 1905. Com a diferença que ele não descrevia um sistema físico, mas as flutuações das ações de uma bolsa de valores.

Assim as observações de Brown que pareciam ser tão simples e sem aplicação tornaram-se muito importante em diversas áreas do conhecimento.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- LUZ, A. M. R. da; LUZ, B. A. Á. da. **Física (Ensino Médio)**. Volumes 1, 2 e 3. 1ª ed., São Paulo: Scipione, 2005.
- SILVA, J.M.; LIMA, J.A.S. Quatro Abordagens para o Movimento Browniano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 25-35, 2007.
- STACHEL, J. **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.
- [http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm). Acesso em 08/08/2011.
- <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/brown/brown2.htm>. Acesso em 10/08/2011.
- <http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/browniano.html>. Acesso em 10/08/2011.

### Créditos das Figuras:

- Figura 1: <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/brown/microbrown.jpg>. Acesso em 17/10/2011.
- Figura 2: <http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/browniano10.gif>. Acesso em 17/10/2011.



## Do que as “coisas” são feitas?

### Aula 3: Efeito Fotoelétrico: O que é e onde é aplicado?

#### Objetivos:

1. Explicar o efeito fotoelétrico desde a sua observação, enfatizando o conceito de quantização da luz.
2. Apresentar:
  - a. As aplicações práticas deste efeito.
  - b. A contribuição deste efeito para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a confirmação da hipótese atômica da constituição atômica da matéria.

### Efeito Fotoelétrico: O que é e onde é aplicado?

No fim do século XIX o fato de alguns eletroscópios serem descarregados com a incidência de luz ultravioleta conduziu os cientistas a busca de uma explicação. Ao observarem que a descarga era mais rápida quando o eletroscópio estava carregado negativamente, concluíram que a luz arrancava elétrons do eletroscópio.

Aparelhos que identificam se um corpo está eletrizado.

Este fenômeno, denominado de *efeito fotoelétrico* (figura 1), é mais facilmente observado nos metais e consiste na emissão de elétrons provocada pela incidência de radiação eletromagnética (luz) sobre um material.

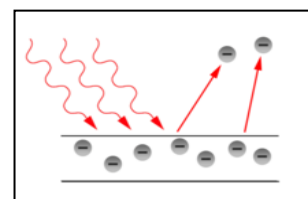


Figura 1: Representação do efeito fotoelétrico.

Analisando a raiz do nome *fotoelétrico* podemos ter uma ideia a que se refere. A palavra *foto* em grego significa luz. Portanto temos algo do tipo: “luz provocando eletricidade”.

As primeiras observações deste efeito foram realizadas pelo físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) em 1887 e a explicação correta foi dada em 1905 por Albert Einstein (1879-1955).

A compreensão deste efeito possibilitou o desenvolvimento de muitas das tecnologias que tornaram-se indispensáveis na vida moderna. Apenas para se ter uma ideia, se ele não tivesse sido descoberto e compreendido, não teríamos algumas “coisinhas” como computadores, câmeras de fotos e vídeos digitais. Generalizando: não teríamos qualquer equipamento que utilize microprocessadores! Também não teríamos as placas de conversão de energia solar em energia elétrica e o laser e suas aplicações. Coisinhas *irrelevantes* não?

Quer uma aplicação, digamos, “menos tecnológica”? Você já deve ter observado que as luzes da iluminação pública acendem e apagam ao escurecer da noite e ao clarear do dia. Quem apaga e acende estas luzes? Mais adiante veremos a resposta. Vamos agora à explicação deste efeito.

