



**Universidade Federal do Ceará**  
**Centro de Ciências**  
**Curso de Pós-Graduação em Física**

**“A Contextualização do Experimento de Baixo Custo  
no Ensino da Física: Possibilidades de Criar um  
Ambiente para Mudança Conceitual em Sala de Aula”**

**Henrique Bezerra Cardoso**

**Dissertação submetida ao Departamento  
de Física da Universidade Federal do  
Ceará como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em Física.**

**Orientador: Josué Mendes Filho**  
**Co-orientadora: Eloísa Maia Vidal**

**FORTALEZA**  
**2003**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C262c Cardoso, Henrique Bezerra.

A contextualização do experimento de baixo custo no ensino da Física : possibilidades de criar um ambiente para mudança conceitual em sala de aula / Henrique Bezerra Cardoso. – 2003.  
119 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Física, Fortaleza, 2003.

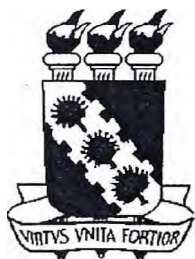
Orientação: Prof. Dr. Josué Mendes Filho.

Coorientação: Profa. Dra. Eloísa Maia Vidal.

1. Ensino de Física. 2. Didática experimental. 3. Experimento. I. Título.

CDD 530

---



**Universidade Federal do Ceará**  
**Centro de Ciências**  
**Curso de Pós-Graduação em Física**

**“A Contextualização do Experimento de Baixo Custo  
no Ensino da Física: possibilidades de se Criar um  
Ambiente para Mudança Conceitual em Sala de Aula”**

***Henrique Bezerra Cardoso***

Dissertação submetida ao Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Física.

Banca Examinadora:

**Dr Josué Mendes Filho - UFC**  
**Orientador**

**Dra. Eloísa Maia Vidal - UECE**  
**Co-Orientadora**

**Dr. Francisco Antônio Loiola - UFC**

**Dr. Roberto Nardi - UNESP**

Aprovada em 06 de fevereiro de 2003

# DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo e Ismênia, e aos meus irmãos, Rafael, Álvaro e Germano.



# AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Josué Mendes Filho, pelo acompanhamento, oportunidade, por ter depositado a confiança para que a primeira dissertação em ensino de Física do Departamento de Física fosse possível.

Agradeço a professora Eloísa Vidal, pela co-orientação, pela disposição, me auxiliando e discutindo aspectos importantes para o trabalho.

Ao professor Paulo de Tarso, pelas leituras críticas e correções da dissertação, pelos trabalhos desenvolvidos em conjunto e amizade.

A todos os funcionários da secretaria da graduação e pós-graduação pelo carinho e atenção nas vezes que precisei ir a secretaria da graduação.

Ao professor Cleuton Freire pelo estímulo de fazer uma “Física diferente”.

A todos os colegas estudantes da pós-graduação pela amizade, em especial, aos amigos Teldo, Mario Henrique, Luis Gonzaga, Makarius e Emerson.

Ao professor Humberto Carmona pelas diferentes contribuições.

A Jorgina, pelo companheirismo, eterna paciência e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus pais, pela paciência, companhia, incentivo à diferença, apoio logístico e afetivo para realização deste trabalho.

Ao amigo Antonio Gomes, grande incentivador.

A todas as pessoas que colaboraram como sujeitos da pesquisa, alunos, professores e coordenação da escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará.

A todos os ex-alunos da disciplina “Instrumentação para o Ensino da Física”, em especial, ao Hildegarton e Gracias.

Ao professor Erivan.

A Socorro Brito, Iracema, Ana Virgínia, Ved e Harbans.

# SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO ..... 1

**CAPÍTULO 1 – RETROSPECTIVA HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL ..... 5**

1.1 – EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL ..... 7

1.1.1 - Brasil Colônia ..... 7

1.1.2 - Brasil Império ..... 9

1.1.3 - Brasil República até 1920 ..... 11

1.1.4 - Brasil após 1920 ..... 14

1.1.5 - Brasil após 1960 ..... 17

1.1.6 - Brasil após 1980 ..... 24

1.1.7 - Tendências do currículo de Física na década de 90 ..... 25

1.2 – A NOVA LDB E OS PCN ..... 27

1.3 – A REALIDADE DO ENSINO DE FÍSICA NO ESTADO DO CEARÁ ..... 35

2.4 – CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO ..... 40

**CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: Concepções Alternativas, Modelo de Mudança Conceitual, Modelo de Mudança Conceitual e Metodológico, Noção de Perfil Conceitual ..... 47**

2.1 – O MOVIMENTO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS ..... 49

2.2 – O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL ..... 55

2.3 – O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL E METODOLÓGICO ..... 59

2.4 – A NOÇÃO DE PERFIL CONCEITUAL ..... 63

2.5 – CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO ..... 65

## **CAPÍTULO 3 – A POSSIBILIDADE DE MUDANÇA CONCEITUAL: UM EXEMPLO UTILIZANDO O MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS**

.....	69
3.1 – A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS .....	71
3.2 – IMPORTÂNCIA DA HISTORIA DA CIÊNCIA .....	75
3.3 – ESCOLHA DA METODOLOGIA .....	76
3.4 – CARACTERÍSTICAS DA ESCOLA .....	78
3.5 – APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE. ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS .....	81
3.5.1 - Categorias e Tipos de Respostas .....	82
3.5.2 - Aspectos Relevantes e Discussão dos Resultados .....	87
3.6 – APLICAÇÃO DO PÓS-TESTE. CARACTERÍSTICAS E ROTEIRO DA AULA. ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS .....	90
3.6.1 - Condições para se Criar um Ambiente de Mudança Conceitual em Sala de Aula .....	90
3.6.2 - Roteiro e Características da Aula Aplicada .....	93
3.6.3 - Categorias e Tipos de Respostas .....	94
3.6.4 - Aspectos Relevantes e Discussão dos Resultados do Pós-Teste .....	97
3.7 – A ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA .....	99
3.8 – CONSIDERAÇÕES SOBRE A PESQUISA E IMPLICAÇÕES DIDÁTICAS .....	103

## **CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....**

4.1 – A LEI DE QUEDA-LIVRE DOS CORPOS: POSSIBILIDADE DE MUDANÇA CONCEITUAL? .....	109
4.2 – O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL, O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL E METODOLÓGICO E A NOÇÃO DE PERFIL CONCEITUAL .....	110
4.3 – ÚLTIMAS PALAVRAS .....	112

## **REFERÊNCIAS .....**

### **APÊNDICES**

### **ANEXOS**

## RESUMO

Ambientes favoráveis onde o aluno possa desenvolver práticas experimentais satisfatórias para uma melhor compreensão dos fenômenos (como um bom laboratório) não se encontram disponíveis na grande maioria das escolas. O uso do experimento de baixo custo no ensino de física apresenta-se, então, como uma excelente opção para estudos exploratórios, encontrando-se ainda longe de ser esgotado. Baseado no modelo de mudança conceitual (MMC) propomos a aplicação de uma metodologia na qual o experimento de baixo custo seja um fator motivante para a aprendizagem. Exploramos, baseado neste modelo, o tópico "movimento de queda livre dos corpos". Nosso estudo mostrou que a metodologia adotada contribuiu de forma positiva para a aprendizagem possibilitando a ampliação conceitual dos alunos. Entretanto, a ocorrência de uma mudança conceitual num sentido mais amplo, não foi possível de ser verificada no presente trabalho.

## **ABSTRACT**

Positive environments, where the student may develop appropriate experiments in order to get better understanding of the physical phenomena (like a good laboratory) are not easily available at the good majority of the schools. Using low cost experiments for teaching physics turn out to be, therefore, an excellent option for exploratory studies. Based on the conceptual change model, we suggest the application of a new methodology in which the low cost experiments become a motivation for learning. In this work one explore, based on this methodology, the topics "movement" and "free fall". Our case study showed that the adopted methodology contributed in a positive way to the learning process, making it possible a conceptual improvement of the students. However, it was not possible to verify the occurrence of conceptual change in a broader sense in the present work.

# INTRODUÇÃO



Embora os novos Parâmetros Curriculares Nacionais já indiquem a necessidade de mudanças ou adaptações de novas práticas para a melhoria da qualidade de ensino ofertado nas escolas, ainda existem poucos materiais ou metodologias que consigam adequar-se à nossa realidade.

No caso do ensino da Física, ambientes favoráveis como, por exemplo, um laboratório onde o aluno possa desenvolver práticas experimentais satisfatórias para melhor compreensão dos fenômenos físicos, não se encontram disponíveis na grande maioria das escolas. Apesar do grande desenvolvimento tecnológico que estamos presenciando e de, atualmente, ser dada grande ênfase para que o ensino também seja desenvolvido com auxílio de novas tecnologias, elas ainda continuam distantes da grande maioria de nossa população. Talvez possamos presenciar mudanças nesse sentido, mas as conjecturas atuais de nosso país parecem indicar que essas modificações ainda devam levar algum tempo.

Pensando nisso, o desenvolvimento de metodologias educativas que envolvam experimentos alternativos de Física, utilizando materiais de baixo custo, apresenta-se como forte indício para estudos exploratórios e que ainda estão longe de ser esgotados. A construção do experimento tanto pelo aluno quanto pelo professor, durante as aulas, apresenta-se extremamente positiva para a formação do aluno. Durante a construção, a dúvida sobre o que virá a ser apresentado, a surpresa do resultado ou o processo envolvido na construção levam, de certa forma, o aluno à reflexão, uma vez que *“a possibilidade de contato com o inusitado não se prende necessariamente a uma novidade. Às vezes, o sujeito pode encontrar algo novo naquilo que lhe parecia velho e familiar, quando é capaz de enxergar novas relações e novos aspectos ali presentes”*. (RAMOS e FERREIRA, 1998, p.130).

As pesquisas sobre concepções espontâneas ou alternativas têm um papel importante na orientação das práticas do ensino da Física onde o caminho por meio de métodos experimentais usando materiais alternativos, de fácil acesso na escola ou de uso comum pelos alunos, auxilia na reorientação da prática pelo professor. Podemos, utilizando a alternativa experimental, criar um ambiente dentro da sala de aula que propicie condições de reciprocidade intelectual entre professor-aluno e aluno-aluno através da cooperação ao mesmo tempo moral e racional levando o aluno a aprender conceitos de física? Acreditamos que isso é possível, mas nem sempre, pois a formação do professor exerce um papel fundamental para que isso se torne efetivo.

No intuito de realizar uma reflexão sobre a prática de ensino da Física, numa perspectiva construtivista, desenvolvemos dois estudos onde temos como foco principal a utilização de experimentos de baixo custo no ensino da Física.

Nosso estudo procurou refletir diretamente dentro da sala de aula. Ele foi desenvolvido numa escola de periferia da cidade de Fortaleza, especificamente, numa turma de primeiro ano do ensino e o tema escolhido foi o “movimento de queda livre dos corpos”. Buscou-se dentro de uma abordagem qualitativa, utilizar experimentos simples como recurso didático buscando ampliando os aspectos importantes dentro do estudo do fenômeno.

Desenvolvemos no primeiro capítulo uma breve retrospectiva história do ensino de Física (e indiretamente de ciências) em nosso país. Nosso ensino de Física ainda é bastante recente (completando pouco mais de 100 anos), mas apesar disso marcado por grandes entraves políticos e sociais. De caráter extremamente literal, formal e descritivo estava distante do cotidiano e da busca de algum sentido para a vida. Nessa perspectiva, poderemos perceber que também o papel do experimento no ensino era sempre deixado de lado em contraposição ao ensino formal e literário. Essa herança genética, herdada de nossa colonização, ainda hoje persiste em diversas áreas de atuação do ensino de Física, seja nas universidades, escolas, livros-textos ou manuais e práticas escolares. Nosso objetivo com este capítulo seria o de possibilitar uma reflexão sobre a evolução da história do ensino de Física no Brasil, buscando uma ponte com a conjuntura atual baseada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e seu contexto dentro da realidade do ensino no Estado do Ceará.

No segundo capítulo, descrevemos a fundamentação teórica na qual nosso estudo está fundamentado. Iniciamos com uma introdução sobre a evolução das pesquisas em concepções espontâneas ou alternativas no ensino de ciências, seus precursores, e sua importância para a mudança de mentalidade do ensino de ciências estando inserida dentro de um referencial construtivista. Em seguida, falamos sobre o modelo de mudança conceitual para o ensino de ciências, o nosso referencial básico no desenvolvimento e aplicação da metodologia sobre o “movimento de queda livre dos corpos”. Vimos a necessidade de expandir a discussão teórica sobre o modelo de mudança conceitual estendendo ao modelo de mudança conceitual e metodológico, proposto por Gil-Perez e Carrascosa(1985), e a noção de perfil conceitual, proposto por Mortimer (1996). Ambos são modelos que percebendo as limitações do modelo de mudança conceitual propõem novas alternativas para se pensar o ensino de ciências. Nossa intenção não foi a de mostrar as inconsistências de cada modelo mas sim pensar que eles podem ser, num primeiro momento, complementares, possibilitando ampliarmos a compreensão sobre modelos de ensino de ciências.

No capítulo 3, estruturamos um modelo de aula para trabalhar o assunto “movimento de queda-livre dos corpos”. Para isso foi realizado um pré-teste na sala de aula piloto<sup>2</sup> para verificar as concepções alternativas dos estudantes e, em seguida, com a análise destes dados, propomos uma metodologia com a possibilidade de se criar um ambiente de mudança conceitual em sala de aula. Isso foi realizado com o uso de experimentos de baixo custo utilizando material de uso comum pelos alunos e orientado pelo professor pesquisador.

Buscamos com esse estudo ampliar nossos conhecimentos sobre o papel do experimento de baixo custo no ensino da Física, contextualizando-o durante uma aula nos “moldes normais” na realidade de uma escola pública estadual do Ceará.



# **CAPÍTULO 1**

## **RETROSPECTIVA HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL**

## 1.1 – EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

### 1.1.1 - Brasil Colônia

A primeira escola brasileira foi fundada na Bahia, em 1549, pelo padre Manoel da Nóbrega e cinco missionários. Tinha como objetivo alfabetizar os filhos da nobreza seguindo a doutrina jesuítica, que coincide com a política colonizadora de Dom João III, ensinando a ler, a escrever e a recitar a doutrina cristã. Contar era só para os filhos dos colonos. Estudo e trabalho eram coisas bem distintas e, no dia-a-dia, a reflexão era dispensada dando prioridade à produção econômica, trabalhosa e pesada. (ALENCAR *et al.*, 1985). A partir daí e por mais de duzentos anos a educação permaneceu aos cuidados unicamente dos padres da Companhia de Jesus e completamente fechada ao estudo das ciências experimentais. Ao contrário das coroas espanhola e inglesa, a metrópole portuguesa não criou, em suas colônias, universidades, nem bibliotecas, nem institutos de ensino superior. O período colonial passou por dois períodos: o primeiro, de 1549 a 1570, durante o tempo de vida de Nóbrega e, o segundo, de 1570 até 1759, quando ocorre a expulsão dos jesuítas de Portugal e de suas colônias pelo Marquês de Pombal.

No segundo período o ensino de humanidades foi predominante e, segundo Almeida Júnior (1979, p.46):

*(...) marcaria por muitos anos ainda os currículos das escolas do Brasil. A instrução se caracterizava pelo ensino da gramática, da retórica e da escolástica<sup>1</sup>, em primeiro plano, e das letras teológicas e jurídicas, no plano superior, com alguns rudimentos de medicina e sem nenhuma preocupação com as ciências naturais.*

Apesar disso, o ensino de Meteorologia já estava presente indicando a existência de alguma instrução científica. Somente durante o período da invasão holandesa, entre 1637 e 1644, houve uma época de atividades científicas no Brasil colonial sendo realizadas por um grupo de cientistas trazido a Pernambuco pelo Conde Maurício de Nassau. Este grupo restringia-se, na sua maioria, ao campo das ciências naturais, ou seja, à Zoologia, à Botânica e à Medicina. Mas, entre eles, o naturalista alemão J. Marcgrave destacou-se na área da Física. Marcgrave também realizou observações meteorológicas e astronômicas no primeiro observatório da América do Sul, construído por Maurício de Nassau. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979.)

O curto período de estada holandesa durou cerca de sete anos e foi marcada por algumas obras importantes tais como: a implantação de bibliotecas e museus, a criação de uma imprensa, a construção do primeiro observatório astronômico do Brasil e de uma academia para encontros literários e científicos. No entanto, esta curta estada não resultou em mudanças significativas para a cultura

<sup>1</sup> “... comentários das obras de Aristóteles, solicitadas num sentido cristão”. (SODRÉ, 1970. p.13)

colonial. (CARVALHO e MARTINS, 1998.) Com a expulsão dos holandeses, em 1644, desapareceu a concretização de um esboço de ensino científico no país, ao mesmo tempo que toda manifestação da difusão das ciências na Colônia continuava sufocada. Apesar de toda uma situação não propícia ao desenvolvimento da ciência, de vez em quando surgia um talento, como o caso do padre brasileiro Bartolomeu Lourenço Gusmão (1684-1724). Tendo estudado em Lisboa a física dos fluidos, ele construiu, em 1709, o primeiro aeróstato<sup>2</sup>, batizando-o de "passarola". Foi considerado o primeiro inventor americano e precursor da aeronáutica brasileira.

Em 1759, com a expulsão dos jesuítas pelo Marquês de Pombal<sup>3</sup>, o Brasil sofreu a destruição de seu sistema educacional que, de certa forma era bem estruturado, mas sem que fosse substituído imediatamente por outro de forma a atenuar seus efeitos. Por outro lado, com a reforma do Marquês houve a implantação de novos estatutos com a criação de faculdades na Universidade de Coimbra (1772). Com isso abriu-se indiretamente novos horizontes à cultura nacional como, por exemplo, o estudo das ciências de observação, além de ter possibilitado o acolhimento de jovens estudantes brasileiros que foram a Portugal completar seus estudos. Três anos após a reforma da Universidade de Coimbra, fundou-se a primeira Academia Científica no Rio de Janeiro. Embora tenha tido curta duração ela foi, no entanto, a precursora da Academia Nacional de Medicina e da Academia Brasileira de Ciência. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979.)

Silva Alvarenga, poeta inconfidente, foi um dos que ao voltar de seus estudos na Universidade de Coimbra fundou no Rio de Janeiro, em 1786, uma sociedade científica, mas foi logo fechada por motivos políticos pelo Conde de Resende.

Assim, enquanto que no período colonial foram impostos ao Brasil os valores de uma sociedade de organização econômica, apoiada na agricultura e na navegação, e numa educação de orientação escolástica, em outros países (Itália, Inglaterra, França e Alemanha) havia uma expansão pelo interesse da Filosofia Natural e a abertura para o desenvolvimento de técnicas e máquinas, ou seja, citando Whitehead (1948, p.1), enquanto:

*O século dezesseis de nossa era presenciou a ruptura do cristianismo ocidental e o nascimento da ciência moderna. Nada foi realmente estabelecido, mas houve a abertura para novos mundos e idéias. Copérnico e Vesálius podem ser escolhidos como figuras representativas desse período (século dezesseis). Eles tipificaram a nova cosmologia e a ênfase nas observações científicas diretas. Giordano Bruno foi um mártir; embora a causa de seu sofrimento não tenha sido a ciência, mas sim sua livre imaginação especulativa. Sua morte no ano de 1600 anunciou o primeiro século da ciência moderna no sentido restrito do termo. Em sua execução existia um simbolismo inconsciente.*

<sup>2</sup> Uma espécie de balão. Após duas tentativas de vôos frustrados, o balão conseguiu elevar-se quatro metros de altura. O Padre foi apelidado por Dom João IV de o *Padre Voador*. (KOOGAN/HOUAISS. *Enciclopédia e dicionário Ilustrado*. Rio de Janeiro: Edições Delta, 1994).

<sup>3</sup> "O poder das ordens religiosas cresceu tanto que o Marquês de Pombal tomou a iniciativa de expulsar os Jesuítas de Portugal e de suas colônias (...) e a alegação era de que a Companhia se transformara num verdadeiro 'estado dentro do estado'". (ALENCAR et al., 1985. p.38)



Portanto, enquanto no século dezesseis se presenciava a ruptura do cristianismo ocidental na Europa e o nascimento da ciência moderna, éramos colonizados através de uma cultura de reorientação portuguesa onde se preservava, “*a herança tradicional expressa na doutrina aristotélico-atomista*”. (CARVALHO e MARTINS, 1998, p.140.)

### 1.1.2 - Brasil Império

A vinda da família real portuguesa para o Brasil, em meados do século XIX, marca não somente o início de nossa independência, mas também o começo da nossa autonomia cultural realizando uma profunda mudança na vida colonial. Foram criados a Imprensa Régia, a Biblioteca Nacional, o Museu Real, escolas e várias instituições de ensino superior representando “*a primeira ação governamental eficaz significativa no campo da ciência e da educação brasileira*”. (CARVALHO e MARTINS, 1998, p.142.). Em 18 de fevereiro de 1808, foi fundada na Bahia a Escola de Cirurgia, talvez, a primeira escola superior. Em seguida, nasce a Academia Real Militar, organizada no Rio de Janeiro, em 1810. Nesses primeiros estabelecimentos começou mais tarde a serem lecionadas as ciências físicas que visavam, principalmente, suas aplicações práticas (COSTA RIBEIRO, 1994, p.192.). Embora as ciências naturais tenham se desenvolvido rapidamente com a presença de pesquisadores tanto brasileiros como estrangeiros, o mesmo não aconteceu com as ciências físicas.

O ensino durante o Império permaneceu fortemente clássico, literário e sem ênfase no estudo das ciências. No entanto, algumas tentativas de reforma foram empreendidas, mas com insucessos. Por exemplo: o projeto de José Bonifácio, de 9 de outubro de 1821, vetado pelas cortes. Entre outras medidas, sugeria a reorganização do ensino secundário e superior, além da criação de uma universidade, em São Paulo, com uma faculdade de Filosofia. Nesta as ciências físicas e naturais e as matemáticas puras e aplicadas começariam a ser obrigatórias no plano de estudo do ensino nacional (ALMEIDA JÚNIOR, 1979).

Com a proclamação da independência do Brasil, houve uma nova orientação política educacional com a criação do Colégio Pedro II, em 2 de dezembro de 1837. Era um modelo que deveria ser adotado para todas as escolas da corte. A exemplo dos colégios franceses, os estudos das matérias eram organizados de forma simultânea e seriada num curso regular por um período de seis a oito anos. A vitória mais importante a favor do ensino de ciências, só ocorreu em 31 de janeiro de 1838 com o Decreto n.º 8 no qual reservava, nos últimos três anos do ensino, o estudo das ciências físicas e matemáticas. Isso representava uma grande vitória para a época, mas virtual, pois a predominância do ensino literário e humanístico sobre os científicos ainda tinha profundas raízes que impediam um desenvolvimento satisfatório destes. Por exemplo, como nos exames preparatórios para as escolas de

ensino superior a exigência maior era de matérias de humanidades, acabavam desobrigando ou reduzindo as aulas de Física a meras noções gerais. Somente em 1832 foi criada, no ensino superior, a primeira cadeira efetiva de Física nos cursos médicos das academias fundadas por Dom João VI, mas sem interesses de pesquisa científica. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979)

Nos fins do século XVIII, decorrente da revolução industrial, a Alemanha criou um novo tipo de ensino secundário mais científico do que literário, as “realschulen”, destinadas ao preparo básico dos cidadãos para a vida profissional e que acabou influenciando a opinião francesa desde 1830. Devido a essas influências, o regulamento de 17 de fevereiro de 1855 do colégio Pedro II transferiu os estudos científicos para os primeiros anos do curso, reservando para as últimas séries o aprimoramento da formação clássica. Aqui surgiu um problema, talvez em parte familiar à realidade educacional brasileira atual - a falta de continuidade, a falta de livros-textos adequados às diversas regiões de nosso país, a falta de estrutura física adequada, má formação dos professores, entre muitos outros. Assim, *“a reforma baseada nas ‘realschulen’ não durou muito tempo devido a falta de livros adequados às lições, ao despreparo dos professores, à densidade de conteúdo dos cursos e razões de ordem social e econômica.”* (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p.55.) Embora toda a estrutura econômica brasileira no período fosse essencialmente agrícola, a influência alemã trouxe apreciável desenvolvimento ao ensino científico no Brasil e, conseqüentemente, para o ensino da Física. Houve a necessidade de experiências e demonstrações práticas dos princípios estudados, promovendo, assim, a observação e a formulação de hipóteses por parte dos alunos. Os experimentos eram demonstrativos e ilustrativos da teoria sendo manipulados pelo professor enquanto que aos alunos cabiam somente a observação. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979.)

No alvorecer da década de 70, por influências positivistas, muitos brasileiros não economizaram apologias à ciência *“ênfatizando sua força comteana de desenvolver a atitude crítica que resultaria na perfeição do espírito.”* (ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p. 56.) Rui Barbosa, procurando chamar a atenção para uma nova atitude intelectual, propõe o famoso parecer de reforma da educação, que no papel, estava mais para um plano ideal e teórico inspirado nos meios sociais europeus como a Inglaterra, a Alemanha e os Estados Unidos do que para a realidade brasileira. Portanto, distante da realidade nacional. (WERNECK SODRÉ, 1970.)

Para Rui Barbosa:

*A ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental. Perceber fenômenos, discernir relações, comparar as analogias e dessemelhanças, classificar as realidades e induzir as leis, eis as ciências, eis, portanto o alvo que a educação deve ter em mira. Ora, nossos métodos e os nossos programas tendem precisamente ao contrário (...) Em vez de educar no estudante os sentidos, de incentiva-lo a pensar, a escola e o licen entre nós*

*ocupam-se exclusivamente em criar e desenvolver nele os hábitos de decorar e repetir. A ciência e o sopro científico não passam por nós.* (HAIDAR<sup>4</sup>, 1972, p.120 *apud* ALMEIDA JÚNIOR, 1979, p.56.)

O “sopro científico” de Rui Barbosa não passou de mero discurso não conseguindo influenciar de forma significativa o ensino científico como um todo levando, por exemplo, os professores à uma nova atitude didática. Devemos destacar que o corpo docente era quase todo constituído por professores despreparados e sem nenhuma preparação didática específica. Assim, a preocupação em se fazer ciência continuou inexistente com predominância à decoração e à recordação de conceitos através de processos mnemônicos em oposição à promoção do raciocínio lógico e científico. Portanto, durante todo o período imperial nenhum empenho pedagógico inovador no campo das ciências e, em especial, da Física, aconteceu de forma a alterar de maneira significativa a educação predominantemente clássica e de caráter geral herdada pelos jesuítas. Apesar disso, houve a aquisição de materiais indispensáveis para o estudo das ciências no fim do Império dando vida nova aos seus estudos. Talvez esse pequeno incremento tenha sido resultado apoio e incentivo do próprio Dom Pedro II, um grande cultor das ciências. (ALMEIDA JÚNIOR, 1979)

### 1.1.3 - Brasil República até 1920

Com a substituição do trabalho escravo pelo trabalho assalariado, a introdução de novas técnicas nos principais setores da economia e, conseqüentemente, o aumento da produtividade, o final do século XIX representou um momento de transformações marcantes para o Brasil. As transformações econômicas eram acompanhadas de mudanças sociais que acabavam gerando novos interesses em outras áreas embora, em termos educacionais, pelo menos até o fim da primeira grande guerra (1918), a mesma mentalidade dos períodos colonial e imperial ainda fosse persistente (ALENCAR *et al.*, 1985).

Influenciados pelo grupo comtista a primeira reforma do ensino público foi realizada pelo Decreto n.º 891, de 8 de novembro de 1890, pelo então ministro da Instrução, Benjamim Constant. Esta reforma abrangia desde ensino fundamental e médio, até o ensino superior e acabou marcando uma ruptura com a antiga tradição de ensino humanístico. Para o ensino médio foi proposto um currículo enciclopédico em um curso de sete anos que, além do curso clássico, também previa o estudo das ciências fundamentais classificadas na ordem lógica de Augusto Comte (Veja a Tabela 1.1.3.1). Segundo o relato de Geraldo Bastos *apud* Almeida Júnior (1980), tal instrução ficou bastante comprometida devido a três circunstâncias: a primeira foi a de que devido grande número de

<sup>4</sup> HAIDAR, Maria de Lourdes. *O ensino secundário no Império brasileiro*. São Paulo: Grijalbo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1972.



disciplinas, o ensino de ciências exatas sofreu sérios prejuízos, pois, das 36 diferentes disciplinas 14 eram disciplinas científicas; segunda, era exigido um alto nível de abstração no estudo dos cálculos diferencial e integral que, em geral, estava fora do alcance e das capacidades intelectuais da maioria dos jovens estudantes; terceiro, o ensino estava limitado a noções gerais com a presença de muitos cálculos e sem nenhuma implicação experimental. Não havia referências à atividades práticas tais como aulas de laboratórios. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980.).

**Tabela 1.1.3.1 - Disciplinas científicas que constituíam o currículo do ensino médio público proposto Benjamin Constant e classificados na ordem lógica de Augusto Comte. FOONTE: ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p.55-56.**

<b>1º ANO</b>	Aritmética (estudo completo) e Álgebra Elementar
<b>2º ANO</b>	Geometria Preliminar, Trigonometria Retilínea e Geometria Espacial.
<b>3º ANO</b>	Geometria Geral e seu complemento algébrico, Cálculo Diferencial e Integral (limitado ao conhecimento das teorias rigorosamente indispensáveis ao estudo da Mecânica Geral propriamente dita).
<b>4º ANO</b>	<b>Primeiro Período:</b> Mecânica Geral (limitada às teorias gerais do equilíbrio e movimento dos sólidos invariáveis e precedida das noções rigorosamente indispensáveis do cálculo das variações). <b>Segundo Período:</b> Astronomia (precedida de Trigonometria Esférica), Geometria Celeste e noções sucintas de Mecânica Celeste (Gravitação Universal)
<b>5º ANO</b>	Física Geral e Química Geral.
<b>6º ANO</b>	Biologia
<b>7º ANO</b>	Sociologia e Moral, Noções de Direito Pátrio e Economia Política.

Após tentativa frustrada de reforma outras iniciativas fragmentárias surgiram, mas sem causar alterações consideráveis. Tal situação confirmava o caráter preparatório do ensino médio para o ingresso no ensino superior, demonstrando uma completa ausência de uma política educacional com relação ao ensino científico que permaneceu relegado a um plano secundário. Outro fato interessante que contribuiu para esta situação refere-se a emenda do Projeto Substitutivo de 18 de agosto de 1891 que referia-se aos exames para ingresso no ensino superior. Dentro de sua lógica para um candidato realizar os exames para entrar no ensino superior, os estudos das disciplinas científicas eram cobrados na forma escrita ou oral, mas poderia ser desconsiderada para sua admissão.

Não parece ser de hoje que as reformas educacionais no Brasil sofrem de descontinuidades. No primeiro período republicano, todas as reformas do ensino secundário também sofreram descontinuidade no estudo e nas soluções dos problemas fundamentais da organização educacional. Os colégios, na maioria, de competência duvidosa, remuneravam mal os professores além de ministrarem um ensino barato, talvez não muito diferente das escolas atuais com ensino supletivo, ou seja, fornecendo diplomas de ensino fundamental e médio em dois anos. A predominância dos estudos literários sobre os estudos científicos permanecia tão fortemente marcada na cultura do país que ainda

constituíam e deveriam figurar por muito tempo. Além disso, nas escolas superiores, o interesse da grande maioria dos graduandos (e de seus pais) era o título de doutor. Isso levou Sérgio Buarque de Holanda afirmar:

*(...) ainda hoje são raros, no Brasil, os médicos, advogados, engenheiros, jornalistas, professores, funcionários, que se limitem a ser homens de sua profissão. Revemos constantemente o fato observado por Burmeister nos começos de nossa vida de nação livre: 'Ninguém aqui procura seguir o curso natural da carreira iniciada, mas cada qual almeja alcançar aos altos postos e cargos rendosos: e não raros o conseguem'. (...) As nossas academias diplomam todos os anos centenas de novos bacharéis, que só excepcionalmente farão uso, na vida prática.* (HOLANDA, 1969, p. 114-115)

Portanto, o sistema de ensino superior manteve um caráter, na melhor das hipóteses, exclusivamente profissional sem que aliasse à teoria do ensino a pesquisa experimental, sem uma preocupação radical com a formação de futuros professores para o ensino fundamental ou médio e com caráter de *status* social.

Somente em 1920, com a passagem da planificação da instrução pública para a competência dos Estados da União, algumas alterações significativas ocorreram, em nível de secretarias, no ensino de ciências, como resultado da Lei nº 1750, de 8 de dezembro de 1920, promulgada no governo de Washington Luis, em São Paulo. Nas metodologias fixas por essa lei, como descrevia o artigo 103:

*Nas escolas primárias o método natural do ensino é a instrução, a lição das coisas, o contato da inteligência com as realidades que se ensinam, mediante a observação e a experimentação, feita pelos alunos e orientadas pelo professor. São expressamente banidas da escola as tarefas de mera decoração, os processos que apelem exclusivamente para a memória verbal, a substituição das coisas e fatos pelos livros, que devem ser usados apenas como auxiliares de ensino* (ALMEIDA JÚNIOR, 1980. p.60.)

Vemos que a utilização do método experimental já era uma preocupação no ensino de ciências, influenciada pela perspectiva da industrialização do Estado de São Paulo e do surgimento de uma tecnologia nacional. Apesar disso, a carência de recurso das escolas, o baixo nível dos professores, a fiscalização deficiente e a mentalidade intelectual dos educadores, formados na tradição escolástica, se opunham a toda transformação profunda do ensino, impossibilitando a concretização de qualquer proposta com tendências inovadoras na prática.



#### 1.1.4 - Brasil após 1920

O término da Primeira Guerra Mundial trouxe o fim de uma época não só na política e na economia internacional, mas também no modo de vida e nas artes no Ocidente. No Brasil surgiam as "vanguardas" na literatura, na música, nas artes plásticas; as comunicações se tornavam mais rápidas, com as transmissões radiofônicas e a invenção do aeroplano. A intelectualidade brasileira, principalmente sua parte mais jovem, entende que é preciso renegar os modelos arcaicos, e, ao mesmo tempo, libertar-se definitivamente dos padrões artísticos europeus, criando a verdadeira arte nacional. Esses desejos resultaram na Semana da Arte Moderna realizada em São Paulo, em fevereiro de 1922. O mais importante neste movimento foi que, a partir dele, os intelectuais e artistas brasileiros (com raras exceções) passaram a dirigir sua produção para uma problemática mais próxima do povo. (ALENCAR *et al.*, 1985). Não poderíamos deixar de destacar que um movimento precursor, na literatura, tinha acontecido em Fortaleza através da Padaria Espiritual já no final do Século XIX.