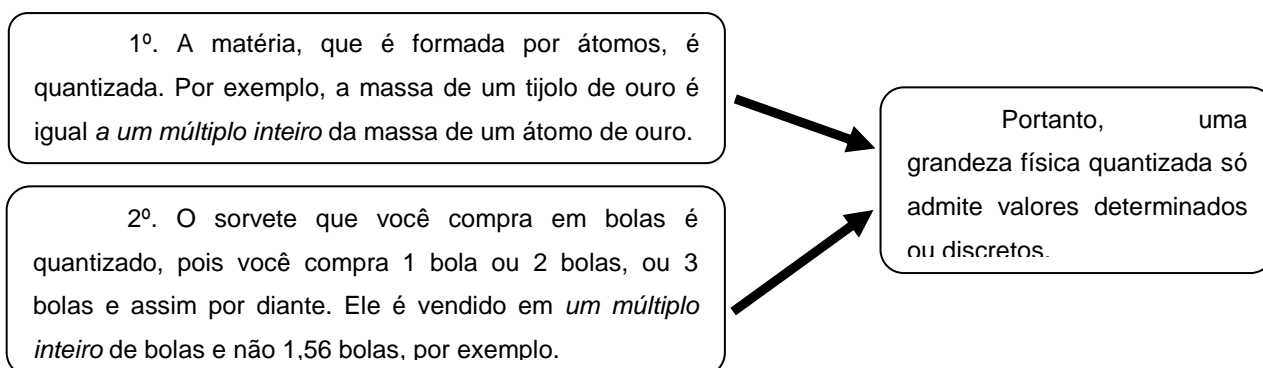
### *Einstein e a Explicação do Efeito Fotoelétrico*

Em 1905 Einstein publicou cinco artigos muito importantes para o desenvolvimento da ciência que tratam da teoria da relatividade restrita, da relação entre energia e massa, das dimensões moleculares relacionado à constante de Avogadro, do movimento browniano e do efeito fotoelétrico.

Conhecido popularmente como o pai da Teoria da Relatividade e pela sua famosa equação  $E=mc^2$ , curiosamente não foram estes estudos que lhe renderam o Prêmio Nobel em 1921. Este prêmio veio pela descoberta da lei do *efeito fotoelétrico*.

Para explicar este efeito ele aplicou a ideia de *quantização* de energia proposta em 1900 pelo físico alemão Max Planck (1858 - 1947).

Mas o que é *quantização*? Uma grandeza física é quantizada ou granulada quando ela só existe em valores discretos e não em valores contínuos. Vejamos dois casos:



Para Planck a energia é quantizada assim como a matéria sendo, portanto, irradiada na forma de "pacotes" discretos que ele chamou de "*quanta*" (plural de *quantum*) de energia.

Então, Einstein supôs que a luz fosse quantizada, ou seja, constituída por “pacotes” de energia assim como a matéria é formada por “pacotes”, que são os átomos. Mas, com algumas diferenças importantes com relação à matéria. Esses “pacotes” ou *quanta* de luz, que foram denominados de *fótons*, são partículas que não possuem massa, têm apenas energia e quantidade de movimento e, só existem em movimento com a velocidade da luz ( $c = 300.000$  km/s).

Assim, a luz é emitida de maneira descontínua, como uma corrente de fótons, cada um vibrando com uma frequência (cor) e transportando uma energia. A explicação de Einstein revelou o caráter corpuscular da luz que até então era interpretada apenas como uma onda eletromagnética. Hoje admite-se que a luz tem caráter dual: ora se comporta como onda, ora como partícula.

Agora que já sabemos o que é um fóton podemos redefinir o efeito fotoelétrico num metal:

Ele consiste na emissão de elétrons de certos metais quando sua superfície é atingida por fótons de frequência muito elevada (geralmente luz ultravioleta) onde cada tipo de metal terá seus elétrons arrancados por uma frequência característica.

Para Einstein um fóton cede toda a sua energia a um único elétron e, se esta energia for suficiente o elétron será literalmente arrancado do metal. A figura 2 ilustra elétrons sendo arrancados de uma placa emissora, deslocando-se pelo vácuo até a placa coletora, constituindo uma corrente elétrica que é medida por um microamperímetro ( $\mu\text{A}$ ). O potenciômetro

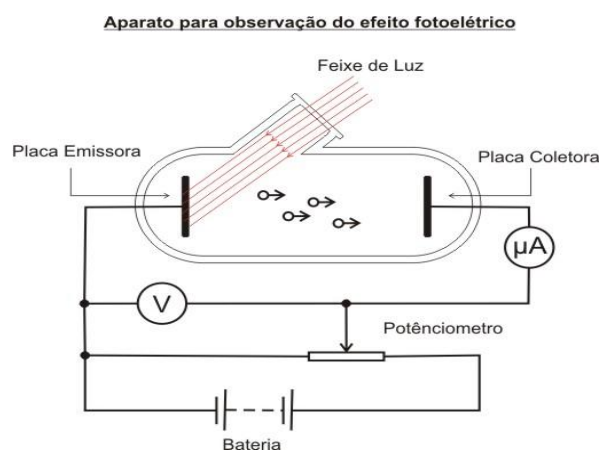


Figura 2: Aparato para observação do efeito fotoelétrico.

regula a voltagem da bateria alterando a velocidade dos elétrons podendo freiá-los ou mudá-los de sentido.

Mas o elétron arrancado perde energia até atingir a superfície do metal. Então, ele propôs uma equação que relaciona as energias envolvidas neste processo: a do elétron arrancado ao chegar na superfície ( $E$ ), a do fóton incidente ( $E_{\text{fóton}}$ ) e a necessária arrancar o elétron ( $E_{\text{arranque}}$ ):

$$E = E_{\text{fóton}} - E_{\text{arranque}}$$

Nesta equação observa-se que a energia do fóton incidente deve ser igual ou maior que a energia de arranque do elétron para que ele seja literalmente arrancado do metal.

A energia do fóton é diretamente proporcional à sua frequência (cor). Por exemplo, um fóton ultravioleta (luz de alta frequência) possui mais energia que um fóton azul (luz de menor frequência). E, a sua frequência está relacionada com a velocidade de arranque dos elétrons: *quanto maior a frequência dos fótons incidentes maior é a velocidade dos elétrons arrancados.*

A intensidade luminosa (quantidade de fótons) é diretamente proporcional a quantidade de elétrons arrancados: *quanto maior a intensidade luminosa (mais fótons) maior é a quantidade de elétrons arrancados, pois cada fóton arranca um elétron.*

Assim, a condição para a ocorrência do efeito fotoelétrico num metal é que:

✓ Os fótons tenham uma frequência mínima específica para cada metal fornecendo, então, a energia mínima suficiente para arrancar os elétrons.

- *Observação:*

- Não importa o quão intensa seja a luz se a sua frequência não for adequada ao metal.
- Com a frequência mínima adequada, se a intensidade da luz for aumentada mais elétrons serão arrancados, porém com a mesma velocidade de uma intensidade menor.

### Algumas Aplicações do Efeito Fotoelétrico

Voltamos a nossa pergunta inicial: Quem apaga e acende as luzes da iluminação pública? Não é um duende com certeza nem tampouco uma pessoa. Então, a pergunta correta é: o que faz estas luzes acenderem ou apagarem diariamente? Agora podemos responder: são os sensores fotoelétricos ou fotossensores que são os responsáveis por abrir e fechar um circuito elétrico como se fosse um interruptor. Eles são sensibilizados pela incidência da luz produzindo ou anulando uma corrente elétrica funcionando então como uma chave interruptora.

Eles são usados comumente em fotômetros, controles remotos, circuitos de segurança, acendimento automático de lâmpadas, calculadora solar, aquecedor solar, controle automático de porta, alarme contra ladrão entre outras aplicações.

Este efeito evidencia que a matéria é constituída por átomos, pois trata-se de uma partícula subatômica, o elétron, que apesar de não podermos vê-lo, é arrancado de um material pela incidência de fótons. Desta forma, temos uma interação de partículas: elétrons e fótons.

É importante observar que quando a luz interage com a matéria, no caso com o metal, ela revela seu caráter granular comportando-se como um feixe de partículas, os fótons.

Todo este estudo acerca da constituição atômica da matéria possibilitou ao homem desenvolver novas tecnologias que nos proporcionam uma vida mais confortável que a de nossos antepassados. Como seria a vida moderna sem estas tecnologias? Por exemplo: Você já pensou viver sem o telefone celular?

---

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2002.
- STACHEL, J. **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.
- UETA, N.; BROCKINGTON, G.; SOUZA, W. B. **Física moderna e contemporânea**. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, CENP, São Paulo, 2004.
- <http://www.feiradeciencias.com.br>. Acesso em 29/08/2011.
- <http://www.hsw.uol.com.br/>. Acesso em 29/08/2011.
-



<http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricoequation.html>. Acesso em 25/08/2011.  
[http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica\\_geral.htm](http://www.iqsc.usp.br/cursos/quimicageral/quimica_geral.htm). Acesso em 20/08/2011.  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/index.php>. Acesso em 29/08/2011.  
<http://www.seara.ufc.br/>. Acesso em 20/08/2011.  
<http://www.secular.com.br/revista/0502/fotoeletrico.html>. Acesso em 29/08/2011.