O mesmo ano da Semana de Arte Moderna também foi marcado pela eclosão do tenentismo, com a revolta do Forte de Copacabana e a fundação do Partido Comunista. Nesse clima não poderiam faltar "*as formas superiores da pesquisa científica mais complexa*" (SODRÉ, 1970). Logo se desencadeou um programa político de ação cultural e escolar com objetivos de democratizar a educação no ensino médio. A partir da década de 1920, um movimento ideológico de grande envergadura, o movimento da Escola Nova, começa a abrir perspectivas inteiramente novas para a educação nacional. Segundo Pinto (1986, p. 59):

*A Escola Nova é o movimento que reuniu personalidades de diversas tendências, unidas sob a maneira comum de colocar a educação a serviço da cidadania. Partiam todos da suposição de que a educação brasileira, tradicionalmente, estava direcionada para determinados segmentos da sociedade ou visava exclusivamente à formação profissional. Com o propósito de superar essa situação, conceberam reformas educacionais abrangentes, objetivando tanto os diversos níveis de ensino, como os procedimentos didáticos.*

Era a influência das idéias liberais defendidas pelos maiores filósofos da educação da Europa e dos Estados Unidos. O período áureo do movimento compreende o período da década de vinte e alcança os anos trinta. Com o nascimento do Estado Novo, sua ambição inicial é bastante reduzida, embora continue fazendo parte do movimento educacional brasileiro, mas sem a abrangência inicial que lhe deu unidade e o levou ao apogeu. Os integrantes do movimento partiam da suposição de que a educação brasileira, tradicionalmente, estava voltada para determinados segmentos da sociedade ou visava exclusivamente a formação profissional. Com o propósito de superar essa situação, conceberam-se reformas educacionais abrangentes nos diversos níveis de ensino e em relação aos procedimentos didáticos (PINTO, 1986).

Um dos líderes da revolução cultural foi o liberal Francisco Campos. Percebendo que a eficiência do ensino superior brasileiro dependia da solidez do ensino secundário, propôs um projeto de reforma da educação. Seu projeto tinha caráter institucional educativo-informativo, com sete anos de duração, dividido em duas partes. Um comum e fundamental com 5 anos de duração e outro com 2 anos, de caráter complementar, visando uma adaptação dos estudantes às futuras especializações. Nesta, a instrução científica fazia parte. No entanto, a função formadora não foi de fato alcançada. O ensino mais uma vez continuava obsoleto em seus métodos, e agora, mais que antes, marcado por mecanismo de ascensão social de caráter preparatório para a Universidade. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980.)

Com a criação de novas instituições científicas e culturais de ensino superior como a Escola de Química do Rio de Janeiro, em 1934, e a Escola de Sociologia Política, em 1932, no estado de São Paulo, o sinal de progresso do ensino superior fazia a penetração do espírito científico na consciência nacional, apesar de continuarem com um ensino dirigido ao interesse da obtenção do diploma e não em proveito intelectual do indivíduo nem da ciência.

Apesar desse triste panorama nacional, em relação ao desenvolvimento de uma ciência nacional genuína, existia um grupo de intelectuais e cientistas importantes da cultura brasileira - Fernando de Azevedo, Anísio Teixeira, Lourenço Filho, Teodoro Ramos, entre outros, que insistiam na necessidade de uma reforma radical do ensino e na introdução de escolas de pesquisa e estudos científicos livres. Isto já desde a década de 20. Partiu daí a iniciativa do governador de São Paulo, Armando Sales de Oliveira, de fundar, em 25 de janeiro de 1934, a Universidade de São Paulo, congregando as Faculdades de Direito, Medicina, Engenharia e outras já existentes com as instituídas de Ciências Econômicas e de Filosofia, Ciências e Letras. A Faculdade de Ciências e Letras era, como afirma Almeida Júnior (1980, p.62), “destinada a ser lugar de pesquisa científica, de estudos desinteressados e de formação do professor secundário”.

Continuando com as palavras de Almeida Júnior (1980):

*Realmente, com a criação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São Paulo (...), houve importante transformação na estrutura do ensino profissional superior pela ligação orgânica da teoria e da prática assegurada pela aplicação imediata das lições de laboratórios, pela organização do trabalho de pesquisa supervisionado pelos docentes estrangeiros contratados e pela colaboração obrigatória das indústrias e do estado na formação técnica e científica dos universitários. (p.63)*

(...)

*De fato, desde a sua criação, as Faculdades de Filosofia pretenderam atingir dois objetivos: a preparação do pesquisador e a formação do professor secundário, portanto do professor de Física. Embora a pesquisa fosse considerada obrigatória em todos os cursos, devido aos problemas financeiros e práticos ela foi se restringindo cada vez mais ao chamado grupo das ciências de laboratório, que valia-se dos poucos recursos disponíveis e dedicavam-*

*se exclusivamente à pesquisa experimental sem interesse pelo ensino. Isto privava assim os licenciandos, sobretudo em Física, de um treinamento prático-didático mais eficiente. (p.64)*

A escassez de professores de Física, no ensino médio em São Paulo sempre houve e no resto do Brasil a realidade não era diferente. O ensino de Física era ministrado nas escolas por engenheiros, médicos, bacharéis em Pedagogia e Ciências Sociais. Embora em menor escala, isso poderia ser transposto para todos os outros estados brasileiros. Mesmo com a fundação da Faculdade de Filosofia, após a fundação da USP, não houve mudança significativa no ensino de Física, pois:

*Além da baixa diplomação, apesar do número crescente de matrículas em todo o estado, tem-se encontrado professores com falhas conceituais básicas e sem qualquer capacidade de trabalho experimental com os alunos, resultado da falta de recursos materiais e humanos para a formação integral - teórica e prática - do licenciado em Física. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 64)*

A relação entre aprovados e inscritos em concursos de ingresso no magistério nas disciplinas de Física, Química e Matemática, de forma comparativa, indica que tanto a Física como a Química e a Matemática se encontravam em lenta deteriorização durante as décadas de 50 e 60, mostrando a falta de esforço substancial para a melhoria qualitativa do ensino nas faculdades de Filosofia. Ao mesmo tempo em que o número de inscritos para os vestibulares de Física, Química e Matemática diminuía, o número de evasão destes cursos aumentava, como mostra um estudo realizado por Prado e Hamburger (1998).

Durante o período de 1950 à 1960, o ensino de ciências reflete a situação do mundo ocidental após a Segunda Guerra Mundial. A situação brasileira era parecida a de países periféricos. Vivia-se uma fase de industrialização e de movimentação política resultante da luta contra governos ditatoriais. Em relação aos nossos currículos, o latim tinha preponderância sobre as disciplinas científicas. No cenário educacional, as propostas provinham do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova (1932) e uma das mudanças pretendidas era substituir os chamados métodos tradicionais por uma metodologia ativa. O ensino de ciências era verbalista, centrado no uso de livro-texto e na palavra do professor, cuja principal função era a transmissão de informações que deveriam ser memorizadas e repetidas, estimulando a passividade. As modificações da grande maioria das atividades educacionais objetivavam transmitir informações de uma forma mais eficiente. A proposta subjacente seria a de dar ao estudante da escola secundária uma racionalidade baseada na atividade científica. Nisso alguns pontos podem ser destacados: a inclusão, no currículo, do que havia de mais moderno nas ciências (as grandes descobertas), pois nossos estes continham muitas informações já obsoletas; a substituição dos métodos expositivos pelos chamados métodos ativos, dentre os quais o laboratório tinha preponderância. As aulas práticas deveriam propiciar atividades que motivassem e auxiliassem os alunos na compreensão de conceitos (KRASILCHIK, 1987).



No Brasil, o movimento institucionalizado em prol da melhoria das ciências antecedeu ao dos norte-americanos que, como veremos adiante, exerceu forte influência nos currículos de ciências em todo o mundo. No início dos anos cinquenta, foi organizado em São Paulo, no IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura) um grupo de professores universitários que também aspiravam à melhoria do ensino de ciências. O trabalho desse grupo centrou-se na busca e atualização do conteúdo que era ensinado, como também na preparação de material para uso nas aulas de laboratório. Essa reforma enfrentou grande barreira representada pelos programas oficiais e pelo número de aulas, rigidamente determinadas pelo Ministério da Educação, em âmbito nacional. O Ministério da Educação também promovia cursos de capacitação, pela CADES (Campanha de Aperfeiçoamento do Ensino Secundário). Em geral, esses cursos serviam para dar títulos a professores improvisados, pois raros eram os professores licenciados que se dedicavam ao magistério. As aulas das disciplinas ficavam a cargo de profissionais como médicos, engenheiros, farmacêuticos e bacharéis. Os programas oficiais eram fortemente impregnados pela literatura estrangeira que influenciava os livros-texto brasileiros, que em muitos casos eram meras traduções. A relação da ciência com o cenário econômico, social e político, e os aspectos tecnológicos e as aplicações práticas não eram discutidos (KRASILCHIK, 1987).

A constituição do IBECC, em 1965, vinculada à Universidade de São Paulo e à UNESCO, foi um dos importantes marcos no movimento de inovação no ensino de ciências no Brasil nesta época. Segundo Francalanza (1992) citado por Nardi (2002):

*Particularmente, no caso do ensino de ciências, destaca-se neste período (1966), a implantação da FUNBEC – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, fundação de direito particular, ligada à Universidade de São Paulo e setores industriais e comerciais do Estado. A atuação do IBECC foi importante na produção de projetos nacionais como: os laboratórios portáteis de ciências para o 1º grau (FUNBEC), de biologia para o 2º grau (FUNBEC), os kits de experimentos de Ciências – 1º grau (FUNBEC/Fund. FORD/MinC) e vários outros. Foi também o período de realização das Feiras de Ciências e concursos, como o Cientistas do Amanhã, e o aparecimento da Revista de Ensino de Ciências, ações estas visando popularizar a ciência.*

#### **1.1.5 - Brasil após 1960**

Logo após a Segunda Guerra Mundial, houve grandes motivações no país para melhoria educacional, mas que, na realidade, mais uma vez não passaram das intenções. Esse período foi caracterizado por acontecimentos políticos marcados pela Guerra Fria - o confronto entre o ocidente e o mundo socialista.

No Brasil, as pesquisas em Educação em Ciências iniciam-se somente entre os fins da década de 50 e inícios da década de 60, muito tempo depois do surgimento do ensino superior no Brasil e parecem surgir como uma reação ao cenário político até então vigente e centrado fortemente numa visão positivista do ensino. Caracterizou-se, mais uma vez, pela implantação de modelos estrangeiros criados em culturas e realidades distintas das nossas, sendo alimentado por uma política de formação rápida de professores, com a finalidade de suprir a demanda crescente destes que acabou gerando baixo nível de formação para assumir a tarefa de ensinar ciências. (NARDI, 2002).

Na maioria das escolas brasileiras:

*Aulas expositivas com a utilização de manuais, muitas vezes transplantações estrangeiras, que apelam para a memorização de conceitos pelos alunos. Professores mal instruídos, vacilantes no domínio próprio dos conceitos, encerram-se nessa insegurança e fecham-se para o diálogo interdisciplinar com a intenção de resguardar a dignidade docente e esconder as falhas. Carência total de recursos. Mesmo quando existe algum material de laboratório (...) os professores desconhecem o funcionamento por falta de um treino experimental nas faculdades e, portanto, recusam-se a utilizá-los. E um agravante: a baixa remuneração dos professores que por isso mesmo, são obrigados a se desdobrar em mais de um emprego ou escola, dando número exagerado de aulas por dia. E que por isso não têm tempo para se dedicar a um aperfeiçoamento, a uma atualização mesmo domiciliar e bibliográfica ou, o que é mais sério, sem tempo para preparar as próprias aulas. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p.66).*

Essa influência estrangeira em nosso ensino, durante esse período, destacava-se por um movimento mundial por reformas que teve origem nos Estados Unidos e na Inglaterra. Cedo ele se alargou pela Europa e por vários países da África, Ásia e América Latina. Os americanos, preocupados com a crescente supremacia da União Soviética e o lançamento do Sputnik (primeiro satélite artificial a orbitar a Terra), em 1957, partiram para reformular seus currículos. Nessa época surgiram os projetos PSSC – *Physical Science Study Committe*, o BSCS – *Biological Science Curriculum Study* e o ESCP – *Earth Science Curriculum Project*, dentre vários outros. Logo em seguida, surge na Inglaterra, o *Nuffield Foundation's Science Teaching Project* outro projeto com forte influência de pesquisadores universitários. Tais projetos tinham algo em comum, por exemplo: as disciplinas científicas foram estruturadas num quadro lógico visando levar o estudante a pensar e agir como cientistas. Eles tinham incorporado o objetivo de “*permitir a vivência do método científico como necessário a formação do cidadão, não restringindo mais apenas à preparação do futuro cientista*”. (KRASILCHIK, 1987, p. 9)

Nessa mesma atmosfera, a partir da segunda metade da década de 60, um grupo de professores, reunidos em torno da Graduate School of Education da Universidade de Harvard, iniciam estudos para organização de um curso de Física em que os aspectos humanísticos fossem amplamente contemplados, dando origem, então, ao *Project Physics Course*, cuja primeira edição aparece nos Estados Unidos em 1970. O desencadeamento desse movimento por reforma atribui-se freqüentemente ao



projeto PSSC, como destacado no prefácio da edição portuguesa do “*Projecto Física*”, por Valente (1978) que “*produziu um dos mais conhecidos currículos de física e do qual quatro edições em língua inglesa, traduções inúmeras e adaptações diversas, constituem um balanço de 20 anos de influência*”.

O período de glória desses projetos não foi muito longo. Segundo McDermott (1991), ao analisar os fracassos nos Estados Unidos relacionados ao PSSC e ao *Project Physics Course*, a principal razão para a falha desses currículos foi a de que nunca foi alcançada uma boa combinação entre currículo e o preparo dos instrutores – a formação adequada foi subestimada pelos currículos desenvolvidos nos projetos. A expectativa de que iriam aprender no decorrer do curso com seus estudantes ou que poderiam adquirir, através de leituras, conhecimentos que ainda não tinham adquirido não se mostrou válida. Assim, a crença de que um bom material instrucional era suficiente para o instrutor, provou-se errônea. Outro fator foi que os materiais estavam além da capacidade da maioria dos estudantes para o qual foram desenvolvidos.

Nardi (2002) destaca que, mesmo o *Project Physics*, que incluía questões mais amplas como a inserção da história da evolução das idéias contextualizando-as dentro da sociedade, o distanciamento dos aspectos sociais e suas traduções aplicadas a realidades educacionais de outros países não atingiram seus objetivos.

No Brasil, os reflexos da política educacional mundial chegam oficialmente através de acordos entre o Ministério da Educação e agências de cooperação americanas. Os reflexos desse movimento de inovação educacional parecem coincidir com o surgimento dos programas de pesquisa em *Ensino de Ciências* no Brasil, no início da década de 60. Segundo Nardi (2002), estes programas de pesquisas são:

*(...) uma resposta à crescente inquietação de docentes e pesquisadores com a ausência de materiais nacionais de apoio ao docente de ensino fundamental e médio, uma vez que a aplicação dos projetos americanos e ingleses traduzidos e implantados no Brasil, por não corresponderem às expectativas (peculiaridades) da cultura nacional, assim como nos países de origem, redundaram em fracasso.* (NARDI, 2002, p.4)

Em consequência dessa situação, surgem, no final da década de 60, os primeiros projetos de ensino desenvolvidos na universidade brasileira, por grupos de pesquisadores que passaram dedicar-se a educação em ciências. Entre eles, o *Projeto de Ensino de Física* (IFUSP), *Química Experimental e Instrumental* (CECINE), *Biologia* (IB/USP), *Ciência Integrada* (CECISP), *Introdução à Computação* (IMECC - UNICAMP), o *Laboratório Básico Polivalente de Ciências para o 1º grau* (FUNBEC). Vários desses projetos, como não havia de ser diferente devido à própria situação mundial, foram fortemente influenciados pelas teorias de reforço da aprendizagem (behaviorismo) - utilizando a instrução programada como metodologia de ensino - que reinaram nas décadas de 60 e 70. Tida como uma pedagogia tecnicista, o behaviorismo nega a contradição social e a educação passa a ser vista como um recurso tecnológico por excelência. Sua introdução nos anos 60 coincide com os interesses do

regime militar, instalado no Brasil a partir do golpe de 1964. Outros fatos significativos deste período merecem destaques como a transferência da capital federal do Rio de Janeiro para Brasília e, conseqüentemente, a fundação, em 1961, da Universidade de Brasília (UnB); a instalação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que se transformaria numa das maiores agências de fomento à pesquisa do país somando-se, em nível estadual, ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), fundado em 1951 (NARDI, 2002).

Com a adoção e adaptação de livros estrangeiros para o ensino nacional, tornou-se necessária a participação de outras especializações para elaboração dos projetos curriculares durante o processo. Após a preparação das primeiras edições dos materiais, avaliações mostravam a necessidade de reformulações permanente dos livros e isso implicava a criação de organizações permanentes que centralizassem a produção, aplicação e revisão dos materiais. Nesse ambiente, muitos dos núcleos tornaram-se instituições permanentes, dando origem a uma nova organização: os centros de ciências (KRASILCHIK, 1987). Isso acontece não só no âmbito nacional, mas em vários países da América Latina, podendo ser notado pela função que os centros de ciências nos anos 60, com o intuito de servir de ligação entre o sistema educacional e o mundo científico e acadêmico, exerceram permitindo o surgimento de lideranças que formaram a comunidade dos educadores de ciências. No Brasil, seis centros de ciências (em Minas, na Bahia, em Pernambuco, em São Paulo, no Rio de Janeiro e no Rio Grande do Sul) foram criados no período de 1963 a 1965, pelo Ministério da Educação e Cultura.

Após a criação dos dois primeiros programas de pós-graduação em ensino de ciências, na Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no início dos anos 70, a pesquisa nacional em ensino de ciências começa a se intensificar. A partir de então, incontáveis pesquisas na área foram desenvolvidas sendo retratadas em mais de duas centenas de dissertações ou teses acadêmicas e em várias centenas de artigos científicos. Inúmeros simpósios nacionais de ensino de Física, formação de novos grupos de pesquisas, programas oficiais de reformulação do ensino e formação continuada de professores, têm sido criados mostrando uma clara concentração de esforços no sentido de buscar caminhos de transformação e melhoria para o ensino de ciências no Brasil (MEGID NETO e PACHECO, 1999).

Durante a década de setenta, o mundo continuava agitado por convulsões sociais e econômicas. Surge interesse pela educação ambiental e a importância de discutir as implicações sociais do desenvolvimento científico. A análise de valores das ciências calcavam no reconhecimento de que a ciência não era neutra no processo social. No ambiente internacional, os projetos de melhoria do ensino se ampliavam sofrendo modificações. Houve uma tendência à produção de programas independentes por diversas nações em lugar de meras adaptações ou traduções. Isso estava relacionado a um período de liberação política e afirmação da identidade cultural de alguns países, principalmente asiáticos e africanos.



Ao mesmo tempo em que o panorama sócio-político do Brasil sofre reformas educacionais calcadas na idéia de educação como fator de desenvolvimento, houve a expansão pela procura de vagas para o ensino médio e, como as escolas públicas não estavam preparadas para atender a demanda, cedeu espaço para a oferta de vagas pela iniciativa privada, acarretando a ampliação das escolas particulares para atender o público da classe média que, como comentado, tinha o diploma de ensino superior como possibilidade de ascensão social. Como consequência dessa situação, a demanda das classes populares por vagas na universidade acelerou a promulgação da Lei 5540/68, que instituiu os princípios para a organização e funcionamento do ensino superior e sua articulação com a escola média, e a Lei 5692/71, que fixava as diretrizes e bases para o ensino do 1º e 2º graus. A lei 5692/71 acabou afetando vários aspectos de nosso sistema educacional. Apesar do seu texto valorizar as disciplinas científicas, na prática o que acontecia era o oposto.

Segundo Krasilchik (1987, p. 18)

*O currículo foi atravancado por disciplinas chamadas instrumentais ou profissionalizantes, o que determinou a fragmentação e, em alguns casos, o esfacelamento das disciplinas científicas, sem que houvesse um correspondente benefício na formação profissional. O curso secundário perdeu a identidade e uma das consequências foi a desvalorização das escolas públicas, pois instituições privadas resistiram às mudanças, burlando a lei e mantendo as características da educação propedêutica. Assim, uma anomalia já de longa data instalada no sistema, os “cursinhos” preparatórios para o exame vestibular começaram a se ampliar e passaram a oferecer cursos regulares de 1º e 2º graus, mantendo as suas características de escola preocupada apenas com a transmissão de informações e reforçando o ensino, como exigiam as provas para entrada na universidade. Então, se em um plano havia esforços para mudanças, em outro esse esforço fora anulado por forças muito poderosas: a legislação em vigor, os precários cursos de formação de professores que colocavam no mercado profissionais despreparados e incompetentes. Estes, por sua vez, dependiam de livros-texto, em sua maioria de má qualidade, pois deviam servir para suprimir a incapacidade dos docentes, assim como as suas péssimas condições de trabalho.*

É nesse ambiente que, por volta de 1970, inicialmente organizado por docentes vindos da escola pública descontente com os salários recebidos, criam-se os cursos preparatórios para o ensino superior, os chamados “cursinhos”; que se especializaram em preparar os estudantes para o ingresso nas universidades. Em pouco tempo, houve grande expansão desses “cursinhos” devido aos sucessos obtidos ao treinar estudantes para o ensino superior. Destes, alguns se transformaram posteriormente em cursos regulares de ensino médio e fundamental, e alguns em universidades. Como consequência dessa situação, o ensino de ciências, particularmente de Física, Química, Biologia, bem como as outras disciplinas oferecidas, é ainda mais fragmentado. O material de apoio é constituído basicamente de apostilas padronizadas e produzidas por grupos especializados no ensino para o vestibular. Tudo isso acontecendo em um curto período de 30 anos. Dessa forma, segundo Nardi (2002), iniciou-se:



*(...) o processo de decadência da escola pública de nível fundamental e médio, que se acentuaria mais tarde, principalmente em função da política salarial dos governos, que não conseguia manter os salários dos docentes e funcionários à altura da galopante inflação a que o país embarcava. O fosso entre o ensino público e o privado transforma-se em abismo. A escola pública nestes níveis passa paulatinamente por um processo de marginalização; aos poucos, essa escola passa a ser sinônimo de educação para as classes desfavorecidas; por sua vez, a escola privada, é aquela destinada às classes economicamente mais favorecidas. Raras são as escolas que são exceções à regra (exemplo: os Cursos Técnicos oferecidos pelas Escolas Técnicas Federais, os CEFET, e os das Estaduais, como os CEETEPS no Estado de São Paulo).*

Através do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN) do Governo Federal, o Ministério da Educação e Cultura apoiou a nova modalidade de licenciatura regulamentada pela Resolução CFE nº 30/74 que fixava os conteúdos mínimos e duração na organização do curso de licenciatura em ciências. Segundo Krasilchik (1987, p.19):

*A legislação, acatada por grande parte do sistema de ensino superior, provocou uma convulsão no processo de formação de professores, debilitando-o ainda mais. Um de seus pilares era a proposta de Ciência Integrada, difundida por organismos internacionais, notadamente a UNESCO.*

*A resolução prescrevia um período comum à formação de professores de todas as Ciências e de Matemática e que poderia, posteriormente, ser complementado por novos cursos para os professores que desejassem especializar-se em Física, Química, Biologia ou Matemática.*

A partir do final dos anos 70, passou-se a ter duas classes de professores de ciências: aqueles que continuavam se formando nas instituições públicas de ensino superior, junto aos Institutos de Física, Química, Biologia e/ou Faculdades de Educação e os que passaram a se licenciar pelos cursos de licenciatura curta através de instituições de ensino superior públicas e privadas - estes eram a maioria. O diploma de licenciatura curta dava direito ao magistério no ensino do 1º grau (hoje chamado de segundo ciclo do ensino fundamental). Tendo adquirido o diploma na licenciatura curta, bastava então mais dois anos de complementação para obtenção do diploma de licenciatura plena, obtendo, assim, a permissão para ensinar no 2º grau (hoje chamado de ensino médio).

A regulamentação da licenciatura pela Resolução CFE nº 30/74 provocou manifestações violentamente contrárias à sua implementação, pois suas características levaram à desagregação do já precário sistema de formação de docentes.

Segundo Nardi (2002):

*A maioria dos docentes formados nos cursos de curta duração complementou a licenciatura plena em áreas como a Matemática e/ou Biologia. Os altos custos para instalação de laboratórios de Física e Química impediram a instalação, por parte da iniciativa privada, de cursos de Química e/ou Física. Portanto, reforçou-se a idéia de que o ensino de Ciências em nível fundamental é uma tarefa exclusiva de licenciados em Ciências Biológicas.*

Como muitos dos profissionais formados nestas instituições não tinham entrado em um laboratório, a situação os tornavam cada vez mais dependentes do livro-texto que, em geral, de qualidade duvidosa, contribuindo assim contra a aspiração daqueles que buscavam um ensino de ciências que atendesse realmente às necessidades dos alunos e da sociedade. Devemos destacar as manifestações das Sociedades Brasileiras de Física, Química e Matemática e da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), contra a Resolução nº 30/74 que representou:

*(...) um marco não só no ensino de Ciências, mas no processo de redemocratização do país. Conseguiram chamar a atenção para o problema da licenciatura e sustar a vigência da legislação em uma época em que o centralismo das decisões era aceito por grande parte das instituições educacionais. (KRASILCHIK, 1987, p.20):*

Por influência desta situação política educacional, os projetos brasileiros de ensino tiveram pouca aceitação nas escolas. Segundo Francalanza<sup>5</sup> (1992, p. 130-31), citado por Nardi (2002),

*Todavia, três fatores contribuíram para a pequena aceitação dos projetos brasileiros: o primeiro, se relaciona com a ampliação das vagas nas escolas públicas de 1º e 2º graus, a acentuada deterioração das condições dessas escolas, o aumento da carga burocrática nas atividades de ensino e a formação deficiente dos professores egressos dos cursos de licenciatura de curta duração permitidos pela Resolução CFE no. 30/74. Desse modo, o sistema público de ensino a par de uma clientela diversificada e com deficiências relacionadas à cultura privilegiada nas escolas, apresentava também professores carentes de adequada formação profissional, sobrecarregados pelas atividades burocráticas, com baixos salários e, conseqüentemente, desmotivados para praticar mudanças no ensino das quais eles próprios não haviam participado.*

*O segundo fator se relaciona as escolas particulares. Estas, que haviam se multiplicado para atender aos alunos das camadas médias da população, enfatizavam os conteúdos e práticas convencionais no ensino, tendo em vista os exames vestibulares para o ingresso no ensino superior, destino potencial de sua clientela. Está claro, neste caso, que os novos projetos de ciências, pelas suas características, não atendiam aos propósitos dos estabelecimentos particulares de ensino.*

*O terceiro fato se relaciona com o próprio Estado. Este, que havia apoiado o desenvolvimento de novos projetos brasileiros, após 1978, passa a considerar não prioritário o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de*

---

<sup>5</sup> FRACALANZA, H. *O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de Ciências no Brasil*. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1992, 241p.

*Ciências. Com isso, acaba por não criar as condições necessárias à editoração e difusão das propostas elaboradas. Por outro lado, se volta de forma concentrada para o apoio à co-edição e distribuição dos livros didáticos convencionais.*

#### 1.1.6 - Brasil após 1980

A primeira metade da década de 80 foi caracterizada por uma profunda crise econômica e o início da transformação política de um regime totalitário para um regime democrático. Com respeito aos currículos, a responsabilidade pelas decisões também é objeto de controvérsia estando polarizada em dois extremos: “*num preconiza-se a delegação das decisões curriculares a cada escola e no outro, a volta a uma centralização por parte das autoridades superiores em cada sistema curricular*” (KRASILCHIK, 1987, p. 24). Dessa forma, o ensino de ciências continua sendo objeto de preocupação dos órgãos relacionados à Educação, Ciência e Tecnologia, e “*a CAPES (Programa de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), como parte do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), cria, em 1983, um novo Projeto para Melhoria do Ensino de Ciências e Matemática, passando a constituir o Subprograma Educação para a Ciência (SPEC)*” (KRASILCHIK, 1987, p.25).

O Programa foi apoiado pelo BIRD (Banco Interamericano de Desenvolvimento), e tinha entre seus objetivos:

*Melhorar o ensino de ciências e Matemática, identificar, treinar e apoiar lideranças, aperfeiçoar a formação de professores e promover a busca de soluções locais para melhoria do ensino e estimular a pesquisa e implementação de novas metodologias;*

*Estimular, na Universidade a pesquisa científica na área do ensino de ciências, com a finalidade de gerar uma melhoria qualitativa do mesmo, especialmente em nível de 1º e 2º graus;*

*Desenvolvimento de atividades não formais de ensino, de modo a provocar uma valorização maior da ciência pela sociedade e despertar nos jovens um maior interesse pelo estudo das ciências. (NARDI, 2002)*

O SPEC teve grande importância para a constituição de grupos de pesquisas em educação em ciências que surgiram em diversas universidades brasileiras, na sua maioria públicas. Como observou Krasilchik (1987, p.25):

*A reação da comunidade acadêmica e educacional a esse novo projeto denota interesse de vários tipos de instituições pelo ensino de Ciências, preponderando universidades e incluindo Secretarias de Educação, instituições de pesquisa, escolas primárias e secundárias e grupos de professores de vários níveis.*



O SPEC durou de 1980 a 1994 e apresentou vários editais no qual, o último deles, de 1994, era destinado à constituição de acervo bibliográfico para a pesquisa em ensino de ciências, permitindo, portanto, a aquisição de acervos adquiridos no exterior, em colaboração com outros países (NARDI, 2002).

### 1.1.7 – Tendências do currículo de Física na década de 90

Carvalho e Vannucchi (1996) estudou as tendências do currículo e a sua relação com a pesquisa em ensino, durante o período 1990 a 1993, procurando verificar sua relação com a realidade de sala de aula, pautando-se nos parâmetros definidos por Krasilchik (1987), que procurou descrever a evolução do ensino de ciências no Brasil no período 1950 a 1990. Em artigo mais recente, Krasilchik (1996) estendeu seu estudo até 1995 e o seguinte Quadro 1.1.7.1, poderia mostrar um resumo dessa evolução.

**Quadro 1.1.7.1: Fatores preponderantes que influenciaram a evolução do Ensino de Ciências no Brasil nas últimas décadas. [FONTE: Krasilchik, In: Menezes (Org.), 1996, p. 136.**

Fator	1950	1960	1970	1980	1990	1995
<i>Situação Mundial</i>	<i>Guerra Fria</i>		<i>Crise energética</i>			
<i>Situação Brasileira</i>	<i>Industrialização</i>		<i>Ditadura</i>	<i>Transição Política</i>		<i>Democracia</i>
<i>Objetivos da Educação</i>	<i>Formar Elite</i>		<i>Formar cidadão</i>	<i>Preparo do trabalhador</i>	<i>Formar cidadão trabalhador</i>	<i>Formar cidadão</i>
<i>Tendências Preponderantes do Ensino</i>	<i>Escola Nova</i>		<i>Comportamentalismo</i>	<i>Comportamentalismo mais cognitivismo</i>	<i>Cognitivismo</i>	<i>Construtivismo pós-piagetiano e sociocultural</i>
<i>Objetivos do Ensino</i>	<i>Transmitir Informações Atualizadas</i>		<i>Vivenciar o método científico</i>	<i>Pensar lógica e criticamente</i>	<i>Desenvolvimento científico e tecnológico</i>	<i>Ciência, Tecnologia e Sociedade</i>
<i>Visão da Ciência no Currículo</i>	<i>Neutra, enfatizando o produto</i>		<i>Histórica, enfatizando o processo</i>	<i>Resultante de contexto econômico, político, social de movimentos intrínsecos – enfatizando sua função como instituição</i>		
<i>Metodologia</i>	<i>Laboratório</i>		<i>Laboratório mais discussões</i>	<i>Jogos e simulações. Resolução de problemas.</i>		<i>Informática no ensino</i>
<i>Formação Docente</i>	<i>Improvisado e capacitação</i>		<i>Formação em Universidade</i>	<i>Proliferação de escolas</i>	<i>Programas de Atualização</i>	
<i>Instituições que Influem na Mudança</i>	<i>Associações científicas e instituições governamentais</i>		<i>Projetos e organizações internacionais</i>	<i>Centros de Ciências/ universidades</i>	<i>Associações científicas e de professores/ Universidades</i>	<i>Organizações internacionais e Universidades</i>

Este quadro, segundo Krasilchik (1996, p.137):

(...) procura resumir o que ocorre com o ensino de Ciências nos cenários e ambientes onde decisões são tomadas, afetando o que ocorre nas salas de aula. A divisão cronológica adotada não indica marcos claro de transição,

*havendo superposições e adição de elementos nem sempre consistentes e coerentes que vão se compondo em cada fase.*

Analisando as propostas de trabalhos apresentados em nove encontros de Física sobre ensino de Física, Carvalho e Vannucchi (1996) observam que, as tendências educacionais construtivistas permanecem dominantes, influenciando o ensino de ciências no Brasil, dando *uma importância considerável ao aprendizado de determinados conteúdos e destaca a influência educativa do professor como um dos fatores determinantes para que a atividade construtiva do aluno se oriente em uma outra direção* (CARVALHO e VANNUCCHI, 1996).

Durante essa década, as instituições que influenciam nas propostas de mudanças curriculares continuam sendo as organizações profissionais, científicas e de professores universitários, além de haver uma constante parceria entre secretarias de educação e as universidades para a elaboração de novos currículos e curso de aperfeiçoamento de professores em serviço.

Dentro das linhas de pesquisa desenvolvidas nas universidades, o estudo das concepções espontâneas ou, mais amplamente, o estudo de como os alunos pensam e compreendem os conceitos físicos, é predominante tanto em nível internacional como nacional. Isso mostra uma mudança radical na forma de compreender o processo de ensino/aprendizagem de ciências rompendo com o ensino acrítico, baseado tradicionalmente numa educação onde a mente do aluno era considerada uma *tábula rasa* - sem dúvida, uma mudança de mentalidade que impulsionou a busca por inovações no ensino de Física e Ciências em geral, que não se deu somente no ensino fundamental e médio, mas, principalmente, na formação de professores.

Uma característica das investigações em concepções espontâneas é a capacidade de integração com outros campos de estudos como, por exemplo, a linguagem, a epistemologia genética, a aprendizagem significativa, etc. Isto tem favorecido, em particular, as colocações construtivistas, antes de caráter puramente teórico conseguindo unir à área de Ensino de Ciências com as tendências educacionais provenientes de outras áreas do conhecimento.

O uso da História e Filosofia das Ciências no ensino de ciência também é retomado, dentro da proposta construtivista, como proposição de novos modelos de ensino/aprendizagem. Segundo Carvalho e Vannucchi (1996), a importância de estudos da aplicação da História e Filosofia das Ciências no ensino, tem em vista proporcionar uma maior compreensão da natureza do conhecimento científico; um melhor entendimento dos conceitos e teorias da Física; uma compreensão dos obstáculos e possíveis dificuldades dos alunos; uma concepção das ciências como empresa coletiva e histórica e o entendimento das relações com a tecnologia, a cultura e a sociedade.

A inserção da Física Moderna Contemporânea (FMC) será outro tema que deverá influenciar fortemente o ensino de Física. Isto está relacionado ao grande desenvolvimento das ciências nas últimas décadas. O mundo atual se apresenta altamente tecnológico, com conceitos relacionados ao

desenvolvimento da ciência do início do século 20, e se começa a tomar consciência da sua importância no ensino das ciências.

Outras linhas de investigação que têm influenciado o ensino de Física no Brasil são os trabalhos focados na interdisciplinaridade e no cotidiano, ambos influenciados pelos trabalhos de Paulo Freire, apesar de, na prática, apresentarem diferenças fundamentais. A questão da interdisciplinaridade é mais visível no ensino fundamental, procurando integrar o ensino de ciências com as outras disciplinas.