**Crédito das Figuras:**

Figura 1: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric\\_effect.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric_effect.png). Acesso em 17/10/2011.

Figura 2: [http://saber.sapo.ao/w/images/7/7d/Efeitofotoeletrico\\_-\\_Thiago\\_-\\_UNIFEI.jpg](http://saber.sapo.ao/w/images/7/7d/Efeitofotoeletrico_-_Thiago_-_UNIFEI.jpg). Acesso em 17/10/2011.

---



## Do que as “coisas” são feitas?

### Aula 4: Efeito Compton: O que é e para que serve?

Objetivo: Apresentar o Efeito Compton da observação à explicação, enfatizando as aplicações, a sua contribuição para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a confirmação da hipótese atômica da constituição da matéria.

### Efeito Compton: O que é e para que serve?

Em 1923, Arthur Holly Compton estudando os raios X, observou que após atingirem a matéria, estes raios se espalhavam com frequências (energias) diferentes sendo que uma delas era mais baixa que a incidente, indicando com isto que havia uma perda de energia no processo de espalhamento. Este fenômeno que ficou conhecido como *Efeito Compton* ou *Espalhamento Compton*, lhe rendeu o prêmio Nobel de Física em 1927.

Mas no que consiste este efeito e quais suas aplicações? Vejamos a seguir.

### Observação e explicação

Compton incidiu um feixe de raios X sobre um alvo de grafite (figura 1), medindo as intensidades dos raios X espalhados sob vários ângulos. Ele observou que embora o feixe incidente fosse de uma única frequência (energia), os raios X espalhados tinham picos de intensidade em duas frequências (energias) diferentes, uma com a mesma frequência do raio incidente e o outro com uma frequência menor.

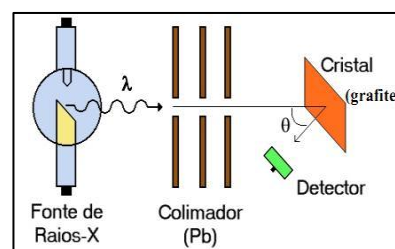


Figura 1: Esquema do equipamento usado por Compton

De acordo com o modelo ondulatório da luz era esperado que os elétrons do material entrassem em ressonância com a frequência dos raios X incidente. Dessa forma, os raios X após atravessarem o material seriam espalhados com a mesma frequência (energia) de incidência. Então, o pico com frequência (energia) menor que foi observado era estranho e precisava de uma explicação.

Para explicar este efeito Compton aplicou o modelo de quantização da luz imaginando o feixe incidente como uma corrente de fótons. Ele admitiu que alguns destes fótons colidissem com os *elétrons livres* do alvo e, então, o elétron inicialmente em repouso adquiriria parte da energia do fóton, fazendo com que o fóton fosse espalhado com uma energia menor e uma direção diferente da incidente (figura 2).

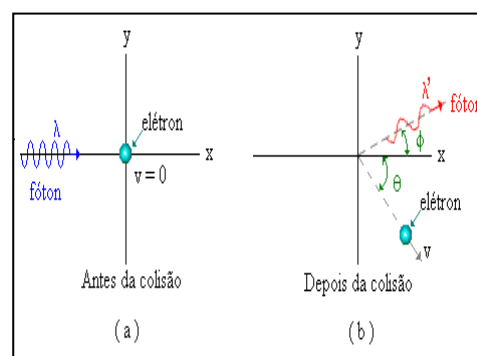


Figura 2: Representação gráfica do efeito Compton.

A explicação para os raios X espalhados com a mesma frequência (energia) incidente é que estes são provenientes do espalhamento dos fótons que colidiram com *elétrons não livres*, ou seja, ligados firmemente ao núcleo. Um elétron nesta situação possui uma massa efetiva alta, de forma que um fóton ao colidir com ele, praticamente, não perderá energia.

### Algumas aplicações do efeito Compton

Os avanços tecnológicos na área de imagemologia têm permitido diagnósticos cada vez mais precisos de diferentes doenças possibilitando um planejamento terapêutico mais precoce e adequado ao paciente, além de ser uma técnica diagnóstica pouco invasiva.

Ciência que estuda a imagem radiográfica.

Durante um exame radiográfico como a tomografia computadorizada, os raios X interagem com os tecidos do corpo através dos efeitos fotoelétrico e Compton. O efeito fotoelétrico é predominante para os raios X de baixa energia e, o efeito Compton predomina para os raios X de alta energia e para os raios gama. Ambos contribuem para a produção da radiografia, na qual o contraste é maior quando predomina o efeito fotoelétrico e menor quando predomina o Compton.

A radiografia desempenha um papel de grande importância atualmente. Nos ossos, ela acusa fraturas, tumores, distúrbios de crescimento e postura. Nos pulmões, revela da pneumonia ao câncer. Em casos de ferimento com armas de fogo, localiza o projétil dentro do corpo. Para os dentistas, aponta as cáries. Na densitometria óssea, detecta a falta de mineral nos ossos e pode acusar a osteoporose.

O efeito Compton é também responsável pelo chamado *pulso eletromagnético* provocado pelas explosões termonucleares na alta atmosfera. Estas explosões geram raios X e gama que sofrem colisões Compton com elétrons da atmosfera, provocando o aparecimento de campos eletromagnéticos intensos que podem causar perturbações nos circuitos elétricos não blindados na superfície terrestre. Esta perturbação foi observada pela primeira vez em 1962 quando os circuitos de potência e de comunicações no Havaí sofreram um colapso durante um teste de explosão nuclear na atmosfera realizado sobre o oceano Pacífico, a muitos quilômetros de distância.

Além da importância inquestionável no desenvolvimento tecnológico, especialmente na área médica, a descoberta e a explicação do efeito Compton mostrou que o modelo do fóton proposto por Einstein se aplica não apenas à luz visível ou ultravioleta, no caso do efeito fotoelétrico, mas também aos raios X que são mais energéticos (maior frequência). Desta forma, este efeito contribui para reafirmar o caráter granular da luz ao interagir com a matéria.

Atualmente não se pode imaginar a medicina sem os métodos de tratamento e os procedimentos tecnológicos altamente desenvolvidos. Tudo isso graças aos estudos realizados acerca da estrutura da matéria!

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 4. 4ª ed.. Rio de Janeiro: LTC, 1995.

PEREIRA, E. P. M.; SILVA, A. A.; GOMES, M. C. F.; SILVA, T. S.; SILVA, G. A.; HESPANHOL, W. T.; FULLY, F. L. O uso do efeito Compton nos diagnósticos por imagem. In: Atas do XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2009. Acesso em 01/09/2011.

<http://vsites.unb.br/iq/kleber/EaD/Fisica-4/Aulas/>. Acesso em 01/09/2011.

### **Crédito das figuras:**

Figura 1: <http://physika.info/physika/documents/compton.pdf>. Acesso em 01/09/2011.

Figura 2: <http://vsites.unb.br/iq/kleber/EaD/Fisica-4/Aulas/Aula-19/fig19-1.gif>. Acesso em 01/09/2011.

---



## Do que as “coisas” são feitas?

Aula 5: A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: Quais as relações?

Objetivo: Apresentar a nanociência e a nanotecnologia englobando suas definições, aplicações e implicações para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a confirmação da hipótese atômica.

### A hipótese atômica, a nanociência e a nanotecnologia: Quais as relações?

#### A escala nanométrica

Para medir o comprimento de árvores, folhas e formigas, usa-se, respectivamente, o metro (m), o centímetro (cm) e o milímetro (mm), que são grandezas de medida que estamos acostumados a utilizar. Já para medir os glóbulos vermelhos do nosso sangue, usa-se o micrômetro ( $\mu\text{m}$ ) e, para a largura das cadeias de DNA usa-se o *nanômetro* (nm).

Mas, o que é um *nanômetro*? A palavra “nano” vem do grego e significa “anão” e é utilizada como prefixo para descrever uma ordem de grandeza referente a um bilionésimo de alguma coisa. Assim, um nanômetro é uma grandeza de medida de comprimento que corresponde a um bilionésimo de metro, ou seja, é 1 metro dividido por 1.000.000.000.