Em resumo, as tendências curriculares nos anos 90 apontam, segundo as ênfases escolhidas por Carvalho e Vannucchi (1996), nas categorias:

- Cotidiano: *onde estão inseridos os trabalhos que utilizam o cotidiano para daí extrair-se temas geradores, estes podendo constituir-se ou não no objeto de estudo, sendo que no segundo caso, têm a função de despertar o interesse pelo assunto a ser abordado, servindo de ponto de partida para as abstrações características da ciência moderna. Esta categoria engloba também os trabalhos com Astronomia, sendo tratados nesta temática tópicos como fases da lua, marés, precessão, rotação e translação da Terra;*
- Física Moderna e/ou Contemporânea: *refere-se à abordagem de temas da Física Moderna e Contemporânea em nível de 1o e 2o graus e da Física Contemporânea no 3o grau. Estão incluídas aplicações tecnológicas recentes, que podem em alguns casos já estar inseridas no cotidiano, sendo este por exemplo o caso dos raios-X ou da fibra ótica;*
- História e Filosofia da Ciência: *engloba a epistemologia da ciência, sua natureza, seu caráter de construção permanente, ou na sua dimensão cultural, conhecimento socialmente constituído;*
- Ensino Cognitivista: *nos trabalhos com formação de professores esta temática pode ser o próprio conteúdo do curso em questão, enquanto que para os demais casos constituem-se nos pressupostos metodológicos adotados.*

## 1.2 - A NOVA LDB E OS PCNs

Vamos restringir esta seção ao ensino médio por dois motivos: primeiro, por ser mais especificamente o momento onde os alunos têm maior contato com a Física; segundo, por estar mais próximo da realidade de nossa pesquisa.

Seria impossível esquecermos as contribuições negativas das políticas públicas dirigidas à educação pública em todos os âmbitos, seja ele ensino básico, fundamental e médio ou universitário. Pagamos e ainda vamos pagar por um longo período a falta de compromisso dos governantes com o



nosso ensino, como pode sugerir a nossa retrospectiva história desenvolvida acima. Se para compreendermos o estágio atual de uma civilização é preciso conhecer a sua história, isto também se aplica à situação atual educacional vivenciada por nós, alunos e professores, no Brasil. Esse poderia ser um dos motivos, entre outros, claro, porque desde a sua promulgação, a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, dez. 96), ainda não se tornou uma realidade efetiva. Menezes (2000), coordenador da área de ciências da Natureza e Matemática dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio observa que: “O novo ensino médio, desde a promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, dez. 96), é uma definição legal, mas não é ainda uma realidade efetiva” (PCN Ensino Médio, 1998, p.6).

Segundo a nova LDB, o novo ensino médio deve ser uma etapa conclusiva da Educação Básica, complementando o aprendizado iniciado no Ensino Fundamental, e tendo como finalidades (CARNEIRO, 2000, p.105):

- “a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar, com flexibilidade, a novas condições de ocupação e/ou aperfeiçoamento posteriores;
- o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual do pensamento crítico;
- a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”.

Portanto, sendo uma etapa conclusiva da educação básica, o novo ensino médio tem como objetivo dar continuidade ao aprendizado iniciado no Ensino Fundamental, cuja base nacional comum desenvolveria competências e habilidades para a cidadania, para a continuidade do aprendizado e para o trabalho, sem pretender-se profissionalizante ou simplesmente preparatória para o ensino superior.

A LDB foi o primeiro referencial sobre o qual se desenvolveu a proposta dos PCNs, para o ensino médio, relativos à área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Os PCNs trazem elementos para a implementação das diretrizes nacionais para o ensino médio tendo um caráter geral mais amplo, de forma que os “aspectos e conteúdos tecnológicos associados ao aprendizado científico e matemático sejam parte essencial da formação cidadã de sentido universal e não somente de sentido profissionalizante”. (PCN Ensino Médio, 1998, p. 4)

Os PCNs direcionam e organizam o aprendizado na área:

*No sentido de se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico. De certa forma, também organizam o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade e contextualização e ao detalharem, entre os objetivos educacionais amplos desse nível de ensino, uma série de competências humanas relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos. (PCN Ensino Médio, 1998, p.4)*

Nesse sentido, o documento está dividido em três partes:

- *O sentido do aprendizado na área*, onde procura apresentar uma proposta que sem ser profissionalizante, o ensino médio proporcione um aprendizado útil à vida e ao trabalho, com destaque para a contextualização do conhecimento; apresenta sinteticamente os objetivos educacionais da área além de ser o cerne conceitual do documento dedicado a aprofundar a descrição das competências específicas a serem desenvolvidas pela disciplina.
- *Competências e habilidades*, onde se apresenta uma síntese das competências centrais a serem promovidas no âmbito de cada disciplina (Biologia, Física, Química e Matemática).
- *Rumos e desafios*, onde se discute o processo ensino-aprendizagem, a metodologia, os enfoques, as estratégias e os procedimentos educacionais para o ensino da área e os desafios para o encaminhamento pedagógico das propostas apresentadas.

Não só para o ensino da Física, mas para todas as outras disciplinas escolares, os PCNs propõem uma mudança radical na forma como os assuntos são apresentados e ensinados aos alunos. Propõe-se a necessidade de convergir toda a comunidade escolar em torno de um projeto pedagógico, articulando as disciplinas de todas as áreas para a qualificação e promoção dos alunos, destacando um papel especial a interdisciplinaridade do conhecimento. Tomemos como exemplo de interdisciplinaridade os conceitos de energia, dos modelos atômicos e de moléculas. Estes são iguais na Física, na Química e também essenciais à Biologia Molecular. Outro exemplo seria o tema da poluição ambiental do solo, das águas ou do ar, seja ela urbana ou rural, que não cabe nas fronteiras de qualquer disciplina, pois não é algo só “biólogico”, só “físico” ou só “químico”, exigindo, portanto, que sua problemática sócio-ambiental seja adequadamente equacionada dentro de uma perspectiva mais ampla entre as ciências da natureza e as ciências humanas. Dentro dessa perspectiva, a aprendizagem deve ser planejada ao mesmo tempo multidisciplinar e interdisciplinar, onde os assuntos propostos e tratados deverão ser trabalhados dentro de uma compreensão global, desenvolvendo as competências das disciplinas individualmente, e do conjunto, ao mesmo tempo, podendo até mesmo ultrapassar os limites disciplinares. Assim:



*a consciência desse caráter interdisciplinar ou transdisciplinar, numa visão sistêmica, sem cancelar o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento científico mas completando-o, estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio (PCN Ensino Médio, 1998, p. 9).*

Mas, para que tudo isso se realize:

*é preciso superar a visão enciclopédica do currículo, que é um obstáculo à verdadeira atualização do ensino, porque estabelece uma ordem tão artificial quanto arbitrária, em que pré-requisitos fechados proíbem o aprendizado de aspectos modernos antes de se completar o aprendizado clássico e em que os aspectos “aplicados” ou tecnológicos só teriam lugar após a ciência “pura” ter sido extensivamente dominada. Tal visão dificulta tanto a organização dos conteúdos escolares quanto a formação dos professores (PCN Ensino Médio, 1998, p.49).*

↙ Um ensino de Física como se tem realizado, freqüentemente, mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distante do cotidiano vivido pelos alunos e professores, mas também vazios de significado; que privilegia a teoria e a abstração, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos; que enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática de seu significado físico real; que insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas; que apresenta o conhecimento como sendo um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein; além de envolver uma lista demasiadamente extensa de conteúdos, deve ser substituído por uma nova Física. Para isto espera-se que seu ensino:

↙ *na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (PCN Ensino Médio, 1998, p.22).*

Mudar todas estas características culturais, já arraigadas desde muito tempo, requer um esforço extraordinário dos professores, educadores e pesquisadores da área da Física, a fim de criar condições satisfatórias para a formação de professores na forma inicial e continuada; além de políticas públicas efetivas que dêem maior apoio e investimentos. Menezes (2000, p. 8) observa que:

*É claro que precisa ser cautelosa a sinalização para a inclusão desses novos conteúdos, seja pelos desafios didáticos que implica, encontrando professores despreparados e textos escolares desguarnecidos, seja porque as próprias universidades, ainda por algum tempo, continuarão a solicitar os velhos conteúdos em seus vestibulares. Será preciso algum tempo para que a mensagem seja primeiro compreendida e, mais tarde, aceita.*

Passar de uma cultura de ensino tradicional apegado a um conhecimento abstrato e descontextualizado, para um novo, onde o aprendizado seja mais significativo para os alunos, será um grande desafio a ser enfrentado nas próximas décadas. É urgente, dentro dessa realidade, não só aumentar o número de professores de Física como ampliar os programas de qualificação e/ou formação para aqueles que já estão dentro de sala de aula. O Ceará, como será mais bem descrito na próxima seção, apresenta uma enorme defasagem no quadro de professores da rede estadual, além de que, mesmo na sua eficiência máxima, as duas universidades, uma federal e outra estadual, as únicas que apresentam cursos de formação de professores licenciados em Física, não conseguem suprir as necessidades mínimas mais urgentes formando professores. Seria necessário maior sensibilidade, por parte das universidades, com os descasos que a muito tempo perdura sobre os cursos de licenciaturas. Se estes atuassem de forma mais dinâmica, tomando a formação de professores como uma de suas prioridades, poderíamos criar condições mais favoráveis para que num futuro próximo, essa situação pudesse ser invertida.

Como apontado nos PCNs:

*Entre os maiores desafios para a atualização pretendida no aprendizado de Ciência e Tecnologia, no Ensino Médio, está a formação adequada de professores, a elaboração de materiais instrucionais apropriados e até mesmo a modificação do posicionamento e da estrutura da própria escola, relativamente ao aprendizado individual e coletivo e a sua avaliação.*

(...)

*Além disso, um desenvolvimento mais eficaz, científico e pedagógico exige também mudanças na própria escola, de forma a promover novas atitudes nos alunos e na comunidade. É preciso mudar convicções equivocadas, culturalmente difundidas em toda a sociedade, de que os alunos são os pacientes, de que os agentes são os professores e de que a escola estabelece simplesmente o cenário do processo de ensino (PCN Ensino Médio, 1998, p.49).*

Entre vários outros aspectos importantes, dentro dos PCNs, destacamos o papel do *conhecimento prévio dos alunos*, da *construção de modelos*, da *história das ciências*, da *resolução de problemas* e da *experimentação*.  
Afirma, assim:

- Sobre o *conhecimento prévio* dos alunos;

*Os alunos chegam à escola já trazendo conceitos próprios para as coisas que observam e modelos elaborados autonomamente para explicar sua realidade vivida, inclusive para os fatos de interesse científico. É importante levar em conta tais conhecimentos no processo pedagógico, porque o efetivo diálogo pedagógico só se verifica quando há uma confrontação verdadeira de visões e opiniões; o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto-elaboração, pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões.* (PCN Ensino Médio, 1998, p.52)

- Sobre os *modelos físicos*;

*É essencial também trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria idéia de modelo, através da discussão de modelos microscópicos. Para isso, os modelos devem ser construídos a partir da necessidade explicativa de fatos, em correlação direta com os fenômenos macroscópicos que se quer explicar. Por exemplo, o modelo cinético dos gases pode ajudar a compreender o próprio conceito de temperatura ou processos de troca de calor; enquanto os modelos para a interação da luz com diferentes meios podem ser utilizados para explicar as cores dos objetos, do céu ou a fosforescência de determinados materiais.* (PCN Ensino Médio, 1998, p.25)

- Sobre a *resolução de problemas*;

*Os alunos, confrontados com situações-problema, novos mas compatíveis com os instrumentos que já possuem ou que possam adquirir no processo, aprendem a desenvolver estratégia de enfrentamento, planejando etapas, estabelecendo relações, verificando regularidades, fazendo uso dos próprios erros cometidos para buscar novas alternativas; adquirem espírito de pesquisa, aprendendo a consultar, a experimentar, a organizar dados, a sistematizar resultados, a validar soluções; desenvolvem sua capacidade de raciocínio, adquirem auto-confiança e sentido de responsabilidade; e, finalmente, ampliam sua autonomia e capacidade de comunicação e de argumentação.* (PCN Ensino Médio, 1998, p.52)

- Sobre a *história das ciências*;

*A compreensão da relação entre o aprendizado científico, matemático e das tecnologias e as questões de alcance social são a um só tempo meio para o ensino e objetivo da educação. Isso pode ser desenvolvido em atividades*



*como os projetos acima sugeridos, ou se analisando historicamente o processo de desenvolvimento das Ciências e da Matemática. Nessa medida, a história das Ciências é um importante recurso. A importância da história das Ciências e da Matemática, contudo, tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos. (PCN Ensino Médio, 1998, p.54)*

- Sobre o papel da *experimentação*;

*Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas. (PCN Ensino Médio, 1998, p.52-53)*

Além disso, as propostas educacionais também devem considerar as variáveis regionais, de sentido cultural e sócio-econômico que são significativos num país de extensão como o Brasil.

Os PCNs para o ensino médio não são um receituário, nem uma listagem completa ou exaustiva, mas sim recomendações gerais para o ensino de ciências. Embora não adote uma escola única de pensamento, podemos perceber fortemente a influência da proposta construtivista. Segundo Menezes (2000, p.8): “a idéia de uma física como cultura ampla e como cultura prática, assim como a idéia de uma ciência a serviço da construção de visão de mundo e competências humanas mais gerais, foi a motivação e o sentido mais claro das proposições daquele documento”.

A seguir, apresentamos, no Quadro 1.2.1, uma síntese das competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física.

### **Quadro 1.2.1 - Competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física**

#### ***Representação e comunicação***

- Compreender enunciados que envolvam códigos e símbolos físicos. Compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos.
- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar, de forma clara e objetiva, o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados.

#### ***Investigação e compreensão***

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir “como funciona” os aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.

#### ***Contextualização sócio-cultural***

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

### 1.3 - A REALIDADE DO ENSINO DE FÍSICA NO ESTADO DO CEARÁ

A universalização do ensino fundamental no Ceará passa a se refletir, já em 1999, no crescimento do número de matrículas que, na maioria das vezes, ultrapassam a capacidade da estrutura das redes de escolas públicas. Conseqüentemente gerou-se uma demanda cada vez maior de docentes para a área de Ciências da Natureza e Matemática, revelando uma necessidade, em caráter de emergência, de medidas na busca de soluções para um problema que tende a se agravar com o passar dos anos. (VIDAL, 2000).

No caso brasileiro, comparado às situações entre o passado distante e a história recente de nossa educação, relacionadas à formação continuada de professores de ciências, nunca foi tão necessária à formação de professores como hoje. Embora a experiência acumulada seja relativamente grande, segundo Menezes (2000, p.53), *“parece haver uma grande lacuna intransponível que nos impede ou dificulta aprender com o que se já viveu”*, além de que, como ele próprio afirma:

*Pode-se dizer que, em nenhuma outra época do passado recente, foi tão deficiente a formação inicial média de nossos professores de Ciências nem tão grande o número de professores ensinando Ciências no ensino médio sem qualquer qualificação* (p. 56).

No caso do Ceará, também se aplicam todas as dificuldades, apresentada anteriormente, sobre a evolução do ensino de Física no Brasil. Indicadores relacionados à situação dos professores de Ciências da Natureza e Matemática, no ensino médio cearense indicam que, atualmente, a crise da falta de professores para a rede pública estadual irá aumentar de forma alarmante. Além disso, soma-se o grande despreparo dos que atualmente assumiram posições nas escolas como professores de Ciências (Física, Química e Biologia) e Matemática que nem sequer possuem formação na área.

Os dados e comentários que a seguirão estão baseados no artigo de Vidal (2002), que realizou um estudo através de dados obtidos com a Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC), com respeito ao número de professores necessários para suprir a demanda do ensino médio, nas áreas de Ciências da Natureza e Matemática no estado do Ceará.

Em 2001, o Ceará registrou uma matrícula inicial no ensino médio de 233.776 alunos distribuídos em toda a rede escolar do Estado, levando a uma disparidade na relação carga horária e o número de professores disponíveis para área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Essa disparidade evidencia uma crescente carência de profissionais para ministrar essas disciplinas. Foi constatado que para as disciplinas de Física e Química, o número de professores necessários para atender a carga horária total corresponde ao dobro do número existente. Nas disciplinas Biologia e Matemática, a carência representa aproximadamente 30% da carga horária total, como mostrado na Tabela 1.3.1 abaixo.



**Tabela 1.3.1 – Número de professores existentes (contratados) x Número de professores necessários, para o ano 2001**

Disciplina	Nº professores existentes	Nº professores necessários
Física	331	708
Biologia	953	1.393
Matemática	1.080	1.664
Química	331	679
TOTAL	2.695	4.444

**FONTE: VIDAL, 2002, p. 88.**

Um dado mais agravante seria que a qualificação de 66% dos professores (1.779) de um total de 2695 cadastrados, por formação inicial na Secretaria de Educação (SEDUC), que assumiram as disciplinas Física, Biologia, Matemática e Química, somente 141 têm formação específica, conforme mostra a Tabela 1.3.2. Isso revela que somente 5,3 % do total de professores cadastrados têm alguma formação específica.

**Tabela 1.3.2 - Número de professores com Licenciatura específica, no ano 2001**

Disciplina	Professores com Licenciatura específica
Física	31
Biologia	19
Matemática	83
Química	8
TOTAL	141

**FONTE: VIDAL, 2002, p. 89.**

Podemos, então, concluir facilmente que elevada parcela das vagas estão sendo preenchidas por profissionais desqualificados criando uma *disfunção profissional*. Segundo Vidal (2002, p.90), *disfunção profissional* significa, “o exercício docente numa disciplina, sem a qualificação adequada, ou seja, sem o curso de Licenciatura específico ou equivalente legal”.

Essa carência representa um reflexo histórico da falta de planejamento articulado entre os diversos níveis de ensino no Estado do Ceará. Outro aspecto a ser destacado, que contribui para essa realidade, é o reduzido número de licenciados.

Tomando como referência os dados de matrículas do ensino médio em 2001 e supondo um crescimento de 10% ou 20% por ano até 2005 do número de matrículas, o número de profissionais qualificados necessários para assumir as disciplinas nas escolas superaria em muito a capacidade formadora de todas as universidades e programas de formação existentes no Estado do Ceará. Veja a Tabela 1.3.3.



**Tabela 1.3.3 - Previsão de Licenciados para cada disciplina da Área em 2005**

Disciplina	Crescimento de 10%	Crescimento de 20%
Física	649	1006
Biologia	809	1294
Matemática	855	1211
Química	621	722
TOTAL	2934	4233

**FONTE: VIDAL, 2002, p. 92.**

Por exemplo, segundo Vidal (2002, p. 92):

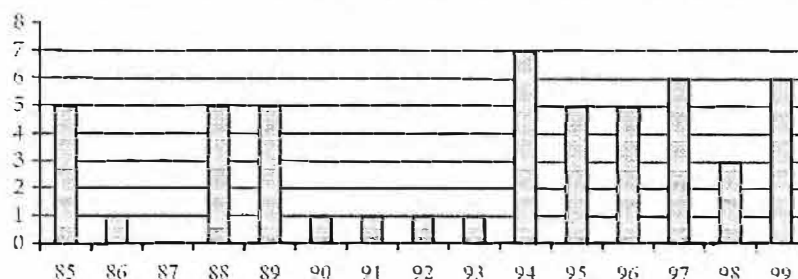
*O programa Magister<sup>6</sup>, numa perspectiva otimista de rendimento de 100%, agregaria 933 professores qualificados no Ensino Médio da rede pública, sendo que desse total uma parcela significativa já se encontra em efetivo exercício nas escolas, atuando na área, ou seja, a inserção de novos profissionais não é tão significativa considerando a carência registrada.*

A Universidade Estadual do Ceará (UECE), desde 1998, oferece 80 vagas anuais para cada uma das licenciaturas em Matemática, Física, Química e 100 vagas para a licenciatura em Biologia. Numa perspectiva bastante otimista que 100% desses alunos em processo de formação inicial tenham concluído sua formação em 2002, teríamos 340 profissionais para cada um das três licenciaturas acima citadas e mais 400 licenciados em Biologia. Podemos observar que este número está muito aquém do necessário. Some-se a isso o fato de que a rede de ensino particular, apesar de quantitativamente responder por uma parcela de matrícula muito menor do que a rede pública devido as melhores condições salariais, ainda capta um número significativo desses professores formados.

Desde 1985, na UECE, são habilitados profissionais para o exercício da docência em Física, totalizando um total de 54 egressos em 1999, conforme mostra o Gráfico 1.3.1. No caso da Universidade Federal do Ceará (UFC), a situação se apresenta mais crítica conforme apontado pelo Gráfico 1.3.2.

<sup>6</sup> Iniciado em 2001, o programa magister é um programa da Secretaria de Educação Básica do Ceará para formação em nível superior licenciatura plena, dos professores efetivos da rede estadual de ensino que possuíam apenas o Ensino Médio, em parceria com as três universidades públicas estaduais e a Universidade Federal do Ceará. (VIDAL, 2002)

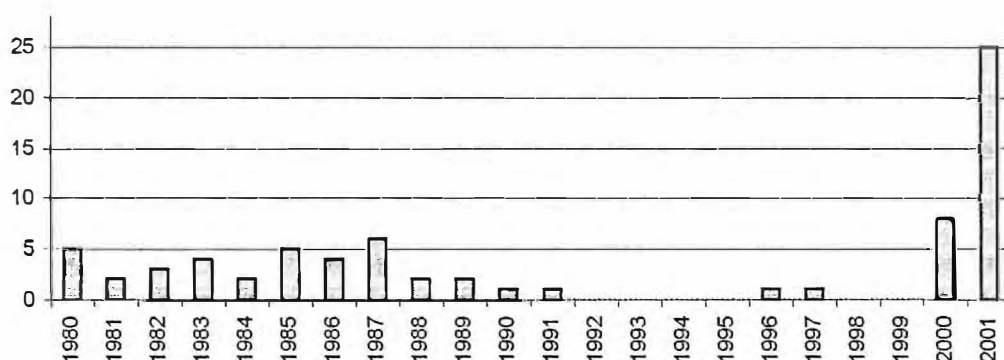
**Gráfico 1.3.1 - Licenciados em Física no período de 1985 até 1999 na UECE**



**FONTE: VIDAL, 2002, p. 92.**

Podemos observar no gráfico 1.3.2 que no período de 1980 a 2001 foram formados 72 licenciados em Física na UFC. Se compararmos agora a situação da UECE (gráfico 1.3.1), no período de 1985 a 1999, com a situação da UFC no mesmo intervalo, enquanto que naquela foram habilitados 54 licenciados em Física, somente 23 foram habilitados na UFC.

**Gráfico 1.3.2 – Licenciados em Física no período de 1980 até 2001 na UFC**



**FONTE: NPD<sup>7</sup>, UFC, 2000.**

Na UFC, o número total de professores formados nas licenciaturas oferecidas por esta instituição, no período de 1980 a 2001, foi de 784 para as áreas de Física, Biologia, Matemática, Química e Ciências. Note que os formados em física representam somente 9,6% do total - um número bastante reduzido. Por exemplo, até mesmo o número de profissionais habilitados para ensinar matemática foi maior que o de física, representando 25,5% do total conforme a tabela 1.3.4.

<sup>7</sup> Núcleo de Processamento de Dados da Universidade Federal do Ceará.

**Tabela 1.3.4 - Número total de professores com licenciatura específica formada até o ano de 2001 na UFC.**

Disciplina	Total	Porcentagem
Ciências Biológicas	199	25,4%
Física	72	9,6%
Matemática	200	25,5%
Química	218	27,8%
Licenciatura em Ciências	95	12,7%
TOTAL	784	100%

Podemos observar que os problemas apontados acima ainda estão muito distantes da situação ideal. Como pudemos perceber, a oferta de professores de longe já enfrenta problemas e vem piorando cada vez mais com o tempo. Ainda não houve por parte dos governos, tanto em âmbito nacional e estadual, uma sensibilização presente em forma de ações continuadas em relação a educação. A baixa procura pelos cursos de Licenciatura nas áreas de Física, Química, Biologia e Matemática, aliado ao desprestígio social e aos baixos salários, a elevada taxa de evasão nos cursos, entre outros, contribuem para agravar uma situação que já perdura desde muito tempo na história de nossa Educação em Ciências e Matemática. Nesse contexto Vidal observa que:

*Profissionais que assumem a docência no Ensino Médio sem a qualificação exigida, não conseguem, na maioria das vezes, ter um bom desempenho no exercício da função, por carecer dos fundamentos pedagógicos e epistemológicos que a área como um todo e cada disciplina em particular apresenta e também por lhes faltar o domínio geral de uma formação no campo da psicologia da aprendizagem, considerada por muitos pesquisadores e educadores como de fundamental importância para o processo ensino-aprendizagem. Além disso, em muitos casos, falta-lhes a preparação científica adequada, seja decorrência da graduação cursada, seja pela incapacidade de realizar qualquer tipo de transposição didática compatível com a disciplina que se candidata a ensinar. (VIDAL 2002, p.95)*

Dentro dessa situação de calamidade estrutural da educação no Estado do Ceará, qualquer solução para o problema deve levar em consideração:

- **Induzir a demanda:** *criar mecanismos de estímulo pela procura das Licenciaturas em Física, Química, Biologia e Matemática. Tal estratégia funciona não só para aumentar a procura, mas também para diminuir o desperdício de vagas após a admissão e possibilitar um fluxo regular do aluno ao longo do curso, criando condições objetivas para que ele conclua no tempo regular. Essa indução deve ser assumida pelo poder público, maior beneficiário de tal ação, pois ao realimentar o ciclo educacional com professores devidamente qualificados, o interesse e a motivação pelas disciplinas da área começaria a se manifestar nas novas gerações. (VIDAL, 2002, p.96).*



- **Aumentar o número de vagas para admissão:** *atualmente, as Universidades oferecem um número de vagas anuais para as quatro Licenciaturas, que se em números absolutos é significativa, tomando como base a demanda reprimida e a futura é relativamente pouco. A UECE dispõe de uma boa infra-estrutura em cidades-polo do interior, mas sozinha não tem como assumir um projeto dessa envergadura. Falta-lhes inclusive professores universitários para as mesmas disciplinas em unidades do interior. A Secretaria de Ciência e Tecnologia poderia definir um programa emergencial para atender a situação corrente e futura a partir de parâmetros acadêmicos e incorporando as novas tecnologias como video-conferências e internet.* (VIDAL, 2002, p.96).
- **Implementar uma proposta pedagógica inovadora:** *se inserindo no movimento nacional de reestruturação da formação docente, e atendendo às especificidades locais e das instituições, poder-se-ia trabalhar numa perspectiva de formação inicial onde a teoria e a prática se integrassem mutuamente.* (VIDAL, 2002, p.96-97).
- **Reestruturar os cursos de licenciaturas nas universidades:** ampliando o quadro de docentes, abrindo concursos para professores efetivos e doutores em ensino de ciências; reestruturação do currículo das licenciaturas aproximando-os à realidade da sala de aula vivenciada pelos futuros professores; disponibilizar assinaturas de publicações específicas da área de Ensino de Ciências, para o acervo das bibliotecas, etc.

#### 1.4 - CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO

Neste capítulo, abordamos os aspectos históricos relacionados à evolução do ensino de Física no Brasil. Com isso, o nosso primeiro objetivo seria tentar compreender, dentro de um panorama mais amplo, aspectos de nossa cultura em ensino de Física. Acreditamos que isso foi possível ainda que, dentro de certos limites, vários outros aspectos tenham inevitavelmente ficado de fora. Esta abordagem nos oferece alguns instrumentos essenciais para pensarmos o ensino de Física atual, dentro de suas necessidade e dificuldades, percebendo que faz parte de uma cultura mais ampla, relativamente recente, embora já bastante arraigada na forma do ensino tradicional.

Um ensino fortemente clássico, literário e sem ênfase nos estudos das ciências predominou por muito tempo em nossas escolas, contribuindo para a quase total ignorância científica por longo período em nosso país. Lógico que algumas exceções de vez em quando surgiam. Poderíamos dizer que o real nascimento da Física, como disciplina, surge no ano de 1832, depois da fundação da Escola de Cirurgia, na Bahia, em 1808, e da Academia Real Militar, no Rio de Janeiro, em 1810. Uma Física para poucos privilegiados, filhos da nobreza, de preferência, e que visavam aplicações práticas. Somente após a

criação do colégio Dom Pedro II (dezembro de 1837), em janeiro de 1838, o ensino de ciências, inclusive o da Física, é inserido nos últimos três anos do ensino médio através de um decreto. Apesar disso, este ensino poderia ser considerado incidental, pois ainda estava presente a predominância do ensino literário e humanístico.

Em consequência da revolução industrial, nos fins do século XVIII, na Alemanha, a criação das “realschulen”, que era um novo tipo de ensino secundário voltado mais para as disciplinas científicas do que as literárias acabam influenciando a escola brasileira - mais especificamente a partir de 1855. Apesar disso, a falta de continuidade, a ausência de livros-textos adequados às diversas regiões de nosso país, a falta de estrutura física adequada, a deficiente formação dos professores, a densidade dos conteúdos, entre muitos outros, contribuíram para um curto período de duração da reforma do ensino baseada nas “realschulen”. Durante todo o período colonial nenhum empenho pedagógico inovador e efetivo aconteceu de modo a alterar de forma significativa a educação em ciências e, em especial, o ensino da Física.

Mesmo após a criação da USP, em 1934, onde uma de suas pretensões era a preparação do pesquisador e a formação de professores para o ensino médio, portanto, do professor de Física, o ensino desta disciplina continua com grande defasagem. A escassez e a baixa qualificação dos professores de física permaneciam presentes.

Somente no final da década de 50 e inícios da década de 60, muito tempo após o surgimento do Ensino Superior brasileiro, dá-se início às pesquisas em educação em Ciências. No final da década de 60, surgem os primeiros projetos de ensino desenvolvidos nas universidades brasileiras por grupos de pesquisadores em educação em Ciências. Influenciados pela implantação de modelos estrangeiros, os projetos brasileiros tiveram curto período de duração.

Nos inícios da década de 70 nascem os dois primeiros programas de pós-graduação em Ensino de Ciências, na Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), intensificando, portanto, a pesquisa nacional em Ensino de Ciências. Apesar do grande avanço na pesquisa em Ensino de Ciências e do número de projetos voltados à formação continuada de professores de ciências, em todo o país, permanecia a escassez de professores de Física no ensino. As aulas de Física eram ministradas nas escolas por engenheiros, médicos, bacharéis em Pedagogia e Ciências Sociais, biólogos, etc., ou seja, por profissionais sem a qualificação mínima exigida pela profissão.

Essas características resumidas até aqui são importantes porque, atualmente, o ensino de Física no Brasil parece não ter mudado muito de situação apesar do grande avanço na área da pesquisa em Ensino de Física e da conscientização sobre a importância da sua inserção na escola, como apontado pelos PCN. A realidade atual no ensino de Ciências no Ceará pode servir de exemplo para caracterizar esta situação. Podemos perceber que essas dificuldades têm raízes profundas na história da nossa cultura de educação. Isso nos sugere que mudanças efetivas no ensino da Física devem ocorrer, mas de

forma não muito aceleradas como em “doses homeopáticas”. Nessa perspectiva, projetos de base que criem melhores condições para a formação de professores, possibilitando a criação de uma nova cultura para se ensinar Física ou uma nova Física, deveria ser essencial.

Alguns dos aspectos a serem enfrentados para o nascimento dessa nova Física, como apontado por Menezes (2000), poderiam ser caracterizados através do diagnóstico geral sobre a prática do ensino de Física, aprofundando os pressupostos que a norteiam, como apontado por Villani (1984). Em relação aos cursos de graduação em Física, Villani observa que:

*o formalismo continua complicado e opressor, pois os exemplos não se aproximam muito das situações concretas e familiares aos alunos, a satisfação de encontrar algum resultado famoso é pouco provável e o cuidado com a fidelidade ao contexto histórico permanece quase insignificante. O contexto escolar afasta a Física do universo significativo dos alunos. (...) O ensino do laboratório é obrigatório, mas não representa um desafio ou uma competição com o ensino do “pacote”, pois de fato sua importância é comumente considerada secundária. (VILLANI, 1984, p.79)*

Seria inegável a contribuição negativa dessas características do ensino de graduação na formação dos professores que irão atuar no ensino fundamental e médio. A frase “eu ensino como eu aprendi” parece ecoar como uma verdade quase universal entre os professores. Como consequência disso:

*No segundo grau [agora ensino médio], na melhor das hipóteses, a matemática é reduzida à álgebra, os exercícios são puras aplicações das fórmulas sem relação explícita com experimentos ou com teorias importantes. É o reino dos cursinhos e de seus métodos “eficientes”. Temos a impressão que se trata de uma “caricatura” da ciência incapaz de resistir à passagem entre o vestibular e o primeiro ano da universidade; o conteúdo ensinado não somente é menos extenso do que nos níveis superiores (o que é razoável), mas ele é diluído, leve, abstrato, desconexo e superficial: em suma, ele é insignificante para o aluno. Nem é necessário dizer que neste nível a utilização de exemplos concretos, de contextos históricos e a preocupação com a estrutura das teorias constituem pura utopia. O próprio ensino de laboratório é quase totalmente ausente; as condições precárias nas quais o ensino de Física se realiza, na grande maioria das escolas de segundo grau tornam perfeitamente compreensível a queixa generalizada dos estudantes para os quais “a Física” – quando não é totalmente incompressível – é bastante chata. (VILLANI, 1984, p.79)*

A personalidade do professor, bem como suas atitudes e crenças também têm um efeito de importância vital para a formação do futuro professor. Segundo Villani *et al.*, (1982, p.46):

*... a interação professor-aluno tem um efeito “ideológico” marcante (...) além da aprendizagem específica do aluno. A figura do professor como guia e “sábio” é a que legitima a sua intervenção arrasadora nas idéias prévias dos*



*alunos e na sua maneira de conceber o trabalho de entendimento da realidade. Neste contexto, então, as suas idéias “espontâneas” são exorcizadas, pois se visa à criação de um homem novo, feito a imagem e semelhança do professor. Todo um esquema é montado cujo efeito final é a disciplinarização e a aprendizagem de comportamentos, tais como executar tarefas, fazer relatórios e cumprir ordens independentes do significado delas.*

Podemos inferir que mudar para uma nova Física requer de seus professores um esforço que, na maioria das vezes, está além de suas possibilidades. A história de sua formação acadêmica, sua história de vida trazem influências profundas em suas atitudes futuras como professor. Dentro desta perspectiva, mudanças reais de atitudes parecem estar mais relacionadas à capacidade de indignação do estudante com a situação presente do ensino, talvez mais próxima de suas raízes sócio-culturais, do que especificamente ao tipo de formação acadêmica. Isso sinaliza que o processo de mudança para uma nova Física deverá ser lento, como afirmado anteriormente, devendo estar apoiado no nascimento de uma nova cultura para o ensino de Física. A contextualização histórica nos possibilita criar as condições para compreensão de como poderá se dar o direcionamento desta nova cultura, juntamente com as perspectivas apontadas pelas últimas tendências dos currículos, e a sua relação com a pesquisa no ensino de Física. Destaca-se a importância deste capítulo, pois, compreendendo esta realidade, aumentamos as chances de criar condições para “a idéia de uma física como cultura ampla e como cultura prática, assim como a idéia de uma ciência a serviço da construção de visão de mundo e competências humanas mais gerais” (MENEZES, 2000, p.8).