Para que tenhamos uma ideia dos tamanhos nanométricos vejamos uma comparação: um átomo mede cerca de  $0,1 \text{ nm}$  e o diâmetro de um fio de cabelo humano mede cerca de  $30 \text{ mil nm}$ .

Microscópios eletrônicos como o de varredura por tunelamento (STM - Scanning Tunneling Microscope) e o de força atômica (AFM - Atomic Force Microscope) são utilizados para observar e medir coisas na escala nanométrica, além de permitirem a manipulação individual de átomos (figura 1) identificando átomos de diferentes elementos químicos numa mesma superfície (figura 2), o

que possibilita a construção de novos materiais átomo a átomo.

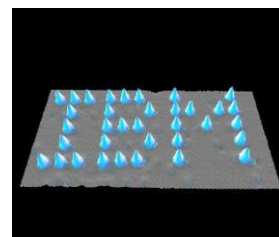


Figura 1: Escrita com átomos usando o STM.

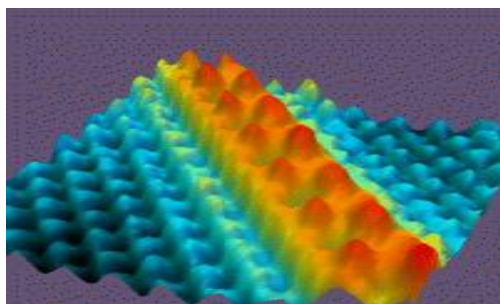


Figura 2: Imagem de STM ( $7 \text{ nm} \times 7 \text{ nm}$ ) de uma cadeia em zig-zague simples de átomos de césio (vermelho) sobre uma superfície de arsenieto de gálio (azul).

## Nanociência e Nanotecnologia

Ao tratarmos de ciência e tecnologia realizadas em escala nanométrica, estamos nos referindo à *nanociência e à nanotecnologia*, que visam, respectivamente, a compreensão e o controle da matéria nesta escala. Suas dimensões típicas vão de 0,1 nm a 100 nanômetros, ou seja, do tamanho de um átomo até o de um vírus.

O princípio básico da nanotecnologia é construir estruturas e novos materiais a partir da manipulação individual de átomos. E já que estamos tratando da manipulação de átomos, então podemos perguntar: *é possível “ver” os átomos?*

É necessário redefinir o significado de “ver”. “Vemos” a nuvem eletrônica dos átomos de forma indireta através dos microscópios eletrônicos que têm alta resolução. Eles são mais resolutivos do que os ópticos porque ao invés de utilizar a luz visível, eles utilizam um feixe de elétrons que têm comprimento de onda da ordem de grandeza de  $10^{-10}$  metros, que é cerca de 1000 vezes menor que o comprimento de onda da luz visível.

Para “vermos” um objeto num microscópio óptico é necessário que este tenha dimensões maiores ou da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível. Como os átomos são muito menores que o comprimento de onda da luz visível, para “vê-los” é necessário que eles sejam “iluminados” por ondas de comprimento de onda da mesma ordem de grandeza que eles, que no caso dos microscópios eletrônicos são os elétrons.

Os dados acerca da estrutura atômica de uma superfície observada por um microscópio eletrônico são coletados e interpretados por um computador produzindo sua imagem. Vejam mais detalhes no quadro ao lado.

### Como o microscópio eletrônico de tunelamento (STM) “vê” os átomos?

Criado em 1981, a imagem formada pela “visão” deste microscópio é aparecida na tela de um computador sendo basicamente formado por: uma ponta muito pequena e afiada (sonda) que conduz eletricidade e é encaixada num *scanner*; componentes eletrônicos que fornecem corrente elétrica à sonda, controlam o *scanner* e recebem os sinais do sensor de movimento; um computador.

Resumidamente este tipo de microscópio funciona assim: uma corrente elétrica é fornecida à sonda enquanto o *scanner* a move rapidamente pela superfície de uma amostra condutora. Quando a sonda encontra um átomo, o fluxo de elétrons entre ela e o átomo muda e, o computador registra a mudança na corrente para cada posição x,y do átomo. Estes dados coletados permitem o desenho de um mapa da corrente sobre a superfície que corresponde a um mapa das posições atômicas, formando a imagem atômica.