Neste cenário de grave crise educacional também podemos perceber que o papel do laboratório didático sempre foi relegado ao segundo plano do ensino. Quando surge o laboratório de física no Brasil Império, este tem utilização limitada sendo manipulado exclusivamente pelo professor da disciplina e com caráter demonstrativo ou ilustrativo da teoria. No Brasil República a situação do laboratório didático não é muito diferente além da já conhecida falta de recursos instrumentais nas escolas e a falta de preparo dos professores. Portanto, embora tenha sido exaltado nas reformas educacionais, em algum momento, a importância do laboratório didático no ensino, pouco se fez realmente para que ele tivesse efeito significativo para o ensino da Física e outras ciências. Como afirmaram Axt e Moreira (1991, p. 98):

☞ *As propostas de mudanças curricular no Brasil têm historicamente defendido a necessidade de se praticar mais experimentação nas aulas de Ciências. Apesar disso, e mesmo porque, infelizmente, foram poucas as mudanças curriculares de fato ocorridas, prevalece, ao longo de muitas décadas, uma orientação mais livresca do que experimental.*

(...)

*O quadro atual diverge, então, muito pouco do passado: embora se reconheça a importância das atividades experimentais e um significativo número de professores já as pratique, a proporção, em relação aos que se limitam ao giz e quadro negro, ainda é pequena.*

Seria plausível afirmar que, pelo menos em parte, a educação ministrada no ensino médio seja um reflexo da educação ministrada no nível superior, nas faculdades e universidades. Pois, da mesma forma que o laboratório é ignorado no Ensino Superior, também o é no ensino fundamental e médio. Se “a interação professor-aluno tem um efeito ‘ideológico’ marcante” (Villani et al., 1982, p.46), este efeito ideológico da graduação tem, com certeza, efeitos colaterais marcantes na forma de se ensinar a Física no ensino médio. Em linhas gerais, Axt e Moreira (1991) agruparam três características sobre como se dá a experimentação na prática docente. São elas:

1. *“Frequentemente, os experimentos são ministrados de forma aleatória e desvinculada do conteúdo programático, como se fossem um apêndice. O conteúdo da disciplina é tratado como um corpo objetivo e isolado de conhecimentos. Pouca atenção é dada à potencialidade da experimentação como veículo de aprimoramento conceitual, admitindo-se, de forma implícita, que a firmeza conceitual pode ser alcançada através da aplicação coerente das fórmulas. Quando integrada ao conteúdo, o papel reservado para a experimentação é o de verificar aquilo que é informado na aula, sempre no sentido de corroborar; não se explicita uma interrelação teoria-experimento.*
2. *Com menos frequência, a experimentação é utilizada para veicular conceitos, comprovar relações, determinar constantes, propor problemas experimentais. Exploram-se, neste caso, as potencialidades didáticas do experimento, tanto no sentido heurístico quanto metodológico.*
3. *Com muito pouca frequência, a experimentação é utilizada como instrumento para aquisição de conceitos e, quando é o caso, para reformulação conceitual”.* (AXT e MOREIRA, 1991, p. 98)

Apesar dessas dificuldades enfrentadas pelo laboratório didático, mesmo no campo das pesquisas em Ensino, segundo Sebastian<sup>8</sup> (1987) citado por Barroli (1998, p.12):

*“apesar da variedade de visões sobre o papel do laboratório didático e das propostas para ‘melhorar’ os cursos ou atividades experimentais, existem, no entanto, poucos resultados de pesquisas que indicam se as metas perseguidas para o laboratório são as mais adequadas, ou mesmo se determinada função atribuída a ele é mais apropriada para alcançar estas metas.*

<sup>8</sup> SEBASTIA, J. M. Que se pretende en los laboratorios de física universitaria? *Enseñanza de las Ciencias*, v..5, n. 3, p. 196-204, 1987.

Barolli (1998) observa que as investigações realizadas sobre o laboratório didático ainda deixam muito a desejar “no que se refere à investigação e ao conhecimento dos aspectos que influenciam e, por vezes, determinam a configuração das relações que se estabelecem nas situações em que os estudantes encontram-se frente à tarefa de realizar um experimento”. (BAROLLI, 1998, p.15)

Ainda segundo Barolli (1998, p.15)

*Somente nos últimos quatro ou cinco anos é que passamos a encontrar na literatura, trabalhos que procuram levantar e articular representações dos estudantes relacionadas a seu trabalho experimental. Mais especificamente, a função dessas pesquisas é revelar concepções e modos de raciocínios dos estudantes, frente à tarefa de obter resultados a partir de um experimento.*

*Dentro desta perspectiva, um aspecto que vem sendo considerado por alguns pesquisadores, relaciona-se à análise e interpretação, por parte dos estudantes, de dados obtidos nas atividades experimentais.*

Portanto, o laboratório didático ainda tem e terá, não só importância no ensino de Física como ainda será objeto de investigação por longo período pela comunidade de pesquisadores em Ensino de Ciências. Tendo esta dissertação como objeto de estudo o experimento de baixo custo, quesitos relacionados às metodologias das práticas de laboratórios terão importância, mas não serão determinantes, pois a proposta se diferencia da prática tradicional de laboratório nos seguintes aspectos: o que será desenvolvido não será uma aula de laboratório no sentido restrito do termo - o aluno em uma sala de laboratório realizando experiências segundo um roteiro pré-estabelecido; pretendemos contextualizar o experimento de baixo custo dentro de uma aula normal de física onde todos os alunos terão participação ativa na atividade sendo esta orientada pelo professor; no decorrer a discussão teórica será intercalada com atividades experimentais tentando ampliar conceitualmente o conhecimento trabalhado. Assim, a contextualização do experimento de baixo em sala de aula, utilizando-se inicialmente como referencial teórico o modelo de mudança conceitual, pretende, portanto, tentar ampliar a prática do laboratório ultrapassando os limites do local, a sala de laboratório. Para isso, utilizamos o experimento para aquisição e/ou reformulação de conceitos, contextualizando-o ao conteúdo teórico, procurando dar significado real a física no cotidiano, focalizando maior atenção nos alunos e no seu processo de aprendizagem dentro do modelo de aula proposto.

A utilização do experimento de baixo custo não tem a intenção de substituir o laboratório da escola. Não concordamos que para ensinar física a utilização de experimentos de baixo custo seria suficiente para a aprendizagem experimental, pois o processo de construção das ciências experimentais não é construído simplesmente com experimentos feitos de sucata, mas sim dentro de rigorosos padrões de construção e, muitas vezes, com materiais altamente sofisticados de acordo com cada época.



Vemos na utilização do experimento de baixo custo possibilidades de ampliar a prática do ensino da física numa perspectiva mais humana tentando visualizar idéias e significados também nos objetos de uso comum pelos alunos ou de fácil acesso nas escolas, ampliando o universo do aluno para além do livro texto. Despertando o interesse pelo conhecimento, fazendo com que ele tenha significado para o aluno, isso nos possibilitaria ampliar as nuances que cada teoria trás até sua consolidação quando obtém a credibilidade pela comunidade científica. Somente depois disso o laboratório didático exerceria seu papel de forma mais ampla podendo trazer discussões de naturezas mais específicas do que abordadas com o experimento de baixo custo no contexto da sala de aula.

## **CAPÍTULO 2**

**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: Concepções  
Alternativas, Modelo de Mudança Conceitual, Modelo  
de Mudança Conceitual e Metodológico, Noção de Perfil  
Conceitual**

Visando proporcionar um ambiente favorável à aprendizagem no ensino de ciências, o tema educação em ciências vem provocando há algum tempo várias discussões sobre metodologias aplicadas em sala de aula como ferramentas necessárias à transmissão de conhecimentos. Os novos parâmetros curriculares nacionais (PCNs) trazem elementos para a implementação das diretrizes nacionais do ensino médio, no sentido de produzir um conhecimento efetivo, que tenha significado próprio e não, como vem sido tradicionalmente direcionado, num sentido propedêutico. Este documento se tornou referência para organização dos novos currículos nas escolas de ensino médio, estaduais e federais, mostrando a necessidade de mudança ou adaptação de novas metodologias para a melhoria da qualidade de ensino ofertado. Em geral, o ensino da Física ainda se utiliza do método tradicional baseado em exposição de teoria e resolução de problemas pouco relacionados com a realidade do aluno. Embora este tipo de ensino seja o mais utilizado, vários resultados de pesquisas em ensino de Física têm apontado para o fato de que o ensino tradicional pouco tem ajudado para a mudança conceitual dos alunos. Segundo Neves e Savi (2000), até mesmo para boa parte dos estudantes que ingressam num curso universitário seguindo uma carreira em ciências exatas, determinadas concepções sobre conteúdos de Física que são trabalhados no ensino médio permanecem inalterados, mesmo depois de dois anos de estudos básicos na graduação.

Isto nos fornece alguns indícios para reflexão sobre a prática de ensino buscando referenciais teóricos que sejam mais adequados e/ou adaptáveis a nossa realidade e que possibilitem um processo de ensino-aprendizagem mais significativo.

## 2.1 - O MOVIMENTO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

As pesquisas sobre concepções espontâneas ou concepções alternativas remontam a princípios da década de 70, graças ao impacto de alguns trabalhos como as teses de doutorado de Driver<sup>1</sup> (1973) e Viennot<sup>2</sup> (1976), embora os resultados desses trabalhos só passem a ter presença importante no ensino da Física (e de Ciências), no início da década de 80 (GIL-PEREZ, 1986).

A partir daí, numerosas foram as investigações efetuadas para tentar descobrir como os alunos pensam sobre alguns tópicos científicos. Com os resultados obtidos, o estudo das concepções alternativas na aprendizagem formal começou a fazer parte das grandes preocupações pedagógicas para o ensino de ciências. Apesar desse interesse ser recente, as representações do mundo da criança já vinham, há algum tempo, sendo estudada por Jean Piaget e seu grupo em Genebra - Suíça. Mesmo tendo iniciado suas primeiras investigações sobre as representações do mundo da criança nos anos 20,

---

<sup>1</sup> DRIVER, R. 1973. *The representation of Conceptual frameworks in Young adolescent science students*. Tese de Doutorado. Universidade de Illinois, Urbana, Illinois.

<sup>2</sup> VIENNOT, L., 1973. *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire*, Tese de Doutorado. Universidade Paris 7. (publicada em 1979 por Herman: Paris)

Os trabalhos de Piaget foram ignorados pela educação ocidental durante quatro décadas (SANTOS, 1998).

As obras de Piaget comportam dupla perspectiva, uma epistemológica e outra psicológica. Ao voltar-se para a epistemologia do conhecimento, ele pretende romper com a tradicional abordagem filosófica desse tema buscando uma abordagem científica. Ao descrever o pensamento das crianças, seus estudos psicogenéticos, oferecem evidências empíricas quanto à origem e à formação das categorias e instrumentos de conhecimento próprios ao pensamento científico. A lógica, a matemática e as ciências da natureza (em particular a Física) são as fontes ou matrizes na qual delinčia as noções que foram investigadas por ele, a partir de um ponto de vista psicogenético (DOMINGUEZ, 1992).

Nos anos 60, David Ausubel, psicólogo americano (como Piaget, representante do cognitivismo<sup>4</sup>), centrou sua reflexão nas concepções prévias dos alunos e nas possíveis conseqüências para a aprendizagem de conceitos. Contrariamente a Piaget, seus estudos não trataram as concepções prévias independentemente de situações didáticas. Seu interesse centra-se na estruturação do conhecimento tendo por base organizações conceituais já existentes ou presentes que funcionem como estruturas receptivas de novas idéias (SANTOS, 1998). Segundo Moreira e Masini (2001, p.8) “*A idéia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Apesar de Ausubel e Piaget seguirem uma linha cognitivistas e, freqüentemente serem considerados como precursores da linha de investigação sobre concepções alternativas, existem algumas diferenças fundamentais entre ambas teorias. Por exemplo,*

*“Um aspecto em que convergem é relativamente ao construtivismo. De fato, ambos defendem que a ação do sujeito é determinante para a organização e estruturação do seu próprio conhecimento. Ambos assinalam, também, que determinadas estruturas lógicas do pensamento são de grande importância para a aprendizagem e que refletem estádios de maturidade cognitiva qualitativamente descontínuos em relação a estádios adjacentes. A distinção entre o conhecimento operativo e figurativo, proposta por Piaget, é aceita por Ausubel. Todavia enquanto o psicólogo suíço subordina o conhecimento figurativo ao operativo, o psicólogo americano tende a subordinar o conhecimento operativo ao figurativo. [...] Em síntese, enquanto a tradição piagetiana é relativamente independente do conteúdo e do contexto, a tradição ausubeliana é essencialmente dependente do conteúdo e do contexto. Para Piaget, o fator determinante do processo de integração de novas informações e de novos conceitos é o nível mental atingido pelo sujeito – as suas estruturas lógicas ou operações. (...) Piaget postula como determinante o papel das estruturas lógicas de pensamento ou operações – instrumento geral aplicável a qualquer conteúdo. Ausubel postula como determinante o papel das “estruturas cognitivas” enquanto instrumentos específicos para dados campos do conhecimento. Considera que são elas, e não o nível mental atingido a partir de determinada idade, o fator limitante para lidar com novas abstrações”.* (SANTOS, 1998, p.57)



Ainda, segundo Santos (1998), embora existam divergências entre os pontos de vista de Piaget e Ausubel<sup>3</sup>, ambos são considerados precursores do movimento das concepções alternativas por diferentes motivos:

- *“Piaget, pela análise que faz das representações do mundo que se dão espontaneamente na criança no decurso do seu desenvolvimento intelectual – idéias crenças, explicações causais e expectativas, relativamente a fenômenos naturais, que a criança constrói para dar sentido às suas experiências pessoais.*
- *Ausubel, pelo valor que atribui, na aprendizagem, à “estrutura cognitiva” enquanto conteúdo substantivo e organização de idéias para áreas particulares do conhecimento. Considera-a um instrumento decisivo para a integração de novas informações e de novos conceitos”.* (SANTOS, 1998, p.58)

As investigações no sentido de conhecer o raciocínio intuitivo do aluno têm revelado bastantes informações sobre seus conceitos prévios. Estes conceitos influenciam na forma pela qual o aluno incorpora o conhecimento através de suas estruturas cognitivas, e têm desempenhado um importante papel para formação de professores e pesquisadores à procura de novas formas de conceber o ensino de Física em face dessa nova realidade. (PIERSON, 1997). O termo concepções alternativas ou concepções espontâneas, como aqui preferimos chamar, também podem aparecer na literatura como: idéias intuitivas, teorias ingênuas, ciência das crianças, ou esquemas conceituais alternativos<sup>4</sup> (GILPEREZ, 1986). Os vários estudos conduzidos na literatura focados nos conhecimentos prévios dos alunos sugerem, como afirmam Osborne e Wittrock (1983, p. 9):

*(...) que as crianças desenvolvem idéias sobre seu mundo, desenvolve significados para palavras usadas em ciências, e desenvolve estratégias para obter explicações de como e porque as coisas se comportam como elas são, muito antes deles serem formalmente iniciados em ciências.*

<sup>3</sup>A teoria de Ausubel pode ser consultada com mais detalhes em:

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F.S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

Exemplos de aplicações no Ensino de Física, pode ser consultado em:

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências*. Porto Alegre: Editora da universidade, UFRGS, 1983.

Para uma breve introdução a teoria de Piaget indica:

DOMINGUEZ, D. C. *A formação do conhecimento Físico: um estudo da causalidade em Jean Piaget*. Rio de Janeiro: EDUFF, 1992. 194p.

KAMII, C.; DEVRIES, R. *O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

WADSWORTH, B. J. *Piaget para o professor da pré-escola e 1.º Grau*. 3.Ed. São Paulo: Pioneira, 1989.

<sup>4</sup> Utilizamos esses termos como sinônimos.

A linha de investigação sobre concepções alternativas não se ateve, durante seu desenvolvimento, somente a investigar as concepções alternativas dos alunos, mas também às concepções veiculadas por projetos curriculares, por livros e professores.

Nossas *experiências* criam e modelam nossas concepções de acordo com nossas vivências como atores no mundo real. A *linguagem* através de metáforas, sendo uma ferramenta primária do pensamento humano, está tão incorporada a linguagem cotidiana que acaba normalmente nos privando de detectar conceitos puramente intelectuais pertencentes aos domínios das ciências. Um exemplo disto seria o conceito de força que é comumente associado a um movimento ou deslocamento, parecendo ser contra-intuitivo numa situação de equilíbrio estático. Também contribui para a origem das concepções alternativas, o reducionismo das idéias e dos conceitos visando uma “melhor compreensão”. Quando realizamos um *reducionismo* sobre um determinado assunto, simplificando de forma exagerada o conteúdo a ser explorado, limita a visão do estudante. Este reducionismo pode ser observado na maioria dos livros-textos de Física sem muito esforço sendo, portanto, necessário que aos estudantes sejam permitida uma visão de totalidade do processo de pensamento (KLAMMER, 1998).

Neves (1999), ao mostrar algumas diferenças no tratamento dado à pilha ou à bateria em livros didáticos de Física no final do Séc. XIX, comparando-a à situação atual, faz duras críticas sobre a forma de como se dá esta abordagem.

*No presente, os livros de física elementar não transmitem a idéia própria da história da ciência. As realizações de Galvani, Volta e outros foram esquecidos e as baterias só são mencionados pela primeira vez após longas discussões sobre eletrostática, força elétrica, campo elétrico, trabalho e potencial elétrico, lei de Coulomb etc. Ela somente é introduzida após as noções de corrente elétrica. Em livros textos modernos as ilustrações são freqüentemente pobres e extremamente distantes daquelas de seus antepassados de cem anos atrás. Em um popular livro texto (Ramalho et al., 1977), usados em algumas escolas de ensino médio no Brasil, pode ser vista uma ilustração de uma bateria como um caixa preta (uma bateria de carro - Figura 8, Ramalho et al., 1977). As coisas que existem dentro da caixa são inadequadas e inacessíveis aos desejos dos estudantes na construção do conhecimento. Tal ensino ruim é responsável pela apresentação de produtos tecnológicos (aparelho de televisão, computadores, forno de microondas) considerados como um conjunto de processos físicos incompreensíveis desconectados das noções básicas da física.*

*A bateria de Volta é conhecida sendo assimilada como um produto consagrado pela nossa cultura tecnológica. Porém, o passado e principalmente a natureza das descobertas científicas tem sido esquecidas e estes valores condenando o futuro da caverna de Platão em que as sombras não eram distinguidas pelas luzes. Nossa caverna é uma estranha caixa preta e, paradoxalmente, nos encontramos fora dela. Um perverso ensino de ciências põe sombra sistematicamente onde primeiramente existia luz e conhecimento como uma construção. (NEVES, 1999, p.808).*

Claramente não é isso o desejado para nossos estudantes que, em sua maioria, só terão contato com a Física, pela primeira vez, no último ano do ensino fundamental e durante os três anos do ensino médio. Infelizmente, esse exemplo se encontra bem arraigado em nossa cultura de tal forma que mudanças nesse sentido, só serão possíveis através de esforços conjuntos entre instituições formadoras e políticas educacionais sérias. As caixas pretas no ensino da mecânica podem ser encontradas facilmente nos livros-textos de Física, através de figuras conceitualmente erradas, e a quase inexistência de experimentos, além de explicações conceitualmente erradas ou incompletas.

Pimentel (1998) também observou vários problemas relacionados aos conteúdos de Física nos livros didáticos de Ciências, de 5ª a 8ª séries. O autor destaca, na sua análise, cinco pontos importantes: os problemas das imprecisões conceituais, experimentos fantasiosos ou com resultados experimentais irreais, experimentos que exibem resultados irreais, problemas com ilustrações, e indução do aluno à situação de risco. Para ele, muito dos erros podem “*indicar um descuido de revisão ou, o que é mais grave, o fato do autor não dominar totalmente o conteúdo ou ainda, no caso de experiências, de não tê-las executado ou não saber como fazê-las*” (PIMENTEL, 1998, p.310).

Investigações sobre as concepções alternativas têm posto em evidência, segundo Gil-Perez (1986, p.113):

*(...) a escassa efetividade de um ensino de ciências incapaz de desenvolver a compreensão de conceitos fundamentais e reiteradamente ensinados. Isto tem levado a uma maior atenção ao processo de ensino/aprendizagem e a investigação derivada assim dos estudos dos erros conceituais e suas causas, com a constatação de que os alunos possuem idéias intuitivas espontâneas – pré-conceitos ou, mais precisamente, verdadeiro esquemas conceituais – dificilmente modificados pelos conhecimentos científicos ensinados na escola.*

Outras características importantes da maioria dos estudos realizados nessa área selecionadas por Gil-Perez (1986) são de que os conhecimentos prévios dos estudantes:

- parecem dotados de certa coerência interna;
- são comuns a estudantes de diferentes meios e idades;
- apresentam certa semelhança com concepções que estiveram vigentes ao longo da história do pensamento (CLEMENT, 1982);
- são persistentes, ou seja, não se modificam facilmente mediante o ensino tradicional.

✱Essas características revelaram à ineficácia do ensino habitual de ciências e a necessidade de uma nova reorientação das estratégias de ensino. É de inegável valor que o ensino de Física, antes de tudo, deva ser concebido a partir do conhecimento prévio do aluno para a construção do novo. Carvalho (1986) destaca este aspecto ao afirmar que:



\* *Um dos aspectos fundamentais do ensino de Física é conhecer como os alunos percebem e compreendem o mundo físico que os cerca. Isto, em outras palavras, significa conhecer como eles vêem e explicam os fenômenos fundamentais e qual é a lógica usada por eles na formação espontânea dos conceitos. É a partir destes conhecimentos que nós, professores de Física, podemos construir nosso ensino. (CARVALHO, 1989, p.3)*

Tendo isso em mente, Mcdermott (1991) também aponta a necessidade do processo de ensino-aprendizagem ser desenvolvido em estágios, ou seja, sendo “*necessário aos estudantes desenvolverem sua compreensão de um conceito em estágios, e não de uma só vez*”(p.306). Assim, o desenvolvimento do currículo deveria ser visto na forma de um espiral onde os mesmos conceitos são gradualmente levados a níveis de complexidades maiores na medida em que o aluno desenvolve suas habilidades no decorrer de sua escolarização.

Os conteúdos abordados neste contexto do currículo, levando-se em consideração a percepção da forma como os alunos relacionam, definem, estruturam e trabalham com os conceitos físicos é, ou deveria ser, de certo modo, básico para o professor. Este tem um papel fundamental que transcende o conhecimento dos conteúdos a serem transmitidos devendo, portanto, conhecer como seus alunos chegam em sala de aula com seus conhecimentos já estruturados.

A transcendência do professor, em relação aos conteúdos transmitidos, relaciona-se a sua capacidade de conhecer os processos de desenvolvimento dos conceitos bem como as teorias e as pesquisas sobre o processo. Um destes pontos refere-se ao desenvolvimento histórico dos conceitos em Física que nos têm revelado bastante informações, mostrando, aparentemente, algumas semelhanças muito próxima às concepções pré-existentes dos alunos, como descrito por DOMINGUEZ (1992, p.81):

*(...) o estudo das concepções espontâneas ou alternativas em mecânica clássica, evidenciadas nos anos 70 pelas pesquisas em ensino e aprendizagem de física, havia sugerido (ou até mesmo imposta, tais eram as coincidências conceituais) uma comparação entre as respostas dos alunos e as interpretações históricas acerca do movimento. (...) Esperava-se ainda que uma análise da história das ciências pudesse sugerir indicações quanto ao problema da mudança conceitual, que focaliza os fatores que determinam a passagem de uma interpretação para outra.*

Também, Kamii e Devries (1985), ao abordarem as atividades de conhecimento físico, centradas na ação da criança da pré-escola, destacam o papel da história da ciência ao selecionar atividades para ensiná-las:

*Ao selecionar atividades envolvendo mudanças nos objetos, um método empírico é considerar os objetos os quais os povos primitivos agiam. A eletricidade e as máquinas movidas a eletricidade não foram inventadas até*

recentemente em termos históricos. A história da ciência pode então servir como um guia quanto ao que é provavelmente adequado às ciências pré-escolares. Em épocas primitivas, as pessoas interessavam-se por culinária, plantas, animais e arte. Assim como essas pessoas estruturam suas observações, as crianças pequenas aprendem sobre as propriedades dos objetos e organismos vivos e suas interações agindo sobre eles e observando a regularidade de suas reações. (KAMII e DEVRIES, 1985, p.27)

Tem-se, portanto, a que o conhecimento da história da Ciência pelo professor também é um fator importante para a compreensão das respostas e conceituações elaboradas pelos alunos. A história das Ciências pode não só desempenhar um papel importante na formação de professores, na contextualização dos conhecimentos científicos, mostrando sua evolução e interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, como também torna possível uma compreensão profunda da matéria estudada e da própria natureza da Ciência (CARVALHO e GIL-PEREZ, 2000).

Atualmente, os frutos obtidos das pesquisas em ensino de Física já nos permitem um amplo espectro de conhecimento para construção de metodologias fundamentadas nesses resultados. Alguns resultados de pesquisas sobre concepções alternativas ou "misconceptions" em Física podem ser encontrados em ARONS (1997), VIENNOT (2001) abordando o ensino médio e universitário, ou em KAMII e DEVRIES (1985) e DRIVER *et al.* (2001), abordando a pré-escola e o ensino fundamental, respectivamente. O apêndice B traz uma lista sobre as concepções alternativas mais comuns<sup>5</sup>.

## 2.2 - O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL

O estudo das pré-concepções ou concepções alternativas dos estudantes tem mostrado que essas concepções não são facilmente substituídas pelo conhecimento científico ensinado na escola. Portanto, será neste ambiente que nasce a proposta do modelo de ensino de ciências baseado em estratégias de mudança conceitual. O modelo de mudança conceitual (MMC) foi desenvolvido inicialmente por POSNER *et al.* (1982) na Universidade de Cornell em 1978/9, e, em seguida, expandido por HEWSON (1981<sup>6</sup>, 1982<sup>7</sup>). Ele constitui uma aproximação das idéias construtivistas para o ensino de ciências e “os dois principais componentes desse modelo são as condições que devem ser satisfeitas para que uma pessoa vivencie a mudança conceitual (MC) e a sua ecologia conceitual que propicia o contexto no qual a MC ocorre e tem significado” (HEWSON e THORLEY, 1989: 541).

<sup>5</sup> Uma extensa lista de artigos sobre concepções de professores e estudantes em ensino de Ciências pode ser consultada em: DUIT, R. Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. Disponível em: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>. Acessado em 15/05/2003.

<sup>6</sup> HEWSON, P. W. A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*. v. 3, n. 4, p. 383-396, 1981.

<sup>7</sup> HEWSON, P. W. A case study of conceptual change in special relativity: the influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*. v. 4, p. 61-78, 1982.

A idéia central do MMC tem a aprendizagem como uma atividade racional. Segundo Posner *et al* (1982, p.212):

*Aprender (learning) é fundamentalmente vir a compreender e aceitar idéias porque elas são percebidas como sendo inteligíveis e racionais<sup>8</sup>. (...) [a aprendizagem] não é simplesmente a aquisição de um conjunto de respostas corretas, um repertório verbal ou um conjunto de propriedades. (...) a aprendizagem, como a investigação (inquiry), é melhor vista como um processo de mudança conceitual.*

O MMC de Posner *et al* é derivado da filosofia da ciência contemporânea que tem como uma de suas questões centrais: como os conceitos mudam mediante o impacto de novas idéias ou informações. Posner *et al* se referem aos conceitos “paradigmas” (ou ciência normal) e “revoluções científicas” de Thomas Kuhn<sup>9</sup>, aos “programas de pesquisa ou investigação” (*research programs*) e “mudança de programa de pesquisa ou investigação” (*change of research programs*) de Imre Lakatos<sup>10</sup>, para definir as duas fases de MC em ciências e adota um análogo para a aprendizagem em ciências. Essas duas fases são a *assimilação* e a *acomodação*.<sup>11</sup> Vejamos o que dizem Posner *et al* sobre essas duas fases.

*Às vezes os estudantes usam conceitos existentes para lidar com um novo fenômeno. Essa variante da primeira fase de mudança conceitual chamamos de assimilação. Porém, freqüentemente, os conceitos correntes dos estudantes são inadequados para os permitir serem bem sucedidos e para compreender alguns novos fenômenos. Assim o estudante deve substituir ou reorganizar seus conceitos centrais. Esta forma mais radical de mudança conceitual nós chamamos de acomodação. (p.212)*

Posner *et al* (1982) também utilizam o termo “ecologia conceitual” de Stephen Toulmin<sup>12</sup>, para caracterizar como os conceitos ou conhecimentos prévios governam a MC. Por exemplo, sempre que uma pessoa se depara com um novo fenômeno, ela pode confiar em seus conceitos ou conhecimentos anteriores para organizar sua investigação, pois, sem tais conceitos seria impossível a elaboração de uma questão sobre o fenômeno. Destaquemos alguns aspectos da ecologia conceitual de Toulmin. Para isso, vamos tomar emprestado literalmente o resumo das idéias centrais de Toulmin feita por SILVA (1999, p.183-184). Temos então que, segundo Silva, a ecologia conceitual de Toulmin apresenta as seguintes características:

<sup>8</sup> Grifo nosso.

<sup>9</sup> KUHN, T. *A estrutura as revoluções científicas*. 3.ed. São Paulo:Editora Perspectiva, 1994.

<sup>10</sup> LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: LAKATOS, I; MUSGRAVE, A. (Eds.) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: University Press, 1970.

<sup>11</sup> Em relação à influência de Piaget no MMC, Silva (1999) faz sérias reservas. Para ele, embora o modelo de Posner *et al* afirmem explicitamente “que não têm ‘nenhum compromisso’ com as ‘teorias’ de Piaget, atribuem importância central aos conceitos ‘assimilação’ e ‘acomodação’, assumindo que se trata de ‘palavras de Piaget’” (SILVA, 1999, p.104). Portanto, Silva considera que isso não são apenas palavras, mas são significados, sentidos, ênfases teóricas e práticas, verificadas também nas recomendações que fazem quanto a utilização de técnicas de avaliação baseadas nas entrevistas clínicas de Piaget.

<sup>12</sup> TOULMIN, S. *Human understanding: the collective use and evolution of concepts*. Princeton: University Press, 1977.



- *A **criatividade** humana gera permanentemente **inovações**, ou variações, intelectuais.*
- *As inovações criativas são submetidas a processos de **seleção crítica**.*
- *A **seleção crítica** é efetuada em foros de competição, onde as inovações são submetidas a processos de credibilidade. A seleção é efetuada de acordo com a aptidão de uma inovação para satisfazer as **exigências** intelectuais locais e, em particular, com o seu potencial em relação aos **problemas** e às **questões** desse campo.*
- *Os saberes individuais e coletivos existem em **cooperação e competição**.*
- *A **ecologia conceitual**, com o seu modo de entender as inovações e as perpetuações seletivas, constitui uma matriz que se pretende adequada para interpretar, quer a continuidade, quer a mudança, ou seja, de um modo geral, a evolução conceitual.*
- *A racionalidade não é um atributo dos sistemas conceituais em si. É um atributo das atividades e dos empreendimentos da humanidade. Em particular, é um atributo dos procedimentos utilizados para criticar e fazer evoluir os conceitos, os juízos e os sistemas formais correntemente utilizados em tais atividades e em empreendimentos.*

A ecologia conceitual também é aplicável às atividades coletivas como as disciplinas científicas e as tecnológicas; à aprendizagem de conhecimentos pelos indivíduos em interação social; às atividades do dia-a-dia. Deve ser salientado que as construções intelectuais ligadas ao dia-a-dia dentro das práticas do senso comum evoluem mais lentamente do que as ligadas às atividades profissionais, como as científicas, por exemplo. Isto porque transitam com menos restrições e têm funções menos especializadas, representando condições ecológicas mais estáveis (SILVA, 1999).

Vejamos agora quais as condições mais comuns que devem ser satisfeitas para que uma mudança conceitual ocorra, ou seja, uma acomodação. Segundo Posner *et al.* (1982, p.214):

- *primeiro deve existir uma insatisfação com as concepções existentes;*
- *segundo, um novo conceito deve ser inteligível;*
- *terceiro, um novo conceito deve parecer inicialmente plausível;*
- *quarto, um novo conceito deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa frutífero (fruitful).*

Posner *et al.* (1982) aplicou o seu MMC inicialmente ao conduzir entrevistas com alunos que já tinham completado uma unidade sobre relatividade especial com vários instrutores, num curso de Física introdutória, individualizado e sem cálculo, na Universidade. Dois problemas foram apresentados aos estudantes: um estava relacionado ao funcionamento de um relógio de luz e suas implicações para o conceito de tempo, o outro envolvia o conceito de simultaneidade e sincronicidade de relógios

posicionados a certa distância. Eles observaram que “as pessoas resistem a realização de tais mudanças, a não ser que estejam insatisfeitas com seus conceitos correntes e encontrem uma alternativa inteligível e plausível que apareça frutífera para a investigação futura” (POSNER *et al* p.223). Tendo descrito a acomodação como uma mudança radical, observam que ela não ocorre de forma abrupta e que há boas razões para supor que deverá ocorrer de forma gradual e aos poucos de acordo com as necessidades dos estudantes. A acomodação deve ser, portanto, um processo gradual e lento de ajustes de novos conceitos que se situam em uma nova base de conhecimento. Isso possibilitaria futuros ajustes tendo como resultado final uma reorganização substancial dos conceitos ou mudança de um dos conceitos centrais.

Quais as implicações do MMC para o ensino de ciências? Existe na literatura um relativo consenso sobre quais devem ser as estratégias para favorecer a mudança conceitual em sala de aula. Inicialmente seria importante encontrar estratégias de ensino que encorajem os estudantes a se conscientizarem de suas próprias concepções alternativas, que tentem realizar predições a partir delas (CLEMENT, 1982) e que sejam analisadas e discutidas em sala de aula (PEDUZZI, 2000). Para isso os professores podem utilizar recursos como o uso:

- de experiências de laboratório onde sejam enfatizados rigorosamente os aspectos qualitativos (CLEMENT, 1982);
- através de analogias. (DUIT<sup>13</sup>, 1991 *apud* MORTIMER, 2000: p.56);
- da apresentação de exemplos e contra-exemplos (MIGUEL<sup>14</sup>, 1986 *apud* PEDUZZI, 2000);
- da resolução de problemas – não na forma como normalmente são propostos nas tradicionais listas de problemas, como simples exercícios de aplicação da teoria, mas como um meio através do qual o aluno possa discutir mais a situação física envolvida e seus possíveis modelos alternativos a respeito (GIL-PÉREZ e MARTINEZ<sup>15</sup>, 1983; PEDUZZI<sup>16</sup>, 1987: *apud* PEDUZZI, 2000);
- da discussão de aspectos ligados à História da Ciência como forma de estabelecer um paralelismo entre algumas concepções espontâneas dos estudantes e importantes idéias mantidas no passado e também para o aluno perceber a evolução de conceitos e o desenvolvimento de teorias (DRIVER<sup>17</sup>, 1979; GILBERT e ZYLBERSZTAJN<sup>18</sup>, 1985: *apud* PEDUZZI, 2000).

Além disso, é importante para o processo que o modelo científico e o alternativo sejam comparados quanto ao seu poder explicativo e suas limitações; sendo também aplicado em situações

<sup>13</sup>DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v. 75. n. 6, p.647-672, 1991.

<sup>14</sup>MIGUEL, O. Analisis comportamental de las leyes de Newton. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n.1, p.51-55, 1986.

<sup>15</sup>GIL PÉREZ, D.; MARTINEZ-TORREGROSA, J. A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, v. 5, n. 4, p.447-455, 1983.

<sup>16</sup>PEDUZZI, L. O. Q. Solução de problemas e conceitos intuitivos. *Caderno Catarinense de Física*, v.4, n.1, p.17-24, 1987.

<sup>17</sup>DRIVER, R. The pupils as a scientist. In: CONFERÊNCIA GIREP, Rehovot-Israel, 1979.

<sup>18</sup>GILBERT, J. K.; ZYLBERSZTAJN, A. A conceptual framework for science education: the case study of force and movement. *International Journal of Science Education*, v.7, n.2, p.107-120, 1985.

conhecidas e novas (PEDUZZI, 2000). As aulas, demonstrações, problemas e práticas de laboratório devem ser desenvolvidos de forma a criar situações de conflitos cognitivos nos estudantes. Para isso as instruções devem ser organizadas de tal forma que os professores possam gastar uma porção substancial de seu tempo em diagnosticar erros no pensamento do estudante identificando movimentos defensivos usados pelos alunos ao resistirem à acomodação, possibilitando, portanto, estratégias de interferências; os professores devem ajudar os estudantes a perceberem os conteúdos científicos através de suas múltiplas representações (por exemplo: verbal, matemática, práticas concretas, pictóricas) ajudando-os na tradução a partir de um modo de representação para o outro (POSNER *et al.*, 1982).

### 1.3 - O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL E METODOLÓGICO

Gil Perez e Carrascosa (1985), fazem algumas reservas em relação ao MMC e propõem o Modelo de Mudança Conceitual e Metodológico (MMCM). Embora nos possa parecer, a primeira vista, que o MMCM seja um complemento ao MMC, para Gil Perez e Carrascosa (1985) o último termo é algo mais do que um mero complemento, sendo uma condição necessária para a mudança conceitual.

As mudanças conceituais exigidas para que ocorra a aprendizagem *não* são fáceis de acontecer, inclusive quando tomamos em consideração as pré-concepções dos estudantes (Fredette e Lochhead, 1981; Driver, 1986, *apud* GIL-PEREZ, 1986). Para Gil Perez (1986), isso pode ser entendido como estando “*além da consequência do paralelismo existente entre a evolução histórica da ciência e a formação das concepções intuitivas dos alunos*”(p.115), no qual se baseia o MMC (GIL-PEREZ, 1986).

O MMCM, diferentemente do MMC, parte do pressuposto de que *a principal dificuldade para uma aquisição correta de conhecimentos científicos não residirá na existência dos esquemas conceituais alternativos ou concepções intuitivas [grifo nosso], e, sim na metodologia da superficialidade [grifo nosso], que está em sua origem* (GIL PEREZ, 1986, p.115). Se os alunos têm uma visão de ciência, no caso da mecânica, similar ao paradigma aristotélico/escolástico, para Gil Perez (1986,p.115), “isto não pode ser simplesmente casualidade, mas o resultado de causas idênticas: concretamente, a tendência à generalizar acriticamente com base em observações qualitativas não controladas (...) que conduzem a ‘evidências de sentido comum’”. É justamente a essa forma de abordar os problemas que Gil Perez e Carrascosa (1985) se referem à metodologia da superficialidade e que também se apresenta na Física pré-galileana, ou física do senso comum, como é conhecida.

Para Gil Perez e Carrascosa (1985), *a importância dos referenciais conceituais [frameworks] dos alunos e a necessidade de uma orientação para uma mudança conceitual, podem estar baseados na existência de um certo isomorfismo [paralelismo] entre o processo da pesquisa científica e o aprendizado significativo em ciência* (p.234). Mas,

*(...) esse isomorfismo nos habilita a compreender que isto não é o bastante para levar em conta as pré-concepções dos alunos para produzir a mudança conceitual como tem sido apontado por vários autores. Do nosso ponto de*



vista, uma mudança conceitual não é possível sem uma mudança metodológica na resolução de problemas [grifo nosso]. Em outras palavras: a principal dificuldade que está no caminho de uma correta aquisição do conhecimento científico não é a existência de pré-concepções, mas a origem de sua metodologia [grifo nosso]. Se nossos alunos têm uma visão das propriedades mecânicas da matéria que são similares ao paradigma Aristotélico, isto é o resultado de causas similares que estão subjacentes a ambas as visões. Não devemos esquecer que as concepções Aristotélicas só foram substituídas, após terem sido utilizadas por séculos. Se nossos alunos têm uma visão das propriedades mecânicas da matéria de forma similar ao paradigma aristotélico, isto é o resultado de causas similares subjacente a ambas as visões. Nós não devemos esquecer que a modificação da concepção aristotélica só acontece após sua utilização por séculos. Isto se deve a mudança metodológica [grifo nosso], que superou a tendência 'natural' das pessoas generalizarem acriticamente sobre bases de observações limitadas e sem controle. (...) Desde que o paradigma Aristotélico só poderia ser superado por uma nova metodologia que colocasse junto a criatividade de pensamentos divergentes e o rigor da verificação de hipóteses (*hypothesis-checking*) através de experimentos sobre condições controladas, é razoável assumir que o mesmo será verdadeiro para a 'ciências das crianças'. Somente se as crianças são repetidamente postas numa situação de aplicação desta metodologia (quer dizer, colocar em situação que ultrapasse hipóteses, realizando experimentos, tirando suas conclusões, e analisando cuidadosamente os resultados ...) elas irão conseguir superar sua "metodologia da superficialidade", assim possibilitando realizar a profunda mudança conceitual que a aquisição do conhecimento científico exige. (GIL-PÉREZ e CARRASCOSA, 1985, p.234)

Segura (1991) também observa que, embora o paralelismo entre a epistemologia genética de Piaget e o processo da evolução histórica da ciência seja cativante, algumas dificuldades inevitavelmente surgem ao se propor uma alternativa de ensino a partir dessas analogias. Para ele (p. 175):

O fato de que em uma situação de aula exista uma pessoa, o professor, que sabe aonde ir e quais as soluções dos conflitos ou anomalias conceituais que se apresentam na aula, fazem com que não só o processo não seja autônomo (como se pode pensar no desenvolvimento cognitivo como na história da ciência), mas que seja dirigido. Em segundo lugar, a tensão afetiva que existe dentro da comunidade científica quando se investiga uma anomalia, dificilmente se pode produzir em aula. (...) Em terceiro lugar, a escola não pode "perder tanto tempo" tratando de reproduzir (seja qual for o método) as grandes sínteses da formalização científica.

Para Segura (1991) a similaridade entre as formas aristotélicas de explicação e as formas de explicações dos alunos, presumindo que em ambos os casos estão inspirados em uma mesma postura metodológica, é um erro. Para ele as duas concepções de mundo são diferentes e aponta suas justificativas:

*Quando Aristóteles é enfrentado com a intenção de explicar, ele o faz intencionalmente e armado de um pensamento evoluído, lógico e sistemático. É assim com as explicações que propõem para fenômenos diferentes podem articular-se entre si a luz de sua teoria. (SEGURA, 1991, p.176)*

Já o mesmo não ocorre com os alunos, pois as explicações que elaboram:

*(...) não obedecem a uma intencionalidade originada no desejo íntimo de encontrar explicações, nem tão poucas são genuinamente espontâneas, e sim motivadas por uma pergunta, por uma situação perfeitamente planejada pelo professor ou pelo investigador. (...) Nesta situação, a resposta não obedece a uma reflexão devido à necessidade íntima de explicar. (SEGURA, 1991, p.176)*

Portanto, Segura (1991) argumenta que as pré-teorias dos estudantes são usualmente incoerentes consigo mesmas, ou seja, *não obedecem a uma lógica interna derivada de “algo” coerentemente articulado*. Já as formas de raciocínio aristotélicas são perfeitamente definidas e articuladas coerentemente em seus argumentos.

Os trabalhos desenvolvidos por Segura (1991) têm investigado desde 1981 as concepções alternativas dos estudantes, ou pré-teorias como ele denomina, tendo refletido sobre as possíveis alternativas de aperfeiçoar o modelo de mudança conceitual que, por diversas razões, o leva a compartilhar o modelo de mudança conceitual e metodológico de Gil-Perez e Carrascosa (1985). Uma condição necessária para compreensão do MMCM está nos critérios que estabelecem os passos fundamentais para propiciar a mudança de uma “metodologia da superficialidade” para uma “metodologia científica” paralelamente a mudança conceitual. Talvez essa caracterização seja uma importante contribuição de Segura (1991) para o MMCM.

A *metodologia da superficialidade* é orientada pela concepção de ciência da escola, através da formação dos professores, dos livros textos e das demais estratégias didáticas fundamentadas na afirmação de que a “*ciência não é outra coisa além de uma coleção de resultados, modelos de explicação, definições, leis, princípios e equações*” (SEGURA, 1991, p.177). Em consequência disso, a metodologia derivada dessa afirmação se caracteriza pela passividade de quem aprende; a descoberta em ciências surge simplesmente através de dados observados; a objetividade dos dados científicos; a ciência é concebida como impossível para quem não possui características de gênio e se manifesta em uma concepção mágica do saber; o que explica são as palavras, o que valida o saber são as aplicações de fórmulas convertidas em caixas pretas, sem nenhuma compreensão; o que tem de aprender está ali dado e definido, não existindo a possibilidade para o pensamento divergente; a aprendizagem dá-se por justaposição onde conceitos são aprendidos de formas independentes, como retalhos de teorias e não as teorias num corpo mais amplo e coerente (SEGURA, 1991).

A metodologia científica se fundamenta na concepção de ciência como busca de explicações, o que nesse sentido, se justifica como sendo mais uma atividade do que um resultado. O ensino de ciências deve estar orientado para formação de uma atitude científica e não para um corpo neutro de conhecimento. Para Segura (1991, p.178):

*A atitude resume a intencionalidade na forma de olhar. O reconhecimento da importância do coletivo (da classe), a habilidade para construção de explicações alternativas coerentes e imaginativas, o reconhecimento dos vínculos que devem existir entre o que se afirma e o resultado empírico, a valorização do erro como fonte do saber, a capacidade de se entusiasmar, de se assombrar e de assumir a busca por soluções às anomalias, pelo “simples” desejo de saber.*

Nesse contexto, para Segura, o primeiro passo a ser dado no ensino de ciências seria o de enriquecer a experiência, não significando simplesmente ver muitas coisas da mesma forma, e sim ver as mesmas coisas de maneiras diferentes. Assim,

*(...) o papel do professor se transforma: não é mais aquele de ser o solucionador de problemas e de quem responde às perguntas, se converter no papel do questionador de alternativas propostas e de quem exige constantemente que qualquer opção que se proponha como solução deve satisfazer os dois requisitos da metodologia científica, a coerência (que oferece a plausibilidade) e a contrastação empírica. (SEGURA, 1991, p.179)*

Os elementos fundamentais para uma metodologia que contemple o modelo de mudança conceitual e metodológica, apontados por Segura (1991, p.179) são:

1. *As atividades que são realizada em classe devem originar-se em perguntas concretas que sejam assumidas como próprias estudantes.*
2. *Na aproximação às respostas se deve permitir a livre discussão e a elaboração de predições. Deve-se insistir em que toda predição deve ser justificada. Nesta atividade o grupo deve atuar como juiz.*
3. *É possível que a discussão entre representante de predições alternativas se defina inteiramente na atividade anterior, isso é, na atividade discursiva. Quando não é possível, faz-se necessária a prova empírica. Neste caso, o que se deve por a prova são as predições dos alunos, embora se fundamentem em pré-teorias falsas.*
4. *A incoerência que usualmente se apresenta entre as predições e os resultados empíricos permitem qualificar processos de predição, isto é, passar da predição fácil, derivada de uma forma superficial de reflexão e identificar variáveis ou aspectos do fenômeno não vistos antes.*
5. *Durante a atividade, o professor deve delinear outras interrogações dinamizando as atividades e enriquecendo a discussão com novos exemplos, polemizando sobre as possíveis alternativas propostas, etc.*



*Além do mais, deverá orientar as possíveis saídas. A classe abandonada a sua própria dinâmica, dificilmente chega a resultados positivos.*

Gil Perez (1986, p.119) conclui sobre o MMCM que:

*(...) o planejamento da aprendizagem em ciência como investigação – em uma perspectiva de mudança conceitual e metodológica – aparece como uma necessidade, não só para cobrir o objetivo de familiarizar os alunos com a metodologia científica, mas também para tornar possível uma aquisição verdadeiramente significativa de conhecimentos e favorecer uma atitude positiva em direção a aprendizagem. Tal planejamento exige, no entanto, a superação de graves e difundidos erros sobre o que se entende por metodologia científica, subjacente a toda corrente de aprendizagem por descobrimento indutivo e autônomo que, durante mais de duas décadas, se desenvolveram como resposta às carências do ensino tradicional por transmissão de conhecimentos elaborados.*

## 2.4 – A NOÇÃO DE PERFIL CONCEITUAL

Embora largamente utilizado pela comunidade de ensino de ciências, o modelo de mudança conceitual, mostra suas limitações. Isto tem sido apontado por diversos pesquisadores que trabalham dentro da perspectiva do conflito cognitivo (ver: Mortimer, 1996). Para estes autores a idéia de que as concepções alternativas deverão ser abandonadas e/ou subsumidas<sup>19</sup> no processo de ensino, seguindo uma estratégia de mudança conceitual, se apresenta muito mais difícil do que o esperado. Alguns já admitem explicitamente a possibilidade de que as idéias prévias dos alunos possam sobreviver, uma tendência que vem crescendo nos estudos sobre mudança conceitual. Solomon<sup>19</sup>, por exemplo, citado por Mortimer (2000, p.65), afirma que “*não há meios para se extinguir as noções cotidianas*” (SOLOMON, 1983. p.49-50). Por outro lado, existe a possibilidade da coexistência de dois sentidos para o mesmo conceito, sendo acessados em contextos apropriados apontados por Chi<sup>20</sup> (1991), citado por Mortimer (2000, p.65).

Para Mortimer (2000), a idéia de se criarem conflitos cognitivos por si só é insuficiente para promover a mudança conceitual - fato apontado pela maioria dos autores que trabalham dentro dessa perspectiva. Em consequência, uma estratégia de ensino baseada em perturbações só se apresentará efetiva se o desequilíbrio criado levar a uma acomodação da idéia perturbadora. Para ele não seria adequado descrever o processo de ensino como uma substituição de idéias prévias por idéias científicas.

<sup>19</sup> SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, v.5, n.1, p.49-59, 1983.

<sup>20</sup> CHI, M. T. H. Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. In: GIERE, R. (Ed.) *Cognitive models of science*. Minnesota studies in the philosophy of science. Minnesota: University of Minnesota Press, 1991.

Dentro dessa perspectiva, propõe um modelo teórico alternativo para analisar a evolução conceitual em sala de aula de tal forma que se admita:

*a possibilidade de usar diferentes formas de pensar em diferentes domínios e, ainda permitir que a construção de uma nova idéia pudesse, em algumas ocasiões, ocorrer independentemente das idéias prévias e não necessariamente como uma acomodação de estruturas conceituais já existentes. (MORTIMER, 2000, p.67-68)*

Como alternativa ao MMC, Mortimer (2000) propõe a noção de *perfil conceitual* como alternativa para a construção de estratégias de ensino. A noção de *perfil conceitual* tem raízes na filosofia de Bachelard, com algumas características em comum com a sua noção de perfil epistemológico.

Mortimer (2000, p.78) utiliza a noção de perfil conceitual *no lugar de perfil epistemológico com o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard*, já que sua intenção é *construir um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino.*

A noção de perfil conceitual adiciona alguns elementos a noção Bachelardiana. O primeiro deles:

*(...) é a distinção entre características ontológicas<sup>iii</sup> e epistemológicas de cada zona do perfil. Apesar de lidar com o mesmo conceito, cada zona do perfil poderá ser não só epistemologicamente como também ontologicamente diferente das outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida que se mova através do perfil. (...) Essa distinção entre aspectos epistemológicos e ontológicos é importante uma vez que muitos dos problemas na aprendizagem de conceitos científicos têm sido relacionados com a dificuldade em se mudar as categorias ontológicas às quais os conceitos são designados. (...) Um outro aspecto importante a acrescentar é que a tomada de consciência, pelo estudante, de seu próprio perfil, desempenha um papel importante no processo de ensino-aprendizagem. (MORTIMER, 2000, p. 78-79)*

Uma característica também importante da noção de perfil conceitual é a de que:

*(...) seus níveis “pré-científicos” não são determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos. Como essas características individuais estão fortemente influenciadas pela cultura, podemos tentar definir o perfil conceitual como um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciada pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que, para cada conceito em particular, têm-se um perfil diferente. Mas as categorias que caracterizam o perfil são ao mesmo tempo, independentes de*

*contexto, uma vez que, dentro de uma mesma cultura, têm-se as mesmas categorias pelas quais são determinadas as diferentes zonas do perfil. (MORTIMER, 2000, p.80)*

Um processo importante destacado dentro de seu perfil conceitual em relação ao MMC, proposto inicialmente por Posner *et al.* (1982) é o processo de “enculturação”. Para Mortimer (2000, p. 65):

*Mesmo que o modelo de revolução científica pudesse ser aplicado a qualquer mudança conceitual na ciência, a maneira como ele foi transposto para o processo de ensino-aprendizagem desconhece as diferenças profundas entre um processo que ocorre dentro de uma cultura científica e outro, que é justamente um processo de “enculturação”. Na aprendizagem de ciências, os estudantes não estão envolvidos com as fronteiras do conhecimento. Aprender ciências está muito mais relacionado a se entrar num mundo que é ontológica e epistemologicamente diferentes do mundo cotidiano. Esse processo de “enculturação” pode ocorrer, também, quando se tem que aprender teorias mais avançadas. Aprender mecânica quântica para quem tem uma visão clássica do mundo tem essa mesma característica de um processo de “enculturação”.*

Nesse sentido, a noção de perfil conceitual:

*(...) permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico. (MORTIMER, 1996)*

## 2.5 – CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE CAPÍTULO

Neste capítulo descrevemos o aporte teórico no qual estará baseado o estudo desta dissertação. Decidimos juntamente com a discussão sobre o Modelo de Mudança Conceitual (MMC) fazermos uma breve digressão sobre o Modelo Mudança Conceitual e Metodológico (MMCM) e a Noção de Perfil Conceitual (NPC), pois, fazem importantes considerações sobre as dificuldades enfrentadas pelo MMC concernentes a sua efetividade em realizar uma verdadeira mudança conceitual. Além de apontarem sugestões em outras direções estes modelos de aprendizagem em ciências têm as concepções prévias dos alunos como de grande relevância para estratégias de ensino-aprendizagem em sala de aula. Devido aos limites deste estudo, um aprofundamento sobre as opiniões de outros pesquisadores bem como as críticas relacionadas a cada uma dos modelos estão fora do escopo do presente trabalho.



No MMC, poderíamos dizer que o paralelismo entre as concepções alternativas dos estudantes e a evolução da história da ciência foi utilizado como orientação para construção do modelo onde Kuhn, Lakatos e Toulmin, são as principais referências. O MMCM critica o MMC e tenta mostrar que uma mudança conceitual não é possível sem uma mudança metodológica na resolução de problemas, ou seja, *“a principal dificuldade que está no caminho de uma correta aquisição do conhecimento científico não é a existência de pré-concepções, mas a origem de sua metodologia”* (GIL-PEREZ e CARRASCOSA, 1985, p. 234). A noção de Perfil Conceitual considera a aquisição de conceitos científicos como sendo um processo de enculturação, e considera que a evolução das idéias dos estudantes não acontece num processo de substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas sim como a evolução de perfil de concepções onde novas idéias adquiridas passam a conviver com idéias anteriores. A nossa compreensão sobre os três modelos nos leva a considerá-los como sendo complementares possibilitando ampliar nossa compreensão sobre o processo de ensino-aprendizagem em ciências. Em determinados momentos um dos modelos poderá caracterizar melhor a situação prática em sala de aula do que outro, da mesma forma que poderíamos interpretar outra situação onde aspectos de cada modelo possibilitariam uma leitura mais coerente com a realidade.

\* Nesse contexto discutimos a abordagem dos experimentos de “baixo custo” como uma alternativa ao desenvolvimento de proposta com orientações construtivistas, tentando mostrar as possibilidades de desenvolvermos um ambiente para mudança conceitual em sala de aula. Para isso tomamos como ponto de partida as concepções espontâneas dos alunos relacionadas ao estudo do “movimento de queda livre dos corpos”.

\* Não devemos esquecer que o simples fato de se aplicar experimentos em sala de aula não significa que o aprendizado seja significativo para o aluno. Apesar disso, desde que se tenha uma elaboração prévia por parte do professor e levando-se em consideração o estágio atual de desenvolvimento cognitivo de seus alunos, acreditamos que o uso de experimentos se mostra como uma alternativa valiosa para o ensino de Física. Devemos destacar que não só a capacidade de comunicação do professor como a sua formação básica também terá grande influência no processo de ensino-aprendizagem, onde seu conhecimento deveria transcender os conhecimentos dos conteúdos específicos. A partir do corpo de conhecimentos que as pesquisas em ensino de ciências vem construindo, Carvalho e Gil-Pérez (2000), discutem as tendências e experiências inovadoras na formação do professor de ciências apontando como necessidade formativa: *“a ruptura com visões simplistas, conhecer a matéria a ser ensinada, questionar as idéias docentes de ‘senso comum’, adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências, saber analisar criticamente o “ensino tradicional”, saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva, saber dirigir o trabalho dos alunos, saber avaliar e adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática”* (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2000, p.11).

Embora o desenvolvimento cognitivo tenha importância para a aprendizagem, ele nem sempre se apresenta como sendo o fator responsável pelos insucessos dos estudantes quando relacionados a determinados assuntos. Como afirmou Piaget (2002, p.14):

*(...) as supostas aptidões diferenciadas dos “bons alunos” em Matemática ou Física etc., em igual nível de inteligência, consistem principalmente na sua capacidade de adaptação ao tipo de ensino que lhes é fornecido [grifo nosso]; os “maus alunos nessas matérias, que entretanto são bem sucedidos em outras, estão na realidade perfeitamente aptos a dominar os assuntos que parecem não compreender, contanto que estes lhes cheguem através de outros caminhos: são as “lições” oferecidas que lhes escapam à compreensão, e não a matéria [grifo nosso]. É sobretudo possível – e nós verificamos em diversos casos – que o insucesso escolar em tal ou tal ponto decorra de uma passagem demasiado rápida da estrutura qualitativa dos problemas (por simples raciocínios lógicos, mas sem a introdução imediata das relações numéricas e das leis métricas) para a esquematização quantitativa ou matemática (no sentido das equações já elaboradas) usada habitualmente pelo físico. (...) mesmo no campo da Matemática, muitos fracassos escolares se devem àquela passagem muito rápida do qualitativo (lógico) para o quantitativo (numérico).*

A opinião de Piaget nos sugere o peso da inadequação dos materiais e métodos utilizados no ensino de ciências como um dos importantes fatores para o insucesso dos estudantes e não, somente a sua incapacidade cognitiva, como poderíamos ser levados a pensar. Isso é importante, pois se inserem dentro da metodologia que propomos. Utilizar como motivação o uso do experimento de baixo custo no estudo do “movimento de queda Livre dos corpos” nos possibilitará compreender como o MMC poderá contribuir com a prática sendo nosso instrumento de orientação e reflexão inicial. Devemos ter em mente que dos três modelos alternativos para o ensino de ciências - MMC, MMCM e NPC - insistem na necessidade de que os alunos desempenhem um papel ativo em sala de aula. Esta atividade pode consistir em diversos tipos de tarefas, desde realizar experiências até resolver problemas, mas que sejam concebidos como uma elaboração ou aplicação de conhecimentos que constitua uma alternativa à simples memorização dos mesmos, e tanto professor como aluno desempenham um papel importante para se criar um ambiente de aprendizagem mais significativo ou, quem sabe, de mudança conceitual.

<sup>1</sup> O cognitivismo procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente.

A cognição é o processo através do qual o mundo de significado tem origem. À medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados. Tem origem, então, na estrutura cognitiva (os primeiros significados), constituindo-se nos "pontos básico de ancoragem" dos quais derivam outros significados.

A psicologia cognitivista preocupa-se com o processo da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição, e tem como objetivo identificar os padrões estruturados dessa transformação. É uma teoria particular, cuja asserção central é a de que ver, ouvir, cheirar etc., assim como lembrar, são atos de construção que podem fazer maior ou menor uso dos estímulos externos, dependendo da circunstância, isto é, das condições pessoais de quem realiza o processo. (MOREIRA E MASINI, 2001, p.3)

<sup>2</sup> Subsumir = Aceitar, acolher, aceitar. (Fonte: Dicionário Aurélio Eletrônico Séc. XXI. Editora Nova Fronteira, nov. 1999)

<sup>3</sup> Antologia: Parte da filosofia que trata do ser enquanto ser, i. e., do ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres. (Aurélio Eletrônico, Versão 3.0, 1999).



## **CAPÍTULO 3**

**A POSSIBILIDADE DE MUDANÇA CONCEITUAL:  
UM EXEMPLO UTILIZANDO O MOVIMENTO DE  
QUEDA LIVRE DOS CORPOS**

Neste capítulo desenvolvemos as etapas de nossa investigação. Estamos propomos o estudo de uma metodologia didática onde exploramos o experimento de baixo custo em sala de aula. O tema escolhido foi o movimento de queda livre dos corpos na superfície da Terra. Adotamos, como referencial teórico, o Modelo de Mudança Conceitual (MMC) de Posner *et al.* (1982) para orientar a nossa prática. Inicialmente descrevemos uma breve retrospectiva bibliográfica sobre as problemáticas da questão e sua importância para o ensino da Física e, em seguida, desenvolvemos todas as discussões concernentes a nossa pesquisa.

Em nossas considerações sobre o primeiro capítulo, vimos que os laboratórios no ensino de Física no Brasil sempre foram relegados ao segundo plano do ensino. Diferentemente do que tem sido feito, com relação às metodologias para o laboratório didático utilizadas pelo ensino “tradicional”, nosso objetivo com o experimento de baixo-custo não será o de construir uma prática de laboratório e sim tentar darmos um outro sentido em uma sala de aula tradicional onde, em nossa realidade, na maioria das vezes, infelizmente o giz e a lousa são os recursos mínimos disponíveis. O experimento entra no sentido de contextualização do tema a ser desenvolvido tentando motivar os alunos para um processo ativo de ensino-aprendizagem. Esta atividade, sendo orientada pelo professor, decorrerá juntamente com a discussão teórica estando intercalada com atividades experimentais simples, realizadas pelos alunos. O objetivo será ampliar a prática ultrapassando os limites do local - a sala de laboratório - para compreensão, aquisição e/ou reformulação de conceitos, contextualizando-o ao conteúdo teórico.

Nosso estudo passa por três etapas. A primeira se refere à escolha da escola pública e da seleção de uma turma do primeiro ano do ensino médio. Feito isso aplicamos um teste para investigarmos as concepções alternativas. Na segunda etapa, realizado a análise das concepções alternativas elaboramos uma aula tomando o MMC como referência. No decorrer dessa aula os alunos responderam a várias questões que servirão de análise posterior para avaliação da aula. Na terceira etapa, passados alguns dias, voltamos a escola e realizamos entrevistas gravadas com alguns estudantes com o objetivo de identificar, retificar ou refutar as possibilidades de mudança conceitual. Com essa caracterização, a questão central que propomos dentro de nossa investigação é: o experimento de baixo-custo sendo utilizado dentro de uma metodologia de ensino fundamentada no MMC, possibilita uma situação de mudança conceitual em sala de aula? Quais aspectos a serem considerados no caso positivo e/ou negativo da(s) possível (eis) resposta (s)?

### **3.1 – A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DO MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS**

Ainda hoje a lei de queda livre dos corpos é pouco explorada na prática do ensino da Física, seja no ensino fundamental e médio ou no ensino universitário. Além disso, a grande maioria dos livros-texto ou manuais de Física adotados em nossas escolas são de má qualidade, escritos de forma descontextualizada e distantes dos resultados das pesquisas em ensino de Física.

Franco Júnior (1989) realizou um estudo de como os livros didáticos de Física - voltados para o ensino médio - enfrentam os obstáculos pedagógicos inerentes a uma ciência que foi construída contra o senso comum, no caso, a lei de queda livre dos corpos. Quando examinados sob o critério do caráter físico (ou não) da cinemática desenvolvida, dentre os oito livros analisados, observa que eles *se dividem em dois grupos: o primeiro (...) caracteriza-se por não apresentar a lei de queda dos corpos, enquanto que o segundo grupo (...) trata da lei de queda dos corpos.* (p.233). Além disso, quatro dos livros estudados dentro de sua amostra não se referem a experimentos nem a Física elaborada por Galileu, mas à cinemática como uma descrição genérica de movimentos quaisquer sem compromisso com a explicação dos fenômenos da natureza. Dentro desse contexto, *“qualquer experimento é supérfluo”* (FRANCO JÚNIOR, 1989, p.234). Para Franco Júnior, a cinemática galileana, tendo um caráter profundamente Físico, torna-se um importante aspecto para a compreensão do movimento de queda livre dos corpos. Assim:

*O fato de Galileu ter construído a cinemática de movimentos naturais é, em geral, mal interpretado. A troca da busca das causas do movimento pela sua descrição matemática deve ser entendida como um novo tipo de explicação do fenômeno. Assim, a cinemática de Galileu é profundamente física porque busca compreender o funcionamento da natureza, sendo um reducionismo interpretá-la como uma descrição genérica de movimentos. Tanto a matematização quanto a reconstrução da cinemática feita por Galileu estão em função da explicação – uma explicação de um novo tipo – dos movimentos naturais e, em particular, do movimento de queda dos corpos. A incompreensão desta questão é uma das causas que reforça a tendência em enfatizar um ensino da cinemática como descrição de movimentos genéricos, apresentando-se, quando muito, o problema da queda dos corpos apenas como um exemplo de um dos tipos de movimento a ser estudado.* (FRANCO JÚNIOR, 1989, p.225-226)

Dessa forma, embora as definições e os conceitos gerais da cinemática possam ser utilizados no estudo de qualquer movimento, *“os conceitos cinemáticos trabalham em função da compreensão da natureza, em função da Física. A incompreensão desta questão explica o absoluto silêncio da maioria dos livros quanto à Física de Galileu”* (FRANCO JÚNIOR, 1989, p.231).

Bernard Cohen, reconhecido historiador da ciência, também destaca a importância de se compreender o movimento de queda livre dos corpos, como destacou no seguinte parágrafo:

*Por estranho que possa parecer, os pontos de vista de muitas pessoas acerca do movimento fazem parte de uma física proposta há mais de 2000 anos e que se revelou experimentalmente inadequada, pelo menos há 1400 anos. É um fato que homens, presumivelmente com boa educação, tendem ainda hoje a imaginar o mundo como se a Terra estivesse em repouso e não em movimento. Não quero com isto significar que acreditem “realmente” que a Terra esteja em repouso; se forem questionados, responderão que evidentemente “sabem” que a Terra, gira em torno do seu eixo em 24 horas e que, simultaneamente, descreve uma grande órbita anual em torno do Sol. Porém, quando acontece de explicarem determinados acontecimentos físicos comuns, mostram-se incapazes de dizer como podem acontecer os*



*fenômenos do cotidiano, tal como os observamos na Terra em movimento. Em particular, estes mal-entendidos da física têm tendência a acentuar-se no problema da queda livre e no conceito geral de movimento [grifo nosso]. Assim, vemos exemplificado o velho preceito "ignorar o movimento é ignorar a natureza". (COHEN, 1988, p.19)*

Talvez, a Física, como uma “profissão de fé”, possa nos ajudar a interpretar as palavras de Cohen. Isso porque, embora as pessoas “aprendam” algo sobre o movimento da Terra, não sabem realmente qual o seu significado e muito menos identificar determinados acontecimentos físicos comuns. Elas simplesmente acreditam. Apesar disso, a “profissão de fé” sugerida refere-se a uma física ensinada num mundo completamente abstrato sem conexão com a realidade. E isso não é um problema exclusivo da Física, mas da Ciência em geral. Basta, então, acreditarmos nos livros-textos ou manuais de Física que aquilo é a realidade (ou a verdade) que nos cerca e ponto final? Por exemplo, desprezamos a massa de fio e roldanas, atrito das roldanas, resistência do ar, e tudo o mais que atrapalhe a “beleza e elegância” de um problema matemático bem resolvido. Com isso, criamos o estigma de que a Física verdadeira só funciona no laboratório, encontrando-se, portanto desconectada de nossa realidade. É claro que existe a impossibilidade da maior parte da física moderna contemporânea ser desenvolvida com materiais simples, em nível elementar. Mas, lançarmos a Física clássica nesse patamar seria o mesmo que desprezar o conhecimento humano desenvolvido até então, aproximando a Física mais a uma “profissão de fé” ou a um dogma religioso.

Arons (1997) também observou nos Estados Unidos que:

*Vários autores e professores se tornaram tão acostumados à lei de queda livre de Galileu e a usuais idealizações ("imagine" que a todo instante os efeitos causados pelo atrito são desprezíveis) que eles são tentados a passar este assunto o mais rápido possível com o objetivo de pular para coisas "mais interessantes" [grifo nosso]. Infelizmente, as concepções de senso comum que impregnam esta área são muito tenazes, e para muitos estudantes, se não dada a ajuda necessária, acabam deixando para depois decorando os resultados na memória e nunca realmente alcançando o entendimento. (ARONS, 1997, p.86)*

Coisas “mais interessantes” a que se refere Arons, por exemplo, podem estar relacionadas aos diversos exemplos de resolução de equações de segundo grau representando o movimento de um corpo ao ser lançado obliquamente ou verticalmente, em relação ao solo, e a análise de diversos gráficos representativos de movimentos que muitas vezes estão fora da realidade física e, conseqüentemente, na grande maioria das vezes, são de difícil compreensão para o aluno.

A atividade da resolução de problemas ainda tem destaque predominante no ensino de Física seja ele fundamental, médio ou universitário, privilegiando a memorização de fórmulas e técnicas de resolução de problemas. Como destacou Villani (1984, p.79):

*Na graduação (...) o formalismo continua complicado e opressor; pois os exemplos não se aproximam muito das situações concretas e familiares aos alunos (...) e o cuidado com a fidelidade ao contexto histórico permanece quase insignificante. O contexto escolar afasta a Física do universo significativo dos alunos.*

*(...)*

*No segundo grau, na melhor das hipóteses, a matemática é reduzida à álgebra, os exercícios são puras aplicações das fórmulas sem relação explícita com experimentos ou com teorias importantes. (...) o conteúdo ensinado (...) é diluído, leve, abstrato, desconexo e superficial: em suma, ele é insignificante para o aluno.*

Em geral, esses tipos de atividades desenvolvidas através da resolução de problemas, como observam Carvalho e Gil-Pérez (2000), caracterizam-se por falta de reflexão qualitativa prévia onde o operativismo abstrato e mecânico das equações carentes de significados assumem prioridade no ensino, e ao tratamento superficial que não se detém no esclarecimento de conceitos. Estes autores também destacam que esses fatos pouco contribuem para uma aprendizagem significativa pelo estudante e, ao invés de ajudar a romper com visões confusas dos conceitos relacionados, favorecem sua manutenção. “Os problemas, em vez de ser uma oportunidade para construir e aprofundar os conhecimentos, transformam-se em reforço de erros conceituais e metodológicos” (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2000, p.92). Não estamos aqui dizendo que a resolução de problemas não tem importância no ensino da Física. Ela é de grande importância além de que a linha de pesquisa da didática da resolução de problema, no ensino de Física, dentro de uma proposta construtivista, vem tomando a atenção de diversos pesquisadores da área do ensino de ciências há algum tempo, por exemplo: CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2000; COSTA e MOREIRA, 2001; PEDUZZI e PEDUZZI, 2001; POZO, 1998; FÁVERO e SOUSA, 2001.