Este processo é semelhante ao de uma velha vitrola, em que a agulha é a ponta e as ranhuras no disco de vinil são os átomos.

(Adaptado de:  
<http://ciencia.hsw.uol.com.br/atomos9.htm>.)

### **Monumentalização, miniaturização e economia de recursos materiais**

A nanociência e a nanotecnologia foram inicialmente denominadas de *ecotecnologia*, pois seus objetivos eram conhecer e produzir materiais que utilizassem a menor quantidade de recursos possível. Isso aconteceria na medida em que a construção de materiais acontecesse de baixo para cima, ou seja, átomo a átomo. Desta forma, seria utilizada uma quantidade bem menor de átomos provocando uma economia de recursos materiais.

Esta construção de baixo para cima, denominada de *monumentalização*, necessitaria de altos investimentos em pesquisa para que ela acontecesse. No entanto, interesses econômicos e políticos desviaram este foco para a *miniaturização*, que é a produção de materiais já existentes com tamanhos reduzidos.

É importante não confundir miniaturização com nanotecnologia, embora a construção de materiais em escala nanométrica possibilite a produção de equipamentos e dispositivos cada vez menores.

Na miniaturização temos, por exemplo na eletrônica, os *chips* de computadores que a cada dia diminuem de tamanho e processam mais informações; na mecânica, temos os sistemas microeletromecânicos (Mems) que são peças e máquinas existentes em escala macroscópicas feitas em escala nanométrica: rodas, bombas, válvulas, molas, pinças e engrenagens. Estes Mems estão nos cartuchos de impressoras a jato de tinta, nos microespelhos dos projetores de vídeo, nos acelerômetros dos controles de detecção de movimento de videogames, câmeras fotográficas, entre muitos outros equipamentos.

### **Algumas aplicações nanotecnológicas e possíveis riscos**

As aplicações vão da produção de alimentos e fármacos capazes de melhorar a qualidade de vida à criação de materiais com propriedades inusitadas e supercomputadores. A nanotecnologia está presente em celulares, computadores, chips, sensores, fibras de tecidos (exemplo: tecidos resistentes a rugas), cosméticos, materiais esportivos, medicamentos e, em produtos nanoestruturados que permitem, por exemplo, a limpeza de derramamento de óleo.

Para citar um exemplo na área dos cosméticos existem protetores solares que contêm nanopartículas de óxido de zinco ou de óxido de titânio, que por serem muito pequenas são

menos visíveis, o que significa uma diminuição ou quase anulação daquele aspecto esbranquiçado da pele quando passamos um protetor solar comum.

Na medicina, há estudos em que nanorrobôs programados sejam capazes de atacar e reconstruir a estrutura molecular das células do câncer e dos vírus, retardar o envelhecimento, aumentar a expectativa de vida e realizar cirurgias delicadas.

Um exemplo em teste nesta área são os nanocurativos, um curativo para o coração capaz de ajudar na cicatrização de danos causados por infartos do miocárdio induzindo a cicatrização não apenas das células danificadas, mas também dos neurônios cardíacos. Já os curativos antimicrobianos, que através das nanopartículas de prata matam os micróbios por sufocamento, são exemplos de aplicação real na medicina.

Outra novidade é um dispositivo, ainda em teste, capaz de detectar a presença de HIV e da bactéria causadora da sífilis em 15 minutos facilitando o diagnóstico dessas doenças em áreas carentes e remotas de países em desenvolvimento. Ele é realizado por meio de um pequeno *chip* de aproximadamente  $45 \text{ cm}^2$ , constituído de nanopartículas e microfluidos.

Na eletrônica e na engenharia de materiais temos os *nanotubos de carbono* que são cilindros de átomo de carbono de tamanho nanométricos formados por folhas de grafite enroladas em si mesmas como rolos de uma grade. Suas propriedades físicas dependem de como a folha é enrolada o que determina a forma de alinhamento dos átomos de carbono. Dependendo deste alinhamento são criados nanotubos centenas de vezes mais fortes que o aço, porém seis vezes mais leve. Assim, utilizando este material em peças de carros e aviões, teríamos veículos mais leves, o que proporcionaria uma melhor eficiência no uso de combustível.