Arons (1997) também observou que muitos alunos, quando chamados à atenção, dizem que sabem repetir a resposta de que todos os objetos caem juntos quando soltos de uma mesma altura em relação ao solo, embora eles nunca acreditem realmente nisso. Arons (1997) adverte ser necessário que os alunos vejam e discutam com suas próprias palavras simples demonstrações, como aquela que soltamos uma folha de papel lado a lado com uma folha de papel amassada formando uma bola; a queda, juntos, do livro e da folha de papel com esta colocada em cima do livro; fotografias estroboscópicas de objetos grandes e pequenos caindo lado a lado; ou quando possível, o clássico experimento da pena e da moeda dentro de um tubo no qual se faz vácuo. Assim,

*Após se tornar convincente que todos os objetos realmente caem juntos na ausência da resistência do ar, muitos estudantes irão então trocar a visão de que, após ter presenciado o fenômeno, as forças atuando sobre diferentes objetos deve ser a mesma para todos. Responder isso requer discussão e observação; uma simples afirmação por parte do professor produz muito pouco efeito. (ARONS, 1997, p.86)*

Arons acrescenta que os estudantes devem ter a oportunidade de, nos exercícios de classe como em provas, desenhar seus próprios diagramas de forças. Esses diagramas devem, em cada caso, sendo acompanhados por um diagrama separado, mostrando o vetor velocidade instantânea, e ainda outro mostrando o vetor aceleração instantânea. É através desses vários diagramas que os estudantes podem adquirir uma compreensão melhor, pois lhes possibilita ver a mesma situação em formas de análises completamente diferentes. Assim, tanto a resolução de problemas como a discussão conceitual contextualizada do experimento exercem importância fundamental para uma aprendizagem significativa pelo aluno.

### 3.2 – IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Muito temos a aprender sobre a forma de pensar da Física de Aristóteles sabendo que, ainda hoje, a maneira de conceber o movimento dos corpos por nossos estudantes, é de certo muito semelhante. No artigo, *“Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica?”*, Peduzzi (1996) discute as idéias de Aristóteles, sobre o movimento dos corpos, mostrando o seu grande potencial didático para lidar com as concepções alternativas dos estudantes, sua importância para a compreensão da Física medieval e da revolução da ciência da mecânica ocorrida no século XVII. Para ele:

*(...) em termos didáticos, e tendo em vista o construtivismo do aluno, parece não apenas inevitável como salutar o estabelecimento de algumas analogias entre a 'lei de movimento' de Aristóteles e certas concepções mantidas por estudantes de qualquer grau de escolaridade sobre força e movimento (PEDUZZI, 1996, p.59).*

Quando se trata de articular a Física aristotélica e as concepções alternativas dos estudantes, algumas críticas inevitavelmente surgem. Para Segura (1991), enquanto as formas de raciocínios aristotélicos são perfeitamente definidas e se utilizam coerentemente ao elaborar suas argumentações, as explicações espontâneas não obedecem a uma lógica interna derivada de “algo” coerentemente articulado. Peduzzi (1996, p. 60) também admite isso afirmando: *“ainda que não o seja matematicamente, a física aristotélica é uma teoria altamente elaborada, que transcende os fatos do senso comum que servem de base à sua elaboração”*. Apesar disso faz ressalvas advertindo o fato de que como a história da mecânica mostra a evolução do conceito de força, *“sem a física e a cosmologia aristotélica esta história, e tudo o que ela representa, não tem sentido nem mesmo pode ser contada”* (PEDUZZI, 1996, p. 61).

Dentro dessas críticas seria inegável a importância da discussão sobre aspectos ligados à História da Ciência como forma de estabelecer um paralelo entre algumas concepções espontâneas dos estudantes, durante a prática do professor, para a compreensão da evolução dos conceitos e o desenvolvimento das teorias. Teodoro e Nardi (2001) propuseram a organização de um curso sobre atração gravitacional



utilizando como subsídios a história da ciência e as concepções alternativas dos estudantes, voltados para a formação inicial e/ou continuada de professores. Nesta proposta, a história da ciência ocupa lugar de destaque e constitui-se o pano de fundo das discussões a serem realizadas. Esta proposta ainda se encontra em andamento, mas embora ainda não tenha resultados concretos, os autores apontam que:

*De uma maneira mais ampla, pode-se trabalhar com esta abordagem conteúdos de Ciências em geral, uma vez que os pressupostos teóricos aqui empregados, tanto em relação a questões de ensino e de aprendizagem quanto àquelas relativas à inserção da História e da Filosofia da Ciência no ensino, podem ser perfeitamente utilizados em situações de ensino e/ou aprendizagem das diversas áreas da Ciência. (TEODORO e NARDI, 2001, p.67)*

A abordagem através da história da ciência realmente tem seu papel especial no ensino da Física, embora não seja o objetivo específico desta dissertação.

### 3.3 - ESCOLHA DA METODOLOGIA

Escolhemos para avaliar nossa pesquisa a abordagem qualitativa, pois nos leva a compreender aspectos que os critérios de respostas categorizadas não nos permitem observar. Como apontado por Lüdke e André (1986) ao se referirem a Bogdan e Biklen (1982)<sup>1</sup>, “a pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes”. (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.13)

Portanto, a pesquisa qualitativa:

*Encerra um grande potencial para conhecer e compreender melhor os problemas da escola. Ao retratar o cotidiano escolar em toda a sua riqueza, esse tipo de pesquisa oferece elementos preciosos para uma melhor compreensão do papel da escola e suas relações com outras instituições. (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.23-24)*

Dentro da perspectiva da pesquisa qualitativa, utilizamos o questionário e a entrevista semi-estruturada gravada como instrumentos de análise.

Nosso estudo aconteceu em três etapas. Na primeira etapa se deu a escolha da escola pública e, nesta, a seleção de uma turma do primeiro ano do ensino médio. A escola Estadual é foi a *Escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará* onde, dentre outras existentes na região de Fortaleza e zona metropolitana, nós apresentou-se a mais adequada. Além de apresentar a melhor estrutura física, a receptividade pelo corpo docente da escola envolvendo os coordenadores, professores e monitores foram aspectos importantes para

---

<sup>1</sup> BOGDAN, R.; BIKLEN, S.K. *Qualitative Research for education*. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1982.

seleção. Aberto o caminho para a pesquisa, aplicamos um primeiro questionário ou pré-teste, como preferimos chamar, para investigação das concepções alternativas dos estudantes. O pesquisador embora não tenha ministrado aulas naquela escola, no primeiro contato, obteve boa receptividade pelos estudantes.

A segunda etapa se caracterizou pela avaliação das concepções alternativas pelo pré-teste dando, em seguida, a estruturação de uma aula na perspectiva do MMC e com a utilização de experimentos de baixo custo. Tendo as concepções dos estudantes sobre o assunto a ser ministrado como ponto de partida, desenvolvemos a aula e no seu decorrer os alunos responderam a várias questões (o questionário, como preferimos chamar) propostas que nos serviram de instrumentos para análise da metodologia adotada. A análise do pré-teste nesta segunda etapa é importante, pois seus resultados foram usados nas discussões em sala, durante o processo de ensino.

Na terceira etapa, analisamos as respostas obtidas nos dois questionários tentando identificar possibilidades de mudança conceitual durante o processo envolvendo a metodologia adotada na perspectiva do MMC. Os resultados obtidos nos levou, passados 21 dias, retornar a escola para realizarmos entrevistas semi-estruturadas gravadas com alguns estudantes com o objetivo de identificar, retificar ou refutar as possibilidades de mudança conceitual após a aula ministrada. A escolha do número de dias não foi por um critério pré-estabelecido, mas por imposição da situação – estávamos próximo do fim do ano letivo. Os alunos foram selecionados com base nas respostas obtidas dentro das categorias escolhidas por nós onde procuramos identificar: os estudantes que não apresentaram mudança nas respostas, os que nos pareceu ampliar conceitualmente o fenômeno e aqueles que apresentaram uma mudança radical na forma de ver o fenômeno. O número de dias não se deu por uma estarmos próximo do final do ano letivo e não por livre escolha. Dentro da amostra dos estudantes selecionados sete participaram de forma espontânea da entrevista e, destes, somente dois, os que nos pareceu mais relevante, fizeram parte de nossa análise.

A escolha da entrevista na terceira etapa nos pareceu mais indicada que, como apontado Lüdke e André (1986), sua utilização se justifica pela vantagem sobre outras técnicas, pois nos permite a captação imediata e corrente da informação desejada, além de também permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de alcance mais superficial, como o teste escrito ou questionário. Assim:

*Especialmente nas entrevistas não totalmente estruturadas, onde não há a imposição de uma ordem rígida de questões, o entrevistado discorre sobre o tema proposto com base nas informações que ele detém e que no fundo são a verdadeira razão da entrevista. Na medida em que houver um clima de estímulo e de aceitação mútua, as informações fluirão de maneira notável e autêntica. (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.33-34)*

Além disso:

*Parece-nos claro que o tipo de entrevista mais adequado para o trabalho de pesquisa que se faz atualmente em educação aproxima-se mais dos esquemas mais livres, menos estruturados. As informações que se quer obter, e os informantes que se quer contatar, em geral professores, diretores, orientadores, alunos e pais, são mais convenientemente abordáveis através de um instrumento mais flexível.* (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p.34)

Também nos foi possível filmar toda a aula, mas devido a grande quantidade de informações obtidas com os pré-teste, questionário e entrevistas semi-estruturadas, devido as limitações não só de tempo como de espaço, demos prioridades as estes e não ao vídeo.

### 3.4 - CARACTERÍSTICAS DA ESCOLA

As características da escola que passaremos a descrever foram baseadas nas entrevistas realizadas com o seu coordenador pedagógico, que abreviaremos por (L), e dois professores que ministram as disciplinas, Física para o 1º e 3º ano do ensino médio, abreviados por (F) e (M). Os diálogos dos entrevistados serão resgatados na medida das necessidades sendo indicados pela inicial do nome e entre parênteses. As entrevistas dessa seção encontram-se transcritas na íntegra no apêndice **B**. Outras informações acrescentadas foram obtidas diretamente na secretaria da escola.

A escola de aplicação se chama *Escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará*, localizada no bairro Conjunto Ceará. A escola funciona nos turnos manhã, tarde e noite. A tabela 1 mostra o número de alunos atendidos por série e turno, contabilizando um total de 1719. A escola tem cinco professores de Física. São ministradas, atualmente, quatro aulas de Física por semana por série. A escola dispõe de uma biblioteca que funciona nos três períodos durante a semana; nos finais de semana funciona no período da manhã e, excepcionalmente, no primeiro sábado de cada mês, no período da manhã e da tarde.

**Tabela 3.3.1 - Números de alunos da Escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará. FONTE: Secretaria da escola. Atualizado em 19/09/2002.**

Turno / Série	Manhã	Tarde	Noite
1º. Ano	189	198	193
2º. Ano	207	193	155
3º. Ano	191	167	155
Total	587	558	574

O projeto da escola foi desenvolvido pelos seus coordenadores pedagógicos e professores, tendo como característica principal atender às necessidades da comunidade que a cerca. Portanto, o objetivo básico do projeto pedagógico da escola é ter cara da comunidade, tentando resolver pelo menos parcialmente seus problemas. O referencial teórico de organização da escola tem como base os trabalhos de



Paulo Freire, embora outros educadores também sejam utilizados. Como exemplo de atividade desenvolvido dentro da proposta da escola foi realizado, em 2002, um projeto interdisciplinar sobre o meio ambiente onde se procurou abranger todas as disciplinas. Devido a grande repercussão do projeto, ele acabou sendo apresentado num evento realizado na Argentina envolvendo a participação de quatro monitores-alunos e um professor da escola. Para (M):

*- o projeto do meio ambiente foi bom porque não envolvem só aquela disciplina. Porque no caso, o aluno aprendeu a fazer sabão, vamos dizer assim, que isso serviu também para a comunidade. Foi um trabalho que envolveu não só os alunos como a comunidade.*

Na escola, segundo (M), sempre se trabalha com projetos interdisciplinares envolvendo todas as disciplinas. No caso de sua disciplina, Física, ela procura dar todas as respostas aos alunos dando preferência às idéias ou conceitos. Trabalhando com textos, procura informar e instigar os alunos a dizerem por que isso ou aquilo que lhes foi apresentado durante a leitura acontece. Após trabalhar o texto, (M) volta-se para o experimento levando seus alunos a participarem de uma aula de campo no pátio da escola. O material utilizado é caseiro ou de baixo custo, trazido por pelos próprios alunos. Por exemplo, em seu último trabalho, os alunos trouxeram lupa, lente, prato, copo fazendo-os perguntar:

*- Professora para que a senhora quer isso?*

*- Até a princípio eles não sabiam. Ai eu os levei para o pátio, dividi as equipes, você vai fazer isso, isso. Cada equipe. Depois foi a exposição dos trabalhos. Então, com esses experimentos eles aprenderam muito, muito. Ai quando fui dar o conteúdo já facilitou. Quando eles foram para o laboratório melhorou mais. Então eu posso dizer que o jeito que eu estou fazendo não está 100%, mas a cada dia vai aprimorando. Porque sempre, você sabe, tem os defeitos. Porque tem alunos que numa sala você percebe que foi maravilhoso, você fechou. Você vai fazer numa outra sala você... é como você, viu!! minha aula tá horrível (M).*

(M) também gosta muito de trabalhar com cartazes em sala de aula seguindo o modelo de aula “tradicional”.

Como a cada ano há, na escola, a escolha por uma nova proposta pedagógica, por isso não houve, em 2002, o projeto da feira de ciências, embora também seja uma preocupação a sua viabilização.

Em relação às aulas de laboratório uma das preocupações da escola é que estejam conectadas às aulas teóricas. Para (L), as práticas funcionam como um aprofundamento das aulas teóricas e, para que isso seja concretizado a escola utiliza-se dos encontros pedagógicos que são realizados periodicamente (primeiro sábado de cada mês) onde os professores planejam o que deverá acontecer durante o bimestre. Segundo (L):

*- E isso é bom porque a prática que acontece no laboratório vai estar diretamente relacionado com a matéria que o professor vai estar dando na sala de aula. Então essa é a interação. O laboratório não fica dissociado da sala de aula ele é mais um instrumento de confirmação da aprendizagem que está tendo em sala de aula.*

Apesar dessa preocupação, ao conversar com o professor (F<sup>1</sup>), percebe-se a predominância da velha abordagem tradicional dada ao laboratório didático, discutida no final do primeiro capítulo. Segundo (L), não a choque de horários ou descompassos entre aulas de laboratório e aulas teóricas, porque os laboratórios funcionam nos três turnos todos os dias. Somente quando o professor falta por algum motivo pessoal, não há aula prática. As aulas práticas acontecem uma vez ao mês onde a sala é dividida em duas partes, enquanto uma metade assiste à aula prática, a outra desenvolve atividades em sala e depois a situação é invertida.

O acesso aos livros da biblioteca pelos estudantes é livre, mas somente para consulta local ou em durante a aula quando solicitado pelo professor. Apesar do material didático não ser suficiente existe uma máquina fotocopadora na escola disponibilizando quantidade razoável de fotocópias gratuitas para os alunos. Quando um professor não requisita fotocópias utiliza-se o banco de livros da biblioteca. No caso da Física, encontram-se disponíveis três coleções de diferentes autores, contabilizando 36 exemplares além de outros livros para consulta. Segundo (L) para uma sala de 50 alunos são disponibilizados de 25 a 30 livros onde pode se dividir dois alunos por exemplar. Embora ainda insuficiente o número de livros, o problema consegue ser resolvido em parte.

No caso da Física, segundo o professor (F), a quantidade de material didático é suficiente tendo os alunos livros disponíveis sempre que precisam. Tendo ministrado aulas em outras escolas públicas (F<sup>1</sup>) aponta que, somente a *Escola de Ensino Médio Liceu do Conjunto Ceará* disponibiliza material suficiente para os alunos. Para (F<sup>1</sup>) esta escola representa uma exceção à regra e, afirma que as dificuldades enfrentadas ao tentar executar o mesmo trabalho em outras escolas se devem não só à insuficiência na disponibilidade de recursos como também a falta de apoio pedagógico. No Liceu do Conjunto Ceará além do apoio pedagógico existe uma grande colaboração dos professores.

Os professores que ministram aulas de ciências<sup>2</sup> são concursados direcionados à sua disciplina específica. Por exemplo, quando o concurso é aberto para Física, existem as possíveis alternativas dos bacharelados ou licenciados habilitados em áreas relacionadas assumirem a disciplina. No caso da Biologia (situação enfrentada por (L)), poderiam participar do concurso quem fosse bacharel ou licenciado em Biologia, Ciências, Odontologia ou Enfermagem. O mesmo é feito com outras disciplinas. Assim, o professor já faz o concurso sabendo em qual área de conhecimento irá lecionar. Para professores com contrato temporário esse controle cabe ao CREDE 23 (Conselho Regional de Educação do Estado) ou a SEDUC (Secretaria de Educação do Estado do Ceará) que, geralmente, utilizam o concurso como forma de

<sup>2</sup> Quando falamos aulas de ciências, isso inclui as disciplinas de física, química, biologia e matemática no ensino médio e não, especificamente, a disciplina Ciências ensinada do ensino fundamental.

seleção. Já um professor estando formado em ciências plenas, ele pode ensinar mais de uma disciplina, por exemplo, Biologia, Química e Física. Tendo formação Se direcionada à Física ou a Química, só poderá ensinar Física ou Química. Segundo (L), na escola os professores que são formados em ciências geralmente ensinam Física. Já os professores de Biologia alguns são bacharéis em Biologia ou tem alguma outra habilitação que lhe permitem ensinar essa disciplina, por exemplo: Agronomia, Medicina, Odontologia e Enfermagem. Não existe, por exemplo, um professor formado em química dando aula de geografia porque o controle do CREDE 23 e da SEDUC não permitem.

Com respeito às aulas práticas de Física, especificamente, (F) relata que nessas atividades, quando há oportunidade, são desenvolvidas no laboratório da escola, sendo ministradas por outro professor, portanto, caracterizando uma metodologia onde teoria e prática são separadas. Geralmente (F) não utiliza experimentos em sala de aula. Quando perguntado sobre atividades de campo ou atividades extraclasse, acha que são muito difíceis na área da Física, pois, na sua opinião, a aquisição de material para tal é de difícil acesso. Durante o período de nossa pesquisa, ele ainda não tinha concluído sua licenciatura em Química na Universidade Federal do Ceará, mas estava no último ano faltando entregar a monografia. Ensina Física porque gosta e pretende, após concluir seu curso, fazer Física. Infelizmente, até o momento, ainda não teve nenhum contato com a área da pesquisa em ensino de Física. Sobre o assunto que fomos trabalhar em sala de aula, a queda livre dos corpos, este já tinha sido apresentado por ele, mas sem o uso de experimentos ou discussão mais detalhada do assunto. Quando perguntado sobre as possíveis dificuldades que existem entre a teoria e a prática, reconhece as dificuldades enfrentadas pelos alunos tentando raciocinar e imaginar sem realizar uma aula prática, ou seja, os conhecimentos teóricos ministrados em sala se apresentam muito mais difícil para os alunos sem a utilização de experimentos. As aulas utilizadas durante nossa pesquisa na escola foram gentilmente cedidas por (F).

A escola apresenta estrutura física em excelente condição; carteiras novas e em bom estado de conservação; pisos, banheiros e paredes relativamente limpas; laboratórios com equipamentos novos e bem conservados. Na biblioteca, embora com um acervo não compatível com o tamanho do público atendido, se apresenta bem iluminada, com móveis em bom estado de conservação e bem organizada. Algumas fotos escola encontram-se no apêndice A.

### **3.5 - APLICAÇÃO DO PRÉ-TESTE. ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS**

O primeiro passo da pesquisa foi a identificação das concepções alternativas dos estudantes. Para isso, aplicamos um pré-teste com questões abertas que apresentavam situações envolvendo o movimento de queda-livre dos corpos. Todas as questões estavam inter-relacionadas. Por exemplo, para responder à segunda questão era necessário ter dado atenção à primeira, para responder a terceira, ter dado atenção à segunda e assim por diante.



### 3.5.1 – Categorias e Tipos de Respostas

Após nossa análise das respostas do pré-teste, nos pareceu mais conveniente agruparmos as respostas em categorias. O objetivo desse agrupamento não foi o de identificar respostas corretas ou erradas, e sim tentar identificar aquelas mais convergentes. A escolha das categorias não obedeceu a um padrão pré-estabelecido e caracterizou-se pelo foco de cada pergunta. Aqueles alunos que só participaram da primeira ou da segunda fase (pré ou questionário) foram excluídos da análise. Demos, então, exclusividade àqueles que participaram das duas fases. Nossa amostragem foi formada por 38 alunos que participaram do pré e questionário. Destes, sete participaram de uma entrevista gravada. A série escolhida foi o 1º. ano do ensino médio, turma D manhã, com 45 alunos, na *Escola de Ensino Médio Licen do Conjunto Ceará*.

A seguir, destacamos algumas passagens que achamos importantes para análise. Vamos restringir, primeiramente, às respostas sem longos comentários. Na próxima seção, a análise será feita dentro de uma perspectiva global, voltada mais para o aspecto qualitativo. Todas as respostas do pré-teste encontram-se transcritas no apêndice C.

**Questão 1** - *Suponha que você tenha em mãos uma pena e uma pedra. Se soltar as duas da mesma altura em relação ao solo, e no mesmo instante, qual delas atinge o solo primeiro? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.*

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em quatro categorias, como apresentadas na Tabela 3.5.1.1.

**Tabela 3.5.1.1 – Categorias de respostas para a primeira questão do pré-teste**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
A pedra por ser mais pesada	14	36,84
A pedra devido à massa	18	47,37
Ambígua	6	15,79
Não respondeu	0	0
Total	38	100

Por exemplo, dentro da categoria “*A pedra por ser mais pesada*” destacamos as respostas:

- *A pedra atingiria o solo primeiro. Pelo seu peso, a pena demoraria chegar ao solo porque é leve. (13)<sup>3</sup>*
- *... a pedra é mais pesada e por isso ela cair com facilidade por causa da força de gravidade e a pena por ser mais leve terá dificuldade de cair. (15)*
- *A pedra pois ela é mais pesada que a pena e a pena sendo mais leve o vento leva. (30)*

<sup>3</sup> O número entre parêntesis foi a forma escolhida para identificarmos o aluno. Com isso pudemos comparar todas as respostas dadas pelos alunos tanto nos testes como nas entrevistas. No apêndice C, D e E encontram-se transcrita todas as respostas do pré-teste, questionário e entrevistas, respectivamente.

Dentro da categoria a “A pedra devido a maior massa” destacamos as respostas:

- *Quem chega primeiro é a pedra, pois sua massa é maior em relação a pena, e tem menos atrito com o ar (16)*
- *A pedra. Porque a massa dos dois objetos colocados são diferentes e também por causa da lei da gravidade que permite que o que tem mais massa caia primeiro. (17)*
- *A pedra porque tem mais massa que a pena. A pena vai flutuar no ar e a pedra vai cair direto para o chão (22)*

Na categoria ambígua, colocamos as respostas que não nos permitiu uma classificação precisa dentro das categorias escolhida. Alguns exemplos das respostas nessa categoria são:

- *A pedra. Porque a pena é mais leve por isso ela demora mais, enquanto a pedra tem o maior volume e maior densidade, por isso é que ela cai mais rápido. (34)*
- *A pedra cairá primeiro! Pois a pedra tem mais força de empurrar o vento que a pena! (35)*
- *Com certeza a pedra atingirá o solo primeiro. Por causa da gravidade a pena irá flutuar, assim demorando mais para atingir o solo. (18)*

Inicialmente, pensamos que os tipos de respostas “a pedra por ser mais pesada” ou “a pedra devido à massa” seriam distintas. No entanto, uma análise mais detalhada realizada posteriormente durante as entrevistas sugeriram certa confusão na distinção entre os conceitos massa e peso, ou seja, na maioria das vezes as palavras “massa” e “peso” são utilizadas como sinônimos. Na linguagem da Física peso e massa são coisas bem distintas: enquanto que o peso é uma força, uma grandeza vetorial, a massa está relacionada a medida da inércia de um corpo sendo uma grandeza escalar.

Uma dentre as concepções alternativas mais comuns, de acordo com a tabela 3.5.1.2, se destaca: “Objetos pesados caem mais rápidos do que os mais leves”, apontados por 84 % das respostas obtidas.

**Questão 2** - *Se substituísse a pena por uma folha de papel e a pedra por um caderno, soltando os dois da mesma altura e no mesmo instante, ainda confirmaria a sua previsão? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.*

As respostas obtidas também puderam ser agrupadas em quatro categorias como apresentadas na Tabela 3.5.1.2.

**Tabela 3.5.1.2 – Categorias de respostas para a segunda questão do pré-teste**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
Sim. O caderno por causa da massa	12	31,58
* <sup>4</sup> Sim. O caderno por causa do peso	13	34,21
<b>Ambíguas</b>	13	34,21
<b>Não respondeu</b>	0	0
<b>Total</b>	38	100

<sup>4</sup> Devido à semelhança com a primeira questão, em algumas respostas na qual as estudantes não apresentavam justificativas, tomamos as justificativas à resposta dada na primeira questão como referência. Assumimos que sua justificativa era a mesma da anterior.

Embora a situação apresentada na segunda questão fosse ligeiramente diferente, (trocamos a pena por uma folha de papel e a pedra por um caderno) houve uma ligeira variação nas respostas aumentando uma tendência à ambigüidade, cerca de 34%. Alguns tipos de respostas ambíguas foram:

- O papel tem volume menor e o ar exerce uma resistência maior nele. O caderno tem uma massa maior e fura a resistência do ar. (5)
- Sim, por causa da força de gravidade. (7)
- Sim, pois como a folha tem pouca resistência, ela vai ficar pelo ar e vai custar a chegar ao solo, já o caderno vai tipo, abrindo o caminho (ar) e chega mais rápido. (11)
- Sim a folha de papel é tão leve quanto uma pena e o caderno cairia como uma pedra. (13)
- O caderno porque possui mais massa e volume. (22)
- Se a folha for de "40kg" ela atingiria primeiro o chão. (39)

**Questão 3** - Imagine que tenha em mãos duas folhas de papel iguais. Em seguida uma delas é amassada formando uma bola. Segurando as duas folhas, a amassada e a não amassada em cada uma das mãos, e soltando-as em seguida da mesma altura e no mesmo instante, qual delas atinge o solo primeiro? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.

Neste caso as respostas obtidas puderam ser agrupadas em cinco categorias como apresentado na Tabela 3.5.1.3.

**Tabela 3.5.1.3 – Categorias de respostas para a terceira questão do pré-teste**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
A amassada se torna mais pesada ou com mais massa	10	26,32
A folha amassada. Sem justificativa	6	15,79
A folha amassada. Referência ao atrito com o ar	11	28,95
<b>Ambíguas</b>	10	26,32
<b>Não respondeu</b>	1	2,63
<b>Total</b>	38	100

Dentro da categoria “A amassada se torna mais pesada ou com mais massa” destacamos:

- A amassada, pois ela adquiriria mais massa, pois os espaços foram ocupados por ar. [grifo nosso] (11)

Dentro da categoria “A folha amassada. Referência ao atrito com o ar”, destacamos:

- A folha inteira vai exercer uma maior resistência do que a amassada. Logo a amassada cai primeiro. (20)
- A folha amassada atingirá o solo primeiro, pois quando amassada a folha terá mais chance de perfurar o ar. (35)
- A folha amassada. Com sua forma de bola ela consegue mais facilmente ultrapassar a resistência gravitacional.

Dentro da categoria “Ambíguas”, destacamos:

- Os dois não vão chegar juntos porque aumentou-se o volume de um dos papéis. (5)



- A amassada, pois se torna um corpo nela. (8)
- A amassada por que quando a folha foi amassada ficou com um pouco mais de força então a gravidade dela vai maior (17)
- A amassada atingirá o solo primeiro, por que a gravidade não poderá agir sobre ela. (18)

**Questão 4** - Se pegasse uma folha de papel e a colocasse sobre seu caderno e em seguida, soltasse os dois da mesma altura e no mesmo instante, qual deles levariam menor tempo para atingir o solo? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em oito categorias como apresentado na Tabela 3.5.1.4.

**Tabela 3.5.1.4 – Categorias de respostas para a quarta questão do pré-teste**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
Os dois chegam juntos. Sem justificativa	4	10,53
Os dois chegam juntos	11	28,95
Nenhum dos dois chegam juntos	1	2,63
O caderno chega primeiro. Sem justificativa	2	5,26
O caderno chega primeiro	10	26,32
A folha de papel	5	13,16
Ambíguas	2	5,26
Não respondeu	3	7,89
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

Dentro da categoria “Os dois chegam juntos”, destacamos as respostas:

- Chegariam juntos, pois não tem ar entre a folha e o papel. (4)
- Nenhum, eles chegariam ao mesmo tempo, pois o caderno como tem maior resistência ia abrindo caminho e a folha ia acompanhar. (11)
- Chegariam juntas. Por que o ar não exerce nenhuma resistência a folha que tá sobre o caderno. O que tá embaixo chega primeiro. (20)
- Cairiam iguais. Não teria nenhuma força atuando para baixo da folha. Só por baixo do caderno (31)

Dentro da categoria “O caderno chega primeiro”, destacamos:

- O caderno por ser mais pesado. (19)
- O que tá embaixo, ou seja o caderno tem a força da gravidade já a folha não está em cima do caderno. Então o caderno com certeza cairá primeiro. (23)
- O caderno, pois como a folha está em cima do caderno, o vento vai leva-lo. (30)
- O caderno chegaria primeiro. É como se o caderno ‘furasse’ o ar assim chegaria primeiro ao solo e a folha logo em seguida porque não encontraria resistência do ar. (32)
- O caderno. Por ter maior massa, consegue vencer a resistência do ar. (40)

Dentro da categoria “A folha de papel”, destacamos:

- A folha de papel. Ao caírem juntos a folha por ser mais leve do que o caderno ao cair perderia a resistência. (1)
- O papel por que ele ficaria levantado um pouco. (3)
- A folha, pois é menos pesada. Pois quanto mais leve mais devagar cai. (29)

Dentro da categoria “Ambígua”, destacamos:

- *Creio que as duas cairia no mesmo instante ou talvez o caderno chegaria primeiro. (9)*
- *Caem diferente porque o caderno caem mais rápido porque a massa é maior. (41)*

**Questão 5** - *Se colocasse agora a folha de papel embaixo do caderno e depois os soltassem juntos de certa altura, qual deles levariam menor tempo para alcançar o solo? Ilustre seu raciocínio através de desenhos. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.*

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em sete categorias como apresentado na Tabela 3.5.1.5.

**Tabela 3.5.1.5 – Categorias de respostas para a quinta questão do pré-teste**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
Os dois chegam juntos. Sem justificativa	10	26,32
Os dois chegam juntos	8	21,05
A folha de papel chega primeiro. Sem justificativa	4	10,53
A folha de papel chega primeiro	5	13,16
O caderno chega primeiro	4	10,53
Ambíguas	4	10,53
Não respondeu	3	7,89
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

Dentro da categoria “Os dois chegam juntos”, destacamos as respostas:

- *Os dois porque estão juntos um do outro. (2)*
- *A mesma da quarta questão. Resposta da quarta questão: Chegariam juntas. Por que o ar não exerce nenhuma resistência a folha que tá sobre o caderno. O que tá embaixo chega primeiro.*
- *Todos os dois levam o mesmo tempo, caem iguais. Pois o caderno está sobre a folha e seu peso é maior. (27)*
- *Cairiam iguais até porque a massa do caderno é maior. Por isso “carrega a folha”. (31)*
- *Os dois cairiam no mesmo instante, pois se a folha foi colocada embaixo do caderno terá a força do caderno para perfurar o ar. (35)*

Dentro da categoria “A folha de papel chega primeiro”, destacamos:

- *Acho que a folha por está em baixo. (19)*
- *A folha de papel, porque ela ia como se colasse no caderno. (24)*
- *A folha, pois o caderno em cima da folha vai contra a gravidade e o vento não consegue levar a folha. (30)*
- *A folha de papel, ela chegaria primeiro ao solo porque seria ela que “furia” o ar para o caderno poder chegar ao solo. (32)*
- *A folha. Pois seria empurrada pelo caderno. E assim chegaria primeiro ao solo. (40)*

Dentro da categoria “O caderno chega primeiro”, destacamos:

- *Certamente o caderno vai chegar primeiro. O caderno com o seu peso vai ultrapassar o papel. (7)*
- *O caderno por ele ser mais pesado. (15)*
- *O caderno exerceria peso em cima da folha e pelo fato da folha está em baixo do caderno cairia primeiro. (36)*
- *O caderno porque ele não iria encostar no chão (dependendo do tamanho da folha) (39)*

Dentro da categoria “*Ambígua*”, destacamos:

- *O caderno cai primeiro. A folha chegaria primeiro, pois o caderno ofereceria mais peso a folha e pressionaria. (1)*
- *O peso do caderno ia ficar todo na folha. (23)*
- *A que quebrasse menos barreiras. (34)*
- *O caderno faz que a folha seja empurrada para baixo. (41)*

### 3.5.2 Aspectos Relevantes e Discussão dos Resultados

Dentre as respostas dadas pelos alunos, pudemos notar que as concepções alternativas mais frequentemente foram:

Questão 1 e 2:

- dificuldades em diferenciar massa e peso, como já ressaltado anteriormente;
- confusão entre massa e volume. Por exemplo, na primeira questão: “*A pedra tem mais volume que a pena por isso chega mais rápido e a pena oferece uma resistência maior que a pedra*”;
- O tempo de queda depende da massa do corpo. Por exemplo, na primeira questão: “*A pedra. Porque a massa dos dois objetos colocados são diferentes e também por causa da lei da gravidade que permite que o que tem mais massa caia primeiro*”.
- Confusão entre massa e resistência. Por exemplo, na primeira questão: “*Quem tiver maior massa cai primeiro, pois tem maior resistência, que é a pedra*”.

Esses aspectos encontrados podem ser encontrados em Driver *et al.* (1994).

Questão 3:

O que mais nos chamou atenção na terceira questão pode ser destacado pela resposta:

- “*A amassada, pois ela adquiria mais massa, pois os espaços foram ocupados por ar*”[grifo nosso]; “*A amassada, pois se torna um corpo nêl*”; “*A amassada por que quando a folha foi amassada ficou com um pouco mais de força então a gravidade dela vai maior*”.

Boa parte dos alunos, pouco mais de 26%, acreditam que, ao amassarmos a folha de papel sua massa aumenta. Alguns também acrescentam que com isso a bola amassada adquire mais força, retomando a idéia de *ímpetus* de Aristóteles, como sendo uma força intrínseca ao corpo, sendo recebida ou transferida pelo primeiro agente motor externo que o coloca em movimento (CUNHA e CALDAS, 2001)



O tipo de resposta, no qual a “*folha amassada adquire mais massa*”, sugere a analogia com concepção de substância da criança na teoria de Piaget, por exemplo:

*Considere a tarefa com o interesse de avaliar a concepção de substância pela criança (ELKIND, 1961<sup>5</sup>, PIAGET e INHEDLER, 1962<sup>6</sup>). À criança são mostradas duas bolas feitas de massa de modelar e é perguntado se ambas têm a mesma quantidade de “massa de modelar”. Após a criança concordar, que é o caso, uma das bolas é amassada formando uma “salsicha” sendo, então, perguntado a ela se a bola e a salsicha contém a mesma quantidade de “massa de modelar”. Agora, quando uma criança particular, tem sido apresentada à esta tarefa de conservação declara que a bola de massa de modelar encerra tanta massa quanto a salsicha, sendo legítimo dizer que ela fez a distinção entre aparência e realidade; entre uma variação aparente e a real identidade. Isto é legítimo porque, como tem sido apontado em várias partes (ELKIND, 1967<sup>7</sup>), a bola e a salsicha aparecem para criança com a ilusão de que a salsicha “apareta” ter mais massa de modelar do que a bola. “Um julgamento correto por parte da criança requer, desse modo, a superação desta ilusão ou diferenciação entre o real e uma aparente variação. E, em geral, todo problema de conservação força a criança distinguir entre as aparências das coisas e o que elas são realmente. (ELKIND, D., 1969, p.177)*

As questões 1 a 3 são mais críticas para os alunos, pois os raciocínios corretos às questões 4 e 5 dependem do desenvolvimento dos raciocínios usados nelas. Na 4ª. questão: 47,37% responderam que o caderno e a folha chegam ao mesmo tempo, ou seja, menos da metade da turma. O mesmo acontece na 5ª. questão, com os mesmos 47,37%. Isto indica uma enorme falta de compreensão dos alunos sobre o movimento de queda livre dos corpos mostrando, como apontado por Segura (1991), que os raciocínios utilizados por eles não seguem uma lógica racional sistemática. Esse aspecto é importante, pois a lei de queda livre dos corpos já tinha sido discutida em sala de aula pelo professor da disciplina. A abordagem se aproxima às críticas realizadas por Arons (1997) relacionadas as usuais idealizações teóricas pelos professores e a relativa e a rapidez e desprezo que passam pelo assunto, pois são “*tentados a passar este assunto o mais rápido possível com o objetivo de pular para coisas mais interessantes*”[grifo nosso](ARONS, 1997, p.86).

Embora tenhamos solicitado aos alunos que utilizassem desenhos para ajudar na ilustração de suas respostas, com a utilização de diagramas de forças sempre que possível, os desenhos, na maioria não forneceram valiosas informações, pois estavam mais próximos de mera ilustrações dos objetos do que propriamente de diagramas de forças usuais, como pode ser constatado na Figura 3.5.1.1.

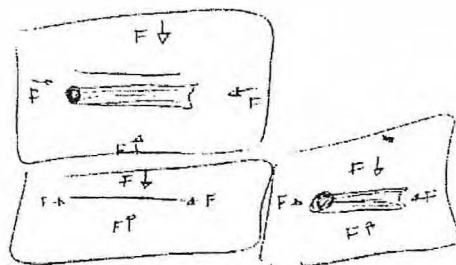
<sup>5</sup> ELKIND, D. Children's discovery of the conservation of mass, weight and volume. J. genet. Psychol., 1961, v.98, p.219-227.

<sup>6</sup> PIAGET, J. INHEDLER, B. *Le développement des quantités physique chez l'enfant*. 2.ed. Paris et Neuchâtel: Delachaux et Niestlé, 1962.

<sup>7</sup> ELKIND, D. *Piaget's conservation problems*. Child Developm., 1967, v.38, p.15-27.



**Figura 3.5.1.1 – Desenhos realizados pelo aluno (3) referente a 1ª e 2ª questão do pré-teste**



**Figura 3.5.1.2 - Diagramas de forças desenhadas pelo aluno (31)**

Praticamente não apareceram quaisquer diagramas nos desenhos mostrando as forças que atuavam sobre o corpo. Uma exceção refere-se ao aluno (31), como indicado na Figura 3.5.1.2. Este diagrama apresentado mostra algumas incoerências ao tratar das forças que atuam sobre o caderno e a folha. Nas situações, só caderno caindo, só papel caindo, caderno e papel caindo juntos, são apontadas quatro forças que atuam sobre os objetos. Uma força vertical para cima, outra vertical para baixo, duas horizontais apontando para a esquerda e para a direita, e todas as forças aplicadas sobre o corpo. Em relação às forças na vertical, a que aponta para baixo parece ser a força peso e a que aponta para cima, a força de resistência do ar. Já as “forças” aplicadas na horizontal não traduzem corretamente o fenômeno físico podendo até sugerir a aproximação do conceito de força com o conceito de pressão. Apesar da tentativa, o aluno ao desenhar o diagrama de forças não conseguiu se expressar de forma correta nem nos possibilitou fazer um julgamento preciso. Isso e outros fatos nos levaram a assumir que boa parte dos alunos desconhecem o uso de diagramas de forças bem como, na maioria das vezes, também o significado real da força de resistência do ar e o da força peso de um corpo. Esses resultados nos pareceram bastante grave, pois o tópico que trabalhamos faz parte dos conteúdos ensinados no primeiro ano do ensino médio. Além disso, nossa investigação se deu no segundo semestre estando, portanto, próximo ao final do ano letivo onde esperaríamos, pelo menos teoricamente, que os alunos já tivessem domínio do tópico explorado por nós.

A linguagem utilizada pelos alunos pouco se aproxima da linguagem científica. Nas respostas percebemos que sobressai um número muito maior de respostas alternativas, dentro de um conhecimento mais próximo do senso comum, do que da linguagem científica. Esse mesmo aspecto já foi ressaltado antes

com estudantes universitários de carreiras científicas nos trabalhos de NEVES e SAVI (2000), FREIRE e CARDOSO (2002).

Dentre as concepções alternativas comuns em Física citadas, a que se tornou mais presente foi a de que “Objetos pesados caem mais rápidos do que os mais leves”. Uma concepção alternativa que não foi ressaltada antes, mas que pode ser facilmente identificada, é a de que os alunos não conseguem identificar a igualdade entre força da gravidade e força peso<sup>8</sup>. Se massa e peso se apresentam como sinônimos, conseqüentemente há distinção entre força da gravidade e peso de um corpo. Outra concepção alternativa se refere à confusão entre massa, volume e densidade<sup>9</sup>. As respostas que envolvem esses conceitos, na sua maioria, foram colocadas na categoria ambíguas. Isto pôde ser facilmente percebido nas respostas: “*A pedra. Porque a pena é mais leve por isso ela demora mais, enquanto a pedra tem o maior volume e maior densidade, por isso é que ela cai mais rápido*” (34); “*O caderno porque possui mais massa e volume*”. (22)

### 3.6 - APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO. CARACTERÍSTICAS E ROTEIRO DA AULA. ORGANIZAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 3.6.1 - Condições para se Criar um Ambiente de Mudança Conceitual em Sala de Aula

A intenção de aplicação do questionário está relacionada com a metodologia utilizada em sala de aula. Primeiramente, os resultados obtidos com o pré-teste permitiram identificar as concepções alternativas dos alunos. Isso nos possibilitou direcionar a aula na perspectiva de que partindo das concepções alternativas e com o auxílio do experimento de baixo custo, seria possível criar um ambiente de mudança conceitual em sala-de-aula. Para que isto fosse possível as quatro condições básicas são:

- Primeiro, deve existir uma insatisfação com as concepções existentes.

*“O estudante deve verificar que existem situações que não podem explicar com o seu modelo conceitual. Essa ocorrência de anomalias cria, então, uma insatisfação com suas idéias prévias que pode favorecer a mudança conceitual”.* (PEDUZZI, 2001, p.63)

- Segundo, um novo conceito deve ser inteligível.

O aluno deve entender o modo pelo qual a nova concepção pode estruturar as suas experiências anteriores (CAMPANÁRIO e MOYA, 1998).

<sup>8</sup> Um resumo sobre essa concepção alternativa, bem como outras concepções e referências sobre pesquisas realizadas sobre gravidade, podem ser encontrado em DRIVER *et al.*, 1994, p. 163-167.

<sup>9</sup> Ver DRIVER *et al.*, 1994, p.77-78.



- Terceiro, um novo conceito deve parecer inicialmente plausível.

Campanário e Moya (1998) advertem que, às vezes, esta condição é especialmente difícil de ser cumprida dado que algumas teorias científicas têm aspectos que são contra-intuitivos, por exemplo: o caso da dualidade onda-partícula. No nosso caso, isso não representa grande problema, pois o assunto a ser trabalhado está é bem presente no nosso cotidiano e de fácil observação.

- Quarto, um novo conceito deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa frutífero.

Quer dizer, a nova concepção deverá ser útil dando origem a novas possibilidades de exploração proporcionando novos pontos de vistas aos alunos. Dessa forma, a nova idéia deverá ser capaz de resolver os problemas criados anteriormente proporcionando aos alunos, a partir dela, explicarem novos conhecimentos e experiências (CAMPANÁRIO e MOYA, 1998).

Desde que as duas primeiras condições sejam assumidas compreendidas (onde se localiza o cerne da questão) espera-se com isso que as condições 3 e 4 sejam satisfeitas. Revendo as pautas gerais já propostas por Hewson e Beeth (1995), para as condições de aplicação deste modelo temos:

(a) As concepções alternativas dos estudantes deverão fazer parte explícita do debate dentro da sala-de-aula, conscientizando-os sobre suas próprias idéias e as idéias dos demais; as opiniões dos alunos deverão ser consideradas de forma similar à do professor, pois *“os estudantes estão constantemente comunicando aos professores o estado atual de suas idéias, ou seja, a espontaneidade se converte em um aspecto onipresente da atividade nas aulas”* (HEWSON e BEETH, 1995, p.26).

(b) O *status* das idéias tem de ser discutido e negociado. O ensino, para uma mudança conceitual, deve conduzir os estudantes a considerar diferentes opiniões dentro da sala de aula para depois, serem conduzidos à necessidade de eleger, através da informação obtida, o *status* de suas próprias opiniões e das opiniões dos outros. Essa é uma consequência da condição anterior. Nesta eleição, deve ser considerado que ela não depende só das opções disponíveis, mas também das considerações que intervêm na eleição. Como existem diversas variedades de ecologia conceitual<sup>10</sup>, é mais provável que as diferentes pessoas elejam *status* de formas distintas.

(c) A justificação das idéias tem de ser um componente explícito do plano de estudo. São os estudantes que determinam o *status* que uma idéia tem para eles. Eles precisam saber o que é essa idéia, ou seja, saber se ela é inteligível, ou não, e depois decidir se a idéia se apresenta plausível, ou não, ou se resulta útil para eles. Como a determinação da plausibilidade e da utilidade não constituem um componente

<sup>10</sup> As características da ecologia conceituais foram exploradas no capítulo 2.

significativo na maioria das vezes durante as aulas, destaca-se aqui o papel essencial da ecologia conceitual dos alunos.

(d) O debate na sala de aula tem de ser explicitamente metacognitivo. O termo metacognitivo refere-se a reflexão sobre o processo cognitivo. Por exemplo, *“quando os alunos comentam, comparam e decidem sobre a utilidade, a plausibilidade e a consistência das concepções que se apresentam, estão explicitando seus próprios critérios de compreensão. A aceitação ou não das novas idéias e o abandono das idéias prévias dependem em grande parte dos padrões metacognitivos dos alunos: uma nova concepção satisfaz as lacunas estabelecidas por uma anterior?, o aluno é capaz de detectar falhas na capacidade explicativa de suas próprias idéias?, etc”* (CAMPANARIO e MOYA, 1999, p. 184).

Além dessas características, Hewson e Beeth (1995) destacam três fatores que servem de base para uma mudança conceitual: o papel do professor, o papel do aluno e o clima dentro da sala de aula.

O professor tem diversos papéis a serem assumidos dentro da sala-de-aula. O primeiro seria o de organizador, onde o leva a estabelecer os contextos apropriados para o desenvolvimento de atividades dentro da sala de aula, planejando problemas que tenham relevância e sentido para os alunos, explorando as distintas idéias, encontrando as formas de ajudar os estudantes a se sentirem satisfeitos com suas próprias idéias e propondo tarefas nas quais os estudantes apliquem as idéias recém-adquiridas. O segundo seria o de ser participante ativo dentro da sala-de-aula. Já os alunos devem estar convencidos de que o objetivo da aprendizagem é entender o tema que está sendo considerado e, por conseguinte, torná-lo seu. Para isso, necessitam aceitar as responsabilidades de seu próprio aprendizado, tornando-se conscientes de suas próprias idéias e de suas próprias razões para aceitá-las, confiar em seus próprios pensamentos e justificar suas conclusões utilizando argumentos sensatos; têm de reconhecer que podem existir diferentes pontos de vista sobre o mesmo acontecimento e que devem ser respeitados e avaliados em relação a suas próprias idéias; devem estar dispostos para mudar suas idéias quando outra parecer mais viável. É essencial um clima na sala de aula onde todos possam expressar suas idéias abertamente, sem medo de repressão ou do ridículo, e que sejam capazes de expressar suas discordâncias com as idéias dos demais e de pedir ajuda para esclarecimentos sobre as explicações dos demais; a base de aceitação de uma idéia deve se pautar na racionalidade do tema mais do que na autoridade da fonte, seja ela o professor, o livro texto ou um estudante particular. (HEWSON e BEETH, 1995, p.20-29)

Essas características sobre os critérios do MMC puderam ser constatadas parcialmente no decorrer da aula, ao revermos a filmagem da aula em vídeo.

### 3.6.2 - Roteiro e Características da Aula Aplicada

Tomando-se em consideração as considerações feitas na seção anterior, desenvolvemos a aula de aplicação juntamente com aplicação de um questionário com as seguintes características:

- o tema a ser trabalhado seria o movimento de queda livre dos corpos;
- o roteiro pré-estabelecido estava baseado na sequência das perguntas do questionário que, por sinal, eram análogas a do pré-teste;
- a aula foi dirigida e orientada pelo pesquisador;
- os experimentos seriam explorados no decorrer da aula, ampliando a discussão teórica num sentido crescente de dificuldades.

O roteiro da aula foi:

1. Inicialmente fizemos uma explanação sobre o tema a ser estudado tentando mostrar sua importância. Discutiu-se, então, sobre as concepções alternativas dos estudantes relacionadas às respostas obtidas com o pré-teste.
2. Essa discussão aconteceu com a realização de uma explanação teórica incluindo discussões envolvendo história da ciência, onde relacionamos as concepções alternativas mais pertinentes a esta questão e, no decorrer, a manipulação dos experimentos pelos alunos. O experimento foi realizado por equipe de dois alunos.
3. Depois solicitou-se aos alunos que anotassem seus resultados e dessem suas justificativas baseadas na explicação do professor e nas suas observações. É importante salientar que foi solicitado aos alunos que respondessem dentro de suas próprias convicções sobre o assunto. Não estávamos em busca de respostas corretas, mas sim tentar compreender qual o efeito da metodologia proposta para ampliar conceitualmente a concepção do estudante dentro do MMC.
4. Os mesmos procedimentos 2 e 3 foram seguidos ao explorarmos as questões de 2 a 4.
5. Foi permitido aos alunos revisarem suas respostas dadas às questões anteriores quando terminassem de responder a última questão e, caso achassem necessário, poderiam complementá-las. Isso foi cedido porque para melhor compreensão de uma questão, às vezes, estava interligado às novas situações exploradas na questão seguinte ou na anterior obrigando, portanto, aos alunos a reverem suas respostas dirigindo sua atenção para o todo.



Embora o pesquisador pudesse representar uma pessoa estranha em sala de aula, o clima foi de descontração com a receptividade pelos alunos superando as expectativas. Várias perguntas surgiram tanto no decorrer da aula como no final. Na maioria delas surgia a necessidade de esclarecimento sobre alguns aspectos não compreendidos ou ainda confusos pelos alunos. Terminada a aula juntamente com a aplicação do questionário, perguntas envolvendo curiosidades sobre a vida no espaço, naves espaciais, o sol etc, tomaram espaço na discussão.

### 3.6.3 - Categorias e Tipos de Respostas

De forma análoga ao pré-teste, as respostas obtidas também foram agrupadas em categorias. Assinalaremos aqui somente algumas respostas que achamos relevantes. Os comentários serão realizados na próxima seção.

**Questão 1** - *Segurando uma folha de papel e um caderno, um em cada mão e a mesma altura em relação ao solo, solte ambos no mesmo instante e observe qual deles atinge o solo primeiro. Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento?*

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em quatro categorias como apresentadas na Tabela 3.6.3.1.

**Tabela 3.6.3.1 – Categorias de respostas para a primeira questão do questionário**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
O caderno por que tem maior massa	25	65,79
O caderno por ter maior massa. Referência à resistência do ar	7	18,42
Ambíguas	4	10,52
Não respondeu	2	5,26
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

Dentro da categoria “O caderno por que tem maior massa” destacamos a resposta:

- O caderno caiu primeiro porque tem mais massa. Quanto maior a massa, maior a queda. (36)

Dentro da categoria “O caderno por ter maior massa. Referência à resistência do ar” destacamos:

- O caderno porque tem maior quantidade de massa, e vence a resistência com mais facilidade. (1)

- O caderno chegou primeiro, pois a massa dele é maior e quebra mais fácil a resistência do ar. Já a folha tem menos massa e não quebra com facilidade a resistência do ar. (11)

- Quem chega primeiro é o caderno, porque seu nº de massa que é maior e isso ajuda a ter menos atrito com o ar. (16)

Dentro da categoria “Ambíguas” destacamos:

- O caderno porque ele tem mais peso e a folha não porque a folha ela é mais leve ela tem menos peso. (2)
- O caderno, porque é mais pesado (tem mais massa) do que a folha que vai cair em zig zag até o chão. É o caso do peso, todos dois podiam ter até a mesma área mais o caderno é mais pesado, que ganha mais velocidade conforme a altura. (7)
- O caderno por causa da resistência do ar. (15)
- O caderno, porque ele é mais pesado e tem maior volume. (24)

**Questão 2** - Você tem em mãos duas folhas de papel de mesmo tamanho. Amasse uma delas formando uma bola. Em seguida, segurando as duas folhas a mesma altura em relação ao solo (a amassada e a não amassada, uma em cada mão), solte-as e observe quem atinge o solo primeiro. Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento?

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em cinco categorias como apresentadas na Tabela 3.6.3.2.

**Tabela 3.6.3.2 – Categorias de respostas para a segunda questão do questionário**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
A folha amassada. Sem justificativa	3	7,89
A folha amassada. Devido aumento de sua massa	12	31,58
A folha amassada. Referência a resistência do ar	15	39,47
<b>Ambíguas</b>	6	15,79
<b>Não respondeu</b>	2	5,26
<b>Total</b>	38	100

Dentro da categoria “A folha amassada. Devido aumento de sua massa” selecionamos as respostas:

- A bola de papel, pois cria corpo e além da massa do papel, conta com a massa de ar que se cria ao amassar da folha. (8)
- A folha amassada cai primeiro por que além dela ter a massa tem agora também o ar que está preso na folha. A folha de papel que não está amassada tem mais dificuldade de cair, por que ela cai em total declínio. (35)
- A folha amassada chegará primeiro, pois quando a folha é amassada apesar do seu peso aumentar o ar também ajuda a dar mais resistência a folha amassada, tornando-a com mais peso. (9)

Dentro da categoria “A folha amassada. Referência a resistência do ar” selecionamos:

- A folha amassada, pois tem mais facilidade de penetrar o ar, e não encontra muita resistência, por ser menor, e a folha que não está amassada encontra uma resistência maior. (1)
- A folha amassada tem menos atrito com o ar ao contrário da não amassada, por isso ela a amassada chega primeiro. (4)
- O papel amassado; porque tem mais facilidade de penetrar o ar. (32)

Dentro da categoria “Ambíguas” selecionamos:

- A folha amassada. Pela força gravitacional. Ela consegue abrir espaço no ar mais fácil que a folha c/ maior superfície. (31)
- A amassada. Porque o ar permite que a não amassada flutue e a amassada caia com velocidade. (17)

**Questão 3** - Coloque a folha de papel não amassada sobre seu caderno, e depois solte-os juntos da mesma altura e no mesmo instante. Qual deles atinge o solo primeiro? . Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento?

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em cinco categorias como apresentado na Tabela 3.6.3.3.

**Tabela 3.6.3.3 – Categorias de respostas para a terceira questão do questionário**

Categorias das respostas	Número de respostas	Porcentagem
Os dois caem juntos. Sem justificativa	1	2,63
Os dois caem juntos. O caderno abre espaço	26	68,42
Os dois caem juntos. O caderno tira o ar ou elimina o ar temporariamente	6	15,79
<b>Ambíguas</b>	3	7,89
<b>Não respondeu</b>	2	5,26
<b>Total</b>	38	100

Dentro da categoria “Os dois caem juntos. O caderno abre espaço”, destacamos as respostas:

- Cairão juntos. O caderno abre um espaço no ar, e elimina temporariamente a resistência. (1)
- Os dois chegam juntos, mas o caderno é que tem todo o “trabalho”, pois ele tipo abre a passagem. (4)
- Os dois caem juntos, porque o caderno abre caminho para a folha cair, e assim impede que a resistência do ar atue sobre ela. (26)
- O caderno. O caderno eliminou o ar por alguns instantes furando etc.. (23)

Dentro da categoria “Os dois caem juntos. O caderno tira o ar ou elimina o ar temporariamente” escolhemos :

- Os dois cai junto, pois o caderno vai abrindo o ar para facilitar a queda dos objetos. O caderno elimina temporariamente o ar. (19)
- Cai os dois juntos. Porque o caderno tira o ar para não atuar sobre a folha. (25)
- Os dois caem juntos; o caderno ‘elimina’ temporariamente a resistência do ar, com isso a folha não encontra nenhuma resistência. (32)

Dentro da categoria “Ambígua” escolhemos:

- Os dois, pois a medida em que o caderno vai caindo, a gravidade vai fazendo força e a folha chega junto ao caderno. (30)
- Elas caem juntas porque o ar elimina as forças e a massa. (17)

**Questão 4** - Realize o experimento anterior colocando agora a folha de papel embaixo do caderno. Mais uma vez, quem chegará primeiro? Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento?

As respostas obtidas puderam ser agrupadas em quatro categorias como apresentadas na Tabela 3.6.3.4.



**Tabela 3.6.3.4 – Categorias de respostas para a quarta questão do questionário**

<b>Categorias das respostas</b>	<b>Número de respostas</b>	<b>Percentagem</b>
Os dois chegam juntos. Sem justificativa	5	13,16
Os dois chegam juntos. O caderno empurra o papel	16	42,11
<b>Ambíguas</b>	14	36,84
<b>Não respondeu</b>	3	7,89
<b>Total</b>	38	100

Dentro da categoria “*Os dois chegam juntos. O caderno empurra o papel*”, destacamos as respostas:

- *Os dois, o caderno coloca uma força que ajuda a folha vencer o atrito mais facilmente. (11)*
- *Os dois. Porque o peso do caderno fica em cima da folha vencendo a resistência do ar. (23)*
- *Os dois chegam juntos. Porque o caderno tem uma massa maior e vai levar a folha junto com ele. (25)*

Dentro da categoria “*Ambíguas*”, destacamos:

- *Novamente os dois vão cair juntos, devido o peso do caderno ser alterado; como a folha está junto do caderno ela acompanha a força da gravidade. (9)*
- *Os dois chegam ao mesmo tempo, porque o caderno vai furando o ar. (24)*
- *Os dois caem juntos; o caderno exerce o peso dele sobre a folha, assim ela encontra menos resistência do ar. (32)*
- *Os dois. Porque o caderno bota força em cima da folha. E sua densidade se torna mais favorável. (34)*
- *Os dois vão chegar juntos, porque o caderno mesmo estando em cima vai furar a massa e a folha vai chegar mesmo assim a folha irá cair primeiro por estar embaixo do caderno. O caderno vai abrir caminho mesmo a folha estando embaixo vai ser um peso insignificante para o caderno conduzi-lo até embaixo. (7)*

### **3.6.4 - Aspectos Relevantes e Discussão dos Resultados do Questionário**

Os resultados do questionário nos mostram que a metodologia aplicada consegue ampliar, conceitualmente, a física do fenômeno estudado aumentando, portanto, a compreensão conceitual por parte dos alunos. Com a realização da aula, as respostas começam a convergir mais do que na situação do pré-teste, destacando-se os seguintes aspectos:

- Embora o assunto movimento de queda livre dos corpos já tivesse sido explorado em sala pelo professor da disciplina, o conhecimento adquirido parecia ainda de caráter abstrato e sem significado para os alunos, como os resultados do pré-teste puderam sugerir. Sendo o conhecimento abstrato, a visualização e a percepção do fenômeno pelos alunos ainda não se apresentavam de forma clara, por isso o maior número de categorias divergentes dadas às respostas do pré-teste.

- Com a aula os alunos puderam observar realmente o que acontece na prática e discutir em sala os diversos aspectos relacionados ao fenômeno estudado, ampliando a compreensão. Com a realização do experimento, acreditamos que a dúvida sobre o acontecimento esperado foi eliminada em alguns casos. Mesmo após as discussões teóricas e conceituais alguns alunos ainda não conseguiram compreender os resultados dos experimentos.

Percebemos que há dificuldades para mudança de uma concepção alternativa à concepção científica, fato já bem conhecido da literatura. No nosso caso vemos que, infelizmente, a concepção de que “*ao amassarmos a folha de papel formando uma bola, esta adquire mais massa*” é bastante persistente não conseguindo ser modificada de forma satisfatória. Podemos ver na tabela 3.6.3.2 que 31,58 % da turma, um número significativo, mantiveram esta resposta. Se compararmos este resultado com o da Tabela 3.5.1.3 que diz respeito a mesma questão no pré-teste, onde 26,32% dão a mesma resposta, sugerindo ter acontecido um retrocesso durante a aula. Mas, ao fazermos uma análise mais detalhada, consultando as respostas dentro da categoria ambígua, pudemos constatar que quatro perguntas pareciam estar relacionadas com esse tipo de resposta. Destas quatro, a resposta de três se aproxima à “*A folha amassada por que tem mais volume*” e a outra é “*A amassada pois se torna um corpo nela*”. Além disso, seis respostas não apresentam justificativas. Se escolhermos duas, das quatro dentro da categoria ambígua, e uma dentro das respostas não justificadas e somando aos 26,32%, teríamos algo em torno de 34,21% das perguntas relacionadas à categoria “*A folha amassada. Devido aumento de sua massa*”. Isto nos mostra a impossibilidade de mudanças significativas sendo, portanto um resultado razoável dentro de nossa análise. Além disso, compararmos a resposta dada pelo aluno (5) no pré-teste “*Os dois vão chegar juntos porque aumentou-se o volume de um dos papéis*”, com a do questionário, “*A amassada, porque ela tem mais massa e por causa da resistência*”, vemos a sugestão de que volume e massa são coisas análogas.

Com relação às respostas obtidas no questionário percebe-se que houve ao todo uma melhora significativa da compreensão do fenômeno pelos alunos. O quadro 3.6.4.1 mostra isso.

Observamos também que as duas últimas questões do questionário foram as que apresentaram maior dificuldades aos estudantes. Mesmo com a discussão teórica e a realização dos experimentos em sala de aula, os alunos mostram grande dificuldade de entendimento. Isso se deve, acreditamos, a falta de base que se evidenciou quando dos resultados obtidos no pré-teste e questionário. (Não saberem diferenciar explicitamente peso e massa, força de resistência e força da gravidade, volume e massa.)

**Quadro 3.6.4.1 – Comparação entre respostas antes e durante a aula<sup>11</sup>.**

Antes (Pré-teste)	Depois (Questionário)
Q.2 - Sim, pois como a folha tem pouca resistência, ela vai ficar pelo ar e vai custar a chegar ao solo, já o caderno vai tipo, abrindo o caminho (ar) e chega mais rápido. (11)	Q.1 - O caderno chegou primeiro, pois a massa dele é maior e quebra mais fácil a resistência do ar. Já a folha tem menos massa e não quebra com facilidade a resistência do ar. (11)
Q.3 - A folha amassada. Por causa do ar. (27)	Q.2 - A folha amassada. Porque a área da superfície da folha amassada é menor. E por isso não precisa de tanta força. (27)
Q.4 - O caderno porque sua massa é maior. (26)	Q.3 - Os dois caem juntos, porque o caderno abre caminho para a folha cair, e assim impede que a resistência do ar atue sobre ela. (26)
Q.5 - Os dois chegam no mesmo tempo. (16)	Q.4 - Novamente chegam juntos porque o caderno como é mais pesado exerce força na folha. (16)

### 3.7 - A ENTREVISTA SEMI - ESTRUTURADA

A entrevista semi-estruturada entrou na terceira etapa de nossa investigação. Após analisarmos as respostas obtidas nos dois questionários, tentando identificar as possibilidades de mudança conceitual, selecionamos alguns estudantes possíveis de ser entrevistados por nós. Nosso retorno à escola aconteceu após 21 dias da aula que aplicamos o questionário. Por estarmos próximo do final do ano letivo o número de dias não se deu por um critério pré-estabelecido, mas por imposição da situação. Nosso objetivo agora seria o de identificar, retificar ou refutar as possibilidades de mudança conceitual após a aula ministrada. Selecionamos os alunos com base nas respostas obtidas dentro das categorias escolhidas por nós onde procuramos identificar: os estudantes que não apresentaram mudança nas respostas, os que nos pareceu ampliar conceitualmente o fenômeno e aqueles que apresentaram uma mudança radical na forma de ver o fenômeno. Na escola, com a lista dos possíveis candidatos para as entrevistas sete se apresentaram de forma espontânea. Dos sete que participaram da entrevista selecionamos dois para nossa análise. Um dos critérios de escolha baseou-se na qualidade da entrevista feita pelo entrevistado, pois este cometeu três lapsos. Entre as quatro entrevistas restantes foram selecionadas para nossa análise as que apresentaram melhor clareza.

Realizar entrevistas com os alunos que participaram do pré e questionário possibilitou observarmos alguns aspectos que os questionários não permitiram evidenciar. Por exemplo, percebemos que as respostas dadas às questões no questionário, mesmo após 21 dias de sua aplicação, são mantidas pelos alunos. Uma comparação das respostas obtidas no questionário e na entrevista da aluna A. N. (8) e o aluno N.L.G. (40) como indicados nos quadros 3.7.1 e 3.7.2 nos indica esta tendência.

Pudemos perceber ao entrevistarmos a aluna A. N. (8) que o conceito de massa e peso são utilizados como sinônimos, como mostra a questão 1 (Q.1) no Quadro 3.7.1. Isso também se destacou nas outras entrevistas. Na Q.2, a aluna A. N. (8) mantém sua convicção de que a massa de ar “*que fica por dentro*”

<sup>11</sup> Embora as questões 1 e 2 do pré-teste sejam análogas, escolhemos a resposta 2 por se tratar da mesma situação apresentada pela questão 1 do questionário.



da bolinha amassada é que faz com que ela caia mais rápido do que a folha de papel, aspecto também já destacado anteriormente.

Na entrevista com o aluno N.L.G. (40), conseguimos perceber que o que ele chamava de força gravitacional refere-se à força de resistência do ar, ou resistência do ar como ele afirma.

No final da aula, após terem concluído o questionário, uma pergunta foi proposta aos alunos, com o intuito de saber se com a aula eles conseguiriam imaginar uma situação em que ao soltarem dois corpos de massas e formatos diferentes da mesma altura, o tempo de queda seria o mesmo, ou seja, este não dependeria de suas massas e formas. Alguns se anteciparam a responder “*no vácuo*”, outros disseram que “*num local sem resistência do ar*”, “*na lua*”. Isso nos evidencia que existe a real possibilidade ao partir do concreto, utilizando neste caso o experimento de baixo custo, realizarmos a transposição do concreto para o abstrato em sala de aula, ou seja, embora saibamos da presença do atrito agora podemos imaginar uma situação onde ele não existe ou seja desprezível. Embora isso seja motivante como um resultado positivo da metodologia, percebemos que a transição do concreto para o abstrato não se dá de forma tão simples pelos os alunos como mostrado pelos testes. Neste ponto o aluno N.L.G (40) uma compreensão razoável quando perguntamos, durante a entrevista. “*Em qual local, o tempo de queda de dois corpos independeria de suas massas e forma*”? Vejamos essa passagem.

***Vamos tentar então fazer uma extrapolação. Vamos supor: seria possível existir uma situação em que se eu soltasse dois corpos de qualquer formato, de qualquer massa, eles chegariam sempre ao mesmo tempo?***

N.L.G.: *Existiria.*

***Qual seria essa situação?***

N.L.G.: *De mesmo tamanho?*

***Poderia ser do mesmo tamanho, de mesma massa ou na e em qualquer local. Será que existiria alguma outra condição em que os dois chegariam ao mesmo tempo independentes do peso, do formato ou de ambos?***

N.L.G.: *No vácuo, onde não existe ar, eles chegariam ao mesmo tempo.*

***O que você acha que está influenciando?***

N.L.G.: *A resistência do ar.*

Já a aluna A. N. (8), embora tenha respondido de forma satisfatória as questões 3 e 4 do pré-teste, não conseguiu imaginar a mesma situação, como indica a Q.5 no quadro 3.7.1.

A entrevista nos possibilitou concluir que as respostas dadas por estes alunos no questionário e durante a entrevista se mantiveram não havendo, portanto, avanço significativo ou regressão nas respostas.