Há estudos em que os nanotubos de carbono podem ser semicondutores aplicados em transistores e em microprocessadores. Na reportagem do quadro a seguir temos um exemplo dos nanotubos de carbono em materiais esportivos.



### Tênis, alguém?

A nanotecnologia está causando um grande impacto no mundo do tênis. Em 2002, a companhia de raquetes de tênis Babolat lançou a raquete VS Nanotube Power. Feita de nanotubo de grafite reforçado com nanotubos de carbono, a raquete era muito leve e muitas vezes mais forte que o aço. Enquanto isso, a fabricante de bolas de tênis Wilson lançava a bolinha Double Core. Essas bolas têm uma cobertura de nanopartículas de argila no núcleo interno. A argila age como um selante, fazendo com que seja muito difícil que o ar escape da bola. (Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/nanotecnologia.htm>)

### *E o que dizer dos riscos associados à nanotecnologia?*

A ciência do século XX revelou a estrutura do átomo possibilitando avanços tecnológicos que nos levaram a chamada vida moderna repleta de recursos tecnológicos que nos proporcionam uma melhor qualidade de vida e conforto.

O desenvolvimento de produtos nanotecnológicos oferece a perspectiva de não apenas melhorar a qualidade de vida humana como também ajudar a preservar o meio ambiente através de produtos com nanopartículas que promovem, por exemplo, a limpeza eficaz dos não almeçados, mas recorrentes, derramamentos de óleo.

As nanopartículas exibem características físico-químicas diferentes das suas partículas “irmãs” macroscópicas. Estas características que as tornam interessantes tecnologicamente podem ser prejudiciais quando liberadas ao meio ambiente, pois pelo pequeno tamanho das nanopartículas elas se difundem facilmente pela atmosfera, águas e solos, são mais difíceis de serem removidas por técnicas de filtração e, são mais fáceis de entrar e ficar acumuladas em células vivas. Apesar desta crescente preocupação os estudos recentemente publicados são promissores no que dizem respeito à relação custo-benefício de suas aplicações.

A nanotecnologia é um campo multidisciplinar que envolve áreas como a Biologia, a Química, a Física e diversas engenharias que estudam o desenvolvimento de novas substâncias e produtos em escala nanométrica.

Para finalizar fica então a pergunta: teríamos todo este desenvolvimento nanotecnológico sem a base teórica proporcionada a partir da *hipótese atômica da constituição da matéria*? Foi com base nesta “hipótese” que os modelos atômicos foram e

continuam sendo desenvolvidos possibilitando o crescente desvendamento da estrutura da matéria.

Todo este desenvolvimento nanotecnológico só foi alcançado porque há muito tempo atrás, 400 a.C., filósofos plantaram a semente da *hipótese atômica da constituição da matéria*, que afirma que *tudo no Universo é constituído por átomos*, desde as “coisas” com estrutura molecular mais simples às mais complexas, dos seres não-vivos aos vivos.

**Observação:**

Apesar de o termo “hipótese” nos conduzir a ideia de algo não confirmado, a *hipótese atômica da constituição da matéria* é uma realidade com várias evidências experimentais que confirmam sua validade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JOACHIM, C.; PLÉVERT, L. **Nanociências: a revolução do invisível**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2009.

QUINA, F. H. Nanotecnologia e meio ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, vol. 27, n. 6, p. 1028-1029, 2004.

SCHULZ, P. A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? **Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.

Vídeo: Nanobiotecnologia, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT. [http://www.youtube.com/watch?v=PfgihPQ67M8&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=PfgihPQ67M8&feature=player_embedded). Acesso em 10/08/2011.

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/atomos9.htm>. Acesso em 01/08/2011.

<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/08/mais-rapido-e-acessivel/?searchterm=Mais%20r%C3%A1pido%20e%20acess%C3%ADvel>. Acesso em 20/08/2011.

[http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/pdf/Folder\\_Nanotecnologia.pdf](http://mesonpi.cat.cbpf.br/desafios/pdf/Folder_Nanotecnologia.pdf). Acesso em 10/08/2011.

<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm>. Acesso em 01/08/2011.

### Crédito das Figuras:

Figuras 1e 2: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/atomos9.htm>. Acesso em 20/09/2011.

**APÊNDICE J: PROPOSIÇÃO DIDÁTICA EM FORMATO ELETRÔNICO (CD)**