**Quadro 3.7.1 - Comparação entre a resposta do questionário e a resposta dada na entrevista pela aluna A. N. (8)**

Questionário	Entrevista
<p><b>Q.1 - O caderno, por ter mais massa, vencendo logo a resistência do ar.</b></p>	<p><b>Em relação a primeira pergunta, queria que você comentasse agora sobre esse experimento. O que foi que você observou e quais suas justificativas?</b>  A. N.: Você vê que o caderno cairá primeiro porque ele, como é que se diz ... ele cai primeiro assim, ele coisa a resistência do ar.  <b>Ele vence a resistência do ar?</b>  A. N.: É. Exatamente. Ele vence a resistência do ar. Então porque também possui um corpo [o caderno] .... mais corpo do que uma folha.  <b>Mais corpo que você está se referindo é o peso ou a massa?</b>  A. N.: massa</p>
<p><b>Q.2 - A bola de papel, pois cria corpo e além da massa do papel, conta com a massa de ar que se cria ao amassar da folha.</b></p>	<p><b>E agora na situação seguinte [segunda questão]</b>  A. N.: Aqui no caso seria a que foi amassada porque ela, na hora que a gente amassou ela .... ela cria um corpo com a massa né, e por ser do mesmo jeito da outra, mas mesmo assim ela cai primeiro.  <b>Mas você acha que quando amassa a folha de papel ela fica mais pesada?</b>  A. N.: Fica, porque ao amassar a gente vê o ar né, que fica por dentro.  <b>Mas você acha que esse ar, a massa acrescida desse ar, vai influenciar no experimento?</b>  A. N.: vai.  <b>Você lembra que na sala de aula a gente falou sobre a massa do ar? Você lembra a discussão que eu fiz? Essa massa era tão pequenininha, tão pequenininha, tão pequenininha que praticamente ...</b>  A. N.: Sei. Eu lembro.  <b>Mas isso você acredita? Você acha que ... Você não é obrigado a acreditar em mim. Você mantém ainda essa concepção que a massa ...</b>  A. N.: É. Eu acho que sim. Que ela cria o ar dentro dela.  <b>Nesse mesmo experimento, então ela cai porque é mais pesada. Por que a massa de ar soma-se a do papel e cai por causa disso? Tem alguma influência da resistência do ar?</b>  A. N.: Acho que soma né, o ar dentro. Acho que sim.</p>
<p><b>Q.3 - Cai junto por que o caderno abre espaço no ar fazendo com que eles caíam juntos.</b></p>	<p><b>Terceira questão. O que foi que você observou e quais as suas justificativas?</b>  A. N.: Eles caem juntos. (?)  <b>O que é que você acha? O que é que tá relacionado massa, você falou de massa já numa situação de resistência numa outra ...</b>  A. N.: ( ____ )  <b>Me diga uma coisa, você estava prestando atenção à aula nesse dia, não?</b>  A. N.: Mais ou menos  <b>A massa do caderno em relação à massa do papel tem alguma coisa a ver com isso?</b>  A. N.: Não. Acho que pro caderno cair primeiro ele vencia a resistência do ar e a folha, vamos dizer assim se aproveitava. Ela caía junto porque se aproveitava com ele.</p>
<p><b>Q.4 - Juntos por causa do peso do caderno sobre a folha.</b></p>	<p><b>Questão quatro. Como você explicaria esta situação?</b>  A. N.: Acho que juntos também né.  <b>Porque? Você ainda lembra?</b>  A. N.: Não ... pelo caderno .. não sei ... eu não lembro se a folha fugiu ...  <b>Você quer fazer o experimento?</b>  A. N.: Eu quero.  <b>[após feito o experimento]</b>  <b>Chega junto? Agora você consegue ...</b>  A. N.: Acho que a massa fica assim por cima dele e ... não faz tanto que o papel fuja. Não sei explicar direito.  <b>Você acha, então, que esse tempo de queda que os corpos levam, quando soldados de uma mesma altura e no mesmo tempo, para chegar, chão depende da massa do corpo?</b>  A. N.: muitas vezes ele depende.  <b>Em que situação seria possível não depender da massa do corpo?</b>  A. N.: não sei.</p>

**Quadro 3.7.2 – Comparação entre a resposta do questionário e a resposta dada na entrevista pelo aluno N.L.G. (40)**

Questionário	Entrevista
Q.1 - Caderno. Porque tem maior massa.	<p><b>Questão 1. Quem foi que chegou primeiro, por que? Qual seria suas justificativas para isso?</b>  N.L.G.: Eu coloquei que o caderno, chega primeiro ao solo por ter uma massa maior que o papel assim ele vence mais fácil a força gravitacional.  <b>O que é essa força gravitacional que você chama?</b>  N.L.G.: É o que faz a gente se manter no solo, ela empurra a gente pra baixo. Por exemplo, na lua tem pouca força gravitacional, então, os corpos ficam tipo flutuando.  <b>A força gravitacional ela puxa como, para baixo ou para cima?</b>  N.L.G.:Pra Baixo.  <b>Mas o caderno e a folha não caem para baixo. Como é que o caderno vence mais facilmente a força gravitacional? Você tá confundido isso com alguma coisa? Vou tentar facilitar. A resistência do ar, nesse experimento, tem alguma ...?</b>  N.L.G.: Ah, a resistência do ar. Acho que eu confundi gravidade com resistência do ar.  <b>Então como é que seria essa resposta para você?</b>  N.L.G.: Por o caderno ter a maior massa ele vence mais facilmente a resistência do ar chegando primeiro ao solo.</p>
Q.2 - A folha amassada chega primeiro. Porque a folha não amassada tem maior área assim permite que a resistência atue mais livremente sobre seu corpo.	<p><b>Questão 2. O que você observou e qual seria suas justificativas?</b>  N.L.G.: Eu observei que a bola de papel amassada chega primeiro ao solo. Eu coloquei que eu achava que, pelo seu formato, a bola de papel amassada vencia mais facilmente a resistência do ar.  <b>Nessa situação, você acha que o tempo de queda depende da massa?</b>  N.L.G.:Não.  <b>Não! Já no outro caso dependia da massa.</b>  N.L.G.: Dependia da massa.</p>
Q.3 - Os dois caem juntos. O caderno vai abrindo espaço e leva junto papel	<p><b>Questão 3. O que você observou e qual seriam suas justificativas?</b>  N.L.G.: O caderno chega primeiro ao solo, né?  <b>Você colocou a folha em cima do caderno e soltou os dois. Você quer fazer de novo?</b>  (N.L.G. repete o experimento)  N.L.G.: Foi isso que eu coloquei os dois chegam juntos?  <b>Não sei. Por isso que eu quero saber sobre o que você lembra. Se a aula funcionou alguma coisa deve ter ficado. O importante é o que ficou da aula. Não é o que você colocou naquele momento. De repente, o que você está respondendo foi a mesma coisa, mas pode ser diferente, pode até ser melhorado.</b>  N.L.G.: Não, é, eles chegam juntos. Tá certo. Estou lembrado agora. Eles chegam juntos acho que eu coloquei até assim porque o caderno vai abrindo espaço e leva junto com ele a folha  <b>Então a resistência do ar é mais dominante em quem? Em cima do caderno ou em cima da folha de papel?</b>  N.L.G.: Como assim?  <b>Quem está tá vencendo essa resistência do ar o caderno ou o papel?</b>  N.L.G.: O caderno é que tá vencendo.</p>
Q.4 - Os dois chegam juntos. Por que foi soltado de uma pequena altura. Assim o caderno empurra a folha.	<p><b>Questão 4. O que você observou e qual seria suas justificativas?</b>  N.L.G.: Eles chegaram juntos. O caderno por ter uma massa grande ele tá ajudando a folha a vencer a resistência do ar.</p>



### 3.8 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A PESQUISA E IMPLICAÇÕES DIDÁTICAS

Voltando à pergunta central de nossa pesquisa: *o experimento de baixo-custo sendo utilizado dentro de uma metodologia de ensino fundamentada no MMC, possibilita uma situação de mudança conceitual em sala de aula?* Nossos resultados mostram que uma mudança conceitual não foi possível presenciarmos de forma significativa. Acreditamos que a contribuição dessa alternativa didática, dentro do contexto estudado, possibilitou aumentar ou melhorar a concepção sobre o fenômeno físico explorado pelos estudantes, resultado que concorda com a literatura (POSNER *et al.*, 1982; HEWSON e BEETH, 1995). Conhecimentos básicos anteriores que possibilitem a construção de novos significados pelos alunos apresentaram-se como uma grande barreira a ser enfrentada para aquisição de novos conhecimentos. Esta falta de base pôde ser percebida ao analisar as respostas ao pré-teste pelos alunos.

As concepções alternativas que encontramos concorda com as relatadas na literatura (DRIVER *et al.* 1994; ARONS, 1997), mas com algumas diferenças. Por exemplo, para a concepção de que “ao amassarmos a folha de papel formando uma bola, aumenta a sua massa, sendo consequência necessária para que ela chegue primeiro ao chão” não achamos referencia na literatura dentro do contexto estudado, ou seja, estudantes na faixa dos 15 a 16 anos do primeiro ano do ensino médio. Nosso estudo mostrou que essa concepção tem importância significativa e de difícil modificação tendo, portanto, persistido mesmo após a aula. Mesmo tendo chamado atenção dos alunos durante a aula através de uma analogia com um experimento desenvolvido em sala, mostrando que a massa de ar seria insignificante para o resultado esperado do fenômeno, a concepção permaneceu praticamente intacta como identificado pela entrevista. Dentro dessa faixa de idade esperaríamos que os alunos já tivessem desenvolvido o conceitualmente o fenômeno da conservação o que não foi confirmado pelo nosso estudo. Logo, um conceito que se começa a se desenvolver nas crianças parece ainda não sido concluído na adolescência. Daí poderíamos poderiam ser levados a afirma que os alunos estão em um estágio anterior às concepções alternativas, dentro da faixa de idade identificada na literatura internacional. Este resultado tem implicações importantes, pois confirma, ainda mais, as graves deficiências da nossa educação básica que irão refletir diretamente no seu futuro profissional.

Observamos que a resistência do ar, que antes não teve papel relevante no movimento de queda dos corpos, evidenciado nas respostas do pré-teste, começa a refletir maior importância durante a aula. Assim, aspectos antes irrelevantes começam a ter importância para compreensão do fenômeno. Isso tem relação com o processo de mudança conceitual e mais ainda com o processo de “enculturação” sugerido por Mortimer (2000). Neste caso foi permitida a construção de uma “cultura” onde aspectos relegados ao segundo plano começam a ter importância dentro de um novo ambiente formado por alunos e professor.

Ampliar conceitualmente o fenômeno do atrito, neste caso a resistência do ar, é importante, pois possibilita a concretização de uma ponte para o desenvolvimento de outros conceitos. Ao elaborarmos o

conceito de inércia, para que um corpo continue em linha reta com movimento uniforme indefinidamente, é preciso eliminar ao máximo o atrito existente entre o corpo e a superfície na qual desliza. Isto exige uma enorme abstração. Com a impossibilidade disto acontecer na prática, poderíamos resgatar o experimento do plano inclinado de Galileu seguindo um raciocínio análogo ao empregado nos experimentos do movimento de queda livre. Por exemplo: o que iria acontecer com o movimento de uma esfera, depois de descer o plano inclinado seguindo com o seu movimento num plano horizontal sem atrito? Ela para? Sim ou não? Qual seria a justificativa de sua resposta? É neste ponto onde a analogia com o experimento de queda livre entra. Dessa forma, a compreensão de que o tempo de queda de dois corpos, na ausência do ar ou numa situação onde sua resistência possa ser desprezível, independe de suas massas ou forma é um possível modelo que poderia ser resgatado e ampliado não só para a lei da inércia como em outros contextos onde o atrito esteja presente. Um outro exemplo, bastante familiar aos alunos quando estudam a cinemática do movimento de queda livre dos corpos pela primeira vez, encontra-se embutida na expressão  $d = \frac{1}{2}gt^2$  que relaciona a altura percorrida em função do tempo de queda para um corpo solto do repouso em queda livre. É factível esperar que algum professor enfrente em sala o questionamento pelo aluno “Por que essa equação não depende da massa do corpo?” Sem uma compreensão real do movimento de queda livre dos corpos a resposta parecerá para o estudante um passe de mágica transformando a expressão e mais uma de tantas outras que necessita decorar para passar na avaliação. Portanto, sem significado e valor real para compreensão da Física do fenômeno.

A metodologia de ensino dentro do MMC escolhido apresentou-se positiva, sendo também evidenciado na opinião dos alunos entrevistados. Por exemplo, quando perguntado se a metodologia ajudou no seu aprendizado, a aluna T.R.S.Q respondeu:

*Melhora. Foi melhor do que a aula do professor que ele dá normalmente porque ele só faz escrever e falar assim. Ele não fez experimento não. Todo mundo gostou da aula que você deu. Todos queriam que você voltasse, né.... o senhor viu né quando o senhor passava ... perguntavam quando é que o senhor ia voltar. Todo mundo gostou.*

Interessante a opinião do aluno N.L.G. que destaca muitas das sugestões que devem ser enfatizadas no ensino das ciências, e bem conhecidas da literatura, mas pouco utilizadas na prática:

*A aula aumenta o aprendizado porque a gente vê na prática o que a teoria não deixa a gente perceber. Por exemplo, passa-se numa equação só que a pessoa não entende bem pra quê que aquela equação serve. Então na prática a gente vê, a gente às vezes se pergunta, pra quê que a física serve? Ai com essa aula a gente percebeu que ela também é muito interessante não é só aquela matéria chata de fazer conta.*

Para a aluna A. N., praticar o que se aprende em sala de aula tem grande importância para o aprendizado:

*Bom. Assim na aula foi uma forma divertida e também eu aprendi uma forma de a gente praticar o que o professor dá, não é só aquela coisa de escrever no quadro, explicar e fazer dever. Você pratica o que você deu. A gente praticou então eu achei muito legal, muito divertido. Acho que a gente aprende. Pelo menos eu aprendi alguma coisa.*

Embora os alunos tenham mostrado boa receptividade diante a metodologia proposta, mudança conceitual num sentido mais amplo do termo não pôde ser verificada. Pensamos que nossa proposta possibilitou ampliar as possibilidades para uma mudança conceitual. A falta de material adequado complementando a metodologia como também o a falta de atividades complementares na resolução de problemas seria pontos a serem ressaltados. Portanto, seriam necessárias mais aulas envolvendo outras atividades relacionadas para que pudéssemos obter resultados mais amplos e confiáveis sobre a ocorrência ou não de uma mudança conceitual.

O uso do experimento de baixo custo como recurso de contextualização da aprendizagem apresentou-se, em geral, bastante positivo para desenvolvermos o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Dessa forma, a utilização do experimento de baixo custo pode:

- Aumentar a motivação dos alunos para a aprendizagem do tema;
- Possibilitar a visualização de situações concretas e a contextualização com o cotidiano;
- Ampliar a percepção dos alunos com respeito a diversos aspectos não abordados no livro texto;
- Favorecer a compreensão de novas situações envolvendo os mesmos conceitos;
- Possibilitar a construção analogias facilitando a abstração de situações idealizadas.



# **CAPÍTULO 4**

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ensino da Física, ao longo de nossa história, enfrentou enormes dificuldades para sua real implantação em nível fundamental e médio do Brasil. Inicialmente o ensino nas escolas tinha caráter fortemente clássico e literário, ou seja, sem ênfases no estudo das ciências. Somente após o surgimento da Faculdade de Medicina, na Bahia, em 1808, surgiu no ensino superior a primeira disciplina de Física.

Com o nascimento da Universidade de São Paulo, em 1934, o ensino de Ciências no país começa realmente a ter fôlego para se desenvolver. Apesar disso, como a educação em nível fundamental e médio não era preocupação real das políticas educacionais, as aulas de Física continuaram caracterizadas pela falta de preparo dos professores e escassez de recursos didáticos. O aprendizado ocorria exclusivamente através de livros que, em sua maioria, eram extremamente descritivos onde a formulação matemática se sobrepunha aos conceitos e à contextualização da conhecimento. A utilização de experimentos nas aulas de Física, quando existiam, eram de uso exclusivo dos professores e tinha caráter demonstrativo ou ilustrativo da teoria.

A constituição de grupos de professores preocupados com o desenvolvimento do ensino de ciências, sofreu forte impulso no final da década de 60, tendo como influência o surgimento de grandes projetos voltados ao ensino de ciências nas nações anglo-saxônicas. Entre eles, na área da Física, destacam-se o PSSC e o Havard Project Physics, ambos desenvolvidos nos Estados Unidos. Embora isso representasse um fator positivo, a falta de investimento e uma política pública séria para a formação dos professores de ciências continuaram precárias.

Atualmente, já existem diversos grupos de Ensino de Ciências distribuídos por importantes universidades do país. As pesquisas em Ensino de Física já estão mais maduras e muitos pesquisadores já começam a ter forte influências dentro do ambiente de pesquisa internacional. Esse cenário acabou de forma direta ou indireta repercutindo na elaboração dos novos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), lançados em 1996, pelo Governo Federal.

Os PCNs fornecem as novas diretrizes para o ensino de Ciências no país e apontam como uma de suas preocupações fundamentais a importância da contextualização da aprendizagem e o seu sentido para a vida. Apesar de todas as dificuldades enfrentadas ao longo de nossa história, a conjuntura atual para o ensino de Ciências no Brasil apresentar-se bem mais favorável do que antes. Algumas das razões para isso deve-se a elevação do número de pós-graduações na área e, conseqüentemente, o número de professores mestres e doutores pesquisadores. Vários órgãos de fomento à pesquisa (CNPQ, FUNCAP, FAPESP, por exemplo) têm lançado editais para projetos de formação continuada de professores e investimentos para compra de materiais de laboratório. Embora ainda sejam insuficientes, devido às diferenças regionais, à grande extensão física do país, ao pequeno número de escolas com estruturas adequadas, etc ainda há esperanças de que alguma coisa melhor está por vir. É nessa perspectiva que este trabalho se desenvolveu visando contribuir para o que ainda está por vir.

## 4.1 A LEI DE QUEDA-LIVRE DOS CORPOS: POSSIBILIDADE DE MUDANÇA CONCEITUAL?

O estudo que realizamos na escola teve como objetivo: a elaboração de uma estratégia de ensino como possibilidade de desenvolvermos ambiente para uma mudança conceitual em sala de aula. Para isso, partimos das concepções alternativas dos alunos relacionadas à lei de queda-livre dos corpos, o tema a ser investigado. Utilizamos o experimento de baixo custo como motivação para desenvolvermos a aula. Buscamos, principalmente, a contextualização do experimento de baixo custo durante a aula sendo, então, utilizado como uma ferramenta necessária à compreensão do fenômeno físico estudado, encadeado à teoria, e não como elemento de mera ilustração ou demonstração.

Nosso estudo mostra que, embora mudanças conceituais reais não tenham ocorrido, a metodologia utilizada permitiu ampliar a compreensão do fenômeno pelos alunos. Isso pode ser assumido ao compararmos as respostas dos alunos dadas, antes, no pré-teste, com as do questionário, posteriormente. Por exemplo, a resistência do ar que antes não tinha tanta importância para justificar os resultados dos experimentos observados, após a aula, vimos que os estudantes começam a incorporar o conceito em suas explicações.

O ponto importante que desejamos assinalar agora seriam as dificuldades encontradas quando utilizamos o Modelo de Mudança Conceitual (MMC), no qual estava baseada nossa aula quando aplicamos o questionário.

Se não foram observadas mudanças conceituais num sentido mais amplo, após a análise do questionário e da entrevista, vale a pena ainda mantermos esse modelo como referência?

Na literatura, como apontado no capítulo 2, diversas críticas são apresentadas sobre as limitações inerentes dentro do MMC. Por exemplo, para Gil-Pérez e Carrascosa (1985) uma mudança conceitual não é possível sem uma mudança metodológica na resolução de problemas, e a dificuldade na mudança conceitual está na origem de sua metodologia. Para Mortimer (2000) a idéia de se criarem conflitos cognitivos, por si só, são insuficientes para promover uma mudança conceitual. Sendo assim, não seria adequado, portanto, descrever o processo de ensino como uma substituição de idéias prévias por idéias científicas.

O MMC realmente facilita o aprendizado, como pudemos perceber, quando levamos em conta suas sugestões além de ser motivante para os alunos. Apesar disso, observamos que dificilmente ocorre uma mudança conceitual num sentido amplo. Hewson e Beeth (1995, p.27) afirmam que: *“parece mais apropriado considerar o ensino para uma mudança conceitual como um catalisador mais do que um agente causal da aprendizagem da mudança conceitual”*. Os resultados de nossa pesquisa nos levam a compartilhar essa afirmação, mas nos levaram a questionar sobre a validade do modelo. Por isso, achamos importante ampliar a discussão sobre os modelos de ensino de ciência dentro do capítulo 2 sobre a fundamentação teórica.



## 4.2 O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL, O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL E METODOLÓGICO E A NOÇÃO DE PERFIL CONCEITUAL

O movimento das concepções alternativas originou, na década de 80, debates e pesquisas de como essas concepções poderiam ser eliminadas ou transformadas em conhecimentos científicos. Esses debates foram influenciados por diversas fontes. Entre estas destacamos a filosofia da ciência. Nesse contexto nasce o MMC defendido por Posner *et al.* (1982) que logo ganhou adeptos. Inúmeros foram os artigos publicados dentro desta perspectiva que logo o ensino por mudança conceitual tornou-se sinônimo de aprender ciências (BASTOS, NARDI e DINIZ, 2002).

Em torno de um consenso emergente de idéias construtivistas, diversos foram os avanços obtidos no ensino de ciências. Entre eles, segundo Bastos, Nardi e Diniz (2002, p.2 - 3) se destacam:

- (a) *Redescoberta do fenômeno das concepções alternativas;*
- (b) *Mapeamento das idéias que os alunos possuem em relação a diversos objetos e eventos estudados pelas ciências naturais;*
- (c) *Proposição de modelos de ensino centrados na avaliação de diferentes formas de se compreender a realidade;*
- (d) *Opção por uma visão interacionista do processo de aprendizagem, em oposição às opiniões segundo as quais o conhecimento é de origem totalmente externa a mente do aprendiz ou, ao contrário, de origem totalmente interna.*

Os modelos emergentes de ensino de ciências foram fortemente influenciados por uma visão construtivista de ensino-aprendizagem, e apresentavam duas características principais, segundo Mortimer (2000, p.36): A primeira que “a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento”; e a segunda que “as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do que o aluno já conhece”.

Não precisou esperar longo período para aparecer nas literaturas especializadas críticas aos modelos de ensino-aprendizagem propostos. Tornando-se sinônimo de aprender ciências, nesse contexto não existiu um consenso sobre o significado do MMC, embora tenha apresentado resultados mais satisfatórios se comparado ao modelo de “ensino tradicional”.

Observando as limitações do MMC, o MMCM e a noção de Perfil Conceitual sugerem elementos que, na nossa visão, nos possibilitaram ampliar a compreensão sobre as dificuldades inerentes dentro de estratégias de ensino que visem uma mudança conceitual. Essa seria a principal característica para descrevermos o MMCM e a noção de Perfil Conceitual dentro do capítulo de fundamentação teórica.

Percebemos claramente que os recursos apontados nas páginas 62-63, para favorecer a mudança conceitual, ou os elementos para metodologia do MMCM, na página 67, ou o processo de enculturação,

na página 70, são importantes aspectos dentro das estratégias de ensino e que poderão apresentar resultados favoráveis em ambos os modelos aqui discutidos. Daí desenvolver estratégias baseadas em conflitos cognitivos, como proposto pelo MMC, a necessidade de uma mudança metodológica, como proposto pelo MMCM, e a noção de perfil Conceitual, acrescentam possibilidades distintas para a situação de ensino-aprendizagem. Conhecer as vantagens desses modelos e suas deficiências nos mostram as grandes dificuldades inerentes na aprendizagem em Ciências. Compreender esses aspectos seria uma característica importante para ampliar as dimensões das práticas do ensino de todo professor.

Achamos também importante acrescentar, dentro de nossos argumentos, as observações feitas por Bastos, Nardi e Diniz (2002) ao adotarem o termo *fenômeno da distorção* que se refere às idéias científicas equivocadas nas quais os alunos estão sujeitos, permanentemente, no ensino escolar. Esse fenômeno poderia ampliar a dimensão sobre as dificuldades encontradas em estratégias de ensino que visem a mudança conceitual.

Segundo Bastos, Nardi e Diniz (2002):

*O fenômeno da distorção consiste em o aluno construir, para os conhecimentos científicos que estão sendo estudados, uma versão alternativa que, embora ele não perceba, é consideravelmente discrepante da visão dos cientistas. Essa visão alternativa pode ou não tornar-se parte do conjunto de idéias em que o aluno acredita; o importante, porém, é que ela representa uma interpretação equivocada daquilo que os cientistas estão propondo, constituindo pois um resultado indesejável do processo de ensino.*

*As distorções estão em grande parte relacionadas ao uso de expressões linguísticas cujo significado é pouco ou nada compartilhado pelos diferentes membros do grupo em questão (professor e alunos). Assim, por exemplo, é comum os alunos atribuírem significados do cotidiano a palavra do vocabulário técnico das ciências (energia é 'força'; força é 'algo intenso'; fenômeno é 'algo raro e surpreendente'; massa é 'substância mole e pastosa'; evolução é 'progresso'; tecido é 'pano' etc) (BASTOS, NARDI e DINIZ, 2002, p.6-7).*

Para Bastos, Nardi e Diniz (2002), as interpretações equivocadas dentro do fenômeno da distorção, somando-se uma às outras, contribuem para dificultar enormemente a compreensão adequada dos enunciados científicos. Além disso, “os processos mentais que estão na base das distorções são similares àqueles que originam as chamadas concepções ‘espontâneas’” (BASTOS, NARDI e DINIZ, 2002, p.6), sendo, portanto, distinguidos pelos contextos em que ocorrem. A importância desse fenômeno se dá porque parece como inevitável além de freqüente dentro do processo de ensino-aprendizagem. Como consequência disso sugerem que: “O ensino escolar deveria consumir parte do seu tempo em lutar contra as distorções, isto é, deveria proporcionar situações em que os alunos pudessem sucessivamente checar e retificar a compreensão que estão fazendo do discurso dos cientistas” (BASTOS, NARDI e DINIZ, 2002, p.7).

Assim, acrescentando-se as dificuldades encontradas dentro dos modelos de ensino comentados, segundo Bastos, Nardi e Diniz (2002, p.7):

*(...) quaisquer que sejam as preocupações centrais do professor (mudança conceitual, construção e utilização de perfis conceituais, [grifos nosso] produção e manutenção de um clima afetivo favorável a aprendizagens etc.), o ensino escolar está irremediavelmente sujeito a obstáculos relacionados ao fenômeno da distorção e, conseqüentemente, não pode prescindir de explicitação, problematização e reestruturação das idéias que os alunos vão construindo em aula [grifo nosso].*

#### 4.3 ÚLTIMAS PALAVRAS

O resultado dos estudos apresentaram-se satisfatórios para as expectativas desta dissertação. A limitação de tempo talvez tenha sido um dos fatores que possam ter dificultado a elaboração de análises mais detalhadas de nosso trabalho.

Concordamos com Campanario e Moya (1999) que parte das dificuldades de implementação de modelos de ensino alternativos ao tradicional tem origem nas resistências previsíveis por parte dos professores e autoridades educativas. Além disso, também concordamos em que, nossa proposta metodológica utilizando experimentos de baixo custo, poderá exigir mais tempo para desenvolver os conteúdos do que exigido pelo ensino tradicional. Talvez como consequência imediata, a recomendação para reduzir os programas das disciplinas seria o mais indicado.

Estarmos em um momento anterior às concepções alternativas, como sugeriu nossa pesquisa, pode relacionar-se à formação deficiente dos estudantes, durante o ensino fundamental. Algumas observações nos levam a acreditar que esse fator não seria tão relevante, pois as características da escola são muito parecidas com as escolas particulares e até superiores a muitas delas. A ineficiência do ensino ministrado e a formação inadequada dos professores representam fatores que achamos dos mais importantes para serem considerados e essa realidade, em parte, também persiste nas escolas particulares. Dentro desse contexto, nossas universidades poderão trazer contribuições importantes para a melhoria do ensino, mas para isso precisam se reestruturar para atenderem a demanda crescente de professores no estado do Ceará buscando referenciais de qualidade não só na formação como em projetos de formação continuada. A formação deficiente dos professores, aliadas à falta de materiais e metodologias adequadas para se ensinar Física representa grande problema para a consolidação de um ensino mais consistente com os pressupostos dos novos PCNs.

Por ter sido a primeira dissertação de mestrado em ensino de Física do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, durante o desenvolvimento deste projeto procuramos escrevê-lo dentro de um discurso mais próximo do leitor, que imaginamos ser o estudante de graduação com pretensões de seguir uma carreira de Físico Educador e/ou pesquisador em Ensino de Física.



## REFERÊNCIAS

ALENCAR, F., CARPI, L., RIBEIRO, M.V. *História da sociedade brasileira*. 3ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1989. 339p.

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. A evolução do ensino de física no Brasil. *Revista de Ensino de Física* v.1, n.2, p.45-58, out. 1979.

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. A evolução do ensino de física no Brasil; 2a. parte. *Revista de Ensino de Física* v.2, n.1, p.55-73, fev. 1980.

ARONS, A. B. *Teaching introductory physics*. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ARQUIMEDES. *The works Archimedes*. Tradução de Thomas. L. Heath. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. Great books of the western world v.11.

ASSIS, A. K. T. Sobre o equilíbrio dos planos, tradução comentada de um texto de Arquimedes. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n. 18. p. 81-94, 1997.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O Ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. *Revista Brasileira de ensino de Física*, v.13, p. 97-103, 1991.

BAROLLI, E. Reflexões sobre o Trabalho dos Estudantes no Laboratório Didático. 1998. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. S. *Abordagens interacionistas do processo de aprendizagem e suas implicações para o ensino de ciências*, Bauru, 2002. (mimeo) [caderno de textos: Didática e Prática de Ensino de Ciências e Biologia]

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs): Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (Parte III)*. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/semtec/ensmed/pcn.shtm>> Acesso em: 08 ago. 2002.

BUARQUE DE HOLANDA, S. *Raízes do Brasil*. 5. ed. Livraria José Olímpio editora, 1969.

CAMPANÁRIO, J. M.; MOYDA, A. Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, v.17, n. 2, p.179-192.

CARDOSO, H. B. *Física na prática: contextualizando experimentos de mecânica*. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 2003.

CARNEIRO, M. A. *LDB fácil: Leitura crítico-compreensiva artigo a artigo*. 5. ed. atualizada. Petrópolis: Vozes, 1998.

CARVALHO, A. M. P. *Física: Proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU, 1989. 65p. (Temas Básicos de Educação e Ensino)

\_\_\_\_\_, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *A formação de professores de ciências*. 4.ed.. São Paulo: Cortez, 2000. 120p. (Questões da nossa época)

\_\_\_\_\_, A. M. P., VANNUCCHI, A. O currículo de Física: Inovações e tendências nos anos noventa. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.1, n.1, Abr. 1996.

- CARVALHO, W. L. P., MARTINS, J. Elementos históricos: ciência - sociedade - governo no Brasil. In: NARDI, R. (org.) *Pesquisas em ensino de Física*. São Paulo: Escritura, 1998. p. 139-152.
- CLEMENT, J. Students' preconceptions introductory mechanics. *American Journal of Physics*, v. 50, n.1, jan. 1982.
- COHEN, I. Bernard. *O Nascimento de uma nova física*. Lisboa: Gradiva, 1988. (trad. Maria Alice Costa do original inglês: The birth of a new physics)
- COSTA RIBEIRO, J. A Física no Brasil. In: AZEVEDO, F. (org.). *As ciências no Brasil*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. v.1. p.191-231.
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.18, n.3, p. 263-277, dez. 2001.
- CUNHA, A. L.; CALDAS, H. Modos de raciocínio baseados na teoria do Ímpetus: um estudo com estudantes e professores do ensino fundamental e médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.1, mar. 2001.
- DOMINGUEZ, D. C. *A formação do conhecimento Físico: um estudo da causalidade em Jean Piaget*. Rio de Janeiro: EDUFF, 1992. 194p.
- DRIVER, R. *et al. Making sense of secondary science: research into children's ideas*. London: Routledge Falmer, 1994. (reprinted 2001)
- \_\_\_\_\_, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, v. 4, n. 1, p.3-15, 1986.
- ELKIND, D. Conservation and concept formation. In: ELKIND, D.; FLAVELL, J. H. (Editors) *Studies in cognitive development: essays in honor of Jean Piaget*. Oxford University Press, 1969. p.171 - 189.
- FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. A resolução de problemas em física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 6, n. 2, ago. 2001.
- FRANCO JÚNIOR, C. Os livros e a gravidade: uma queda pouco didática. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 70, n. 165, p.224-242, mai./ago.1989.
- FREIRE, P. T. C.; CARDOSO, H. B. Conceitos de Física básica em turmas de disciplinas e física moderna: análise e perspectivas. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, Águas de Lindóia. Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, São Paulo, 2002, 1 CD-ROM. [ISBN: 85-86064-01-7]
- GALILEU GALILEI. *Duas novas ciências*. 2. ed. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins; São Paulo: Nova Stella, 1988. (Tradução de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda)
- GIL-PEREZ, D.; CARASCOSA, A. Science learning as a conceptual and methodological change. *Eur. J. Sci. Educ.*, v.7, n. 3, p.231-236. 1985.
- GIL-PEREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias*, v. 4, n. 2, p.111-121, 1986.
- HEWSON, P. W.; BEETH, M. E. Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento. *Enseñanza de las ciencias*, v. 13, n. 1, p.25-35, 1995.



HEWSON, P. W.; THORLEY, R. N. The conditions of conceptual change in the classroom *Int. J. Sci. Educ.*, 1989, vol.11. p.541-553.

HOLANDA, S. B. *Raízes do Brasil*. 5. ed revisada. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1969.

KLAMMER, Joel. *An Overview of Techniques for Identifying, Acknowledging and Overcoming Alternate Conceptions in Physics Education*. Klingenstein Project 1997/98. Disponível em: [http://www.klingenstein.org/Additional\\_Resources/projects/abstracts/klammer\\_abstract.htm](http://www.klingenstein.org/Additional_Resources/projects/abstracts/klammer_abstract.htm). Acessado em 17/05/2002.

KAMII, C.; DEVRIES, R. *O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Piaget*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU, 1987.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. (Coleção: Temas básicos de educação e ensino)

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa o rei: problemas históricos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.2, p. 115-121, ago. 2000.

MCDERMOTT, L. C. Milikan Lecture 1990: What we teach and what is learned - Closing the gap. *American Journal of Physics*, v.59, n.4, p.301-315, April 1991.

MEGID NETO, J.; PACHECO, D. Pesquisas sobre o ensino de física do 2º grau no Brasil: concepções e tratamento de problemas em tese e dissertações. In: NARDI, R. (org.) *Pesquisas em ensino de Física*. São Paulo: Escritura, 1988. p. 21-36.

MENEZES, L. C. de M. Uma nova Física para o Novo Ensino Médio. *Física na Escola*. v.1, n.1, p.6-8, out. 2000.

\_\_\_\_\_, L. C. Características convergentes no ensino de ciências nos países ibero-americanos e na formação de seus professores. (p.45-58) In: MENEZES, L. C. (Org.) *Formação continuada de professores de ciências no contexto ibero-americano*. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados; São Paulo, SP: NUPES, 2001. (Coleção formação de professores)

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: ed. UFMG, 2000.383p.

\_\_\_\_\_, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v.1, n.1, abr. 1996.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de Física. *Revista de Ensino de Física*, v. 8, n.1, jun. 1986.

\_\_\_\_\_, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.22, n.1, mar. 2000.

NARDI, R. Origens e evolução da pesquisa em educação em Ciências no Brasil: uma retrospectiva histórica. In: VALE, J. M. et al. (Org.). *Escola pública e sociedade*, São Paulo: Saraiva, 2002. p. 218-236.

NEVES, M. C. D. Volta 100 years later or the state of art of Volta's battery in physics textbooks at the end of the 19<sup>th</sup> century. *Acta Scientiarum*. v. 21. n. 4. dec. 1999.

\_\_\_\_\_, M. C. D.; SAVI, A. A. A sobrevivência do Alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de física. *Ciência e Educação*, v.6, n. 1, p.11-20, jul. 2000.

OSBORNE, R.; WITTROCK, M. Learning science: a generative process. *Science Education*, v.67, n. 4, p.489-508, 1983.

PEDUZZI, S. S. Concepções alternativas em mecânica. In: PIETROCOLA, Maurício (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 53-75.

PEDUZZI, L. O. Q. Física Aristotélica: por que não considera-la no ensino da mecânica? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13, n.1, p. 48-63, abr.1996.

PEDUZZI, L. O. Q.; PEDUZZI, S. S. Sobre a resolução literal de problemas no ensino da física: exemplos em mecânica. In: PIETROCOLA, Maurício (Org.) *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 101-123.

PIAGET, J. *Para onde vai a educação?* 16.ed. Rio e Janeiro: José Olympio, 2002. (tradução de Ivette Braga)

PIERSON, A. H. *O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física*. 1997. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de ciências: a física e alguns problemas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.15, n.3, p. 308-319, dez.1998.

PINTO, F. C. F. *Filosofia da Escola Nova: do ato político ao ato pedagógico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro; Niterói: Universidade Federal Fluminense / EDUFF / PROED, 1986.

POSNER, G. J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p.211-227, 1982.

POZO, J. I. (Org.) *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998. (Tradução de Beatriz Affonso Neves)

PRADO, F.D.; HAMBURG, W. E. Estudos sobre o curso de Física da USP em São Paulo. In: NARDI, R. (org.) *Pesquisas em ensino de Física*. São Paulo: Escritura, 1988. p. 21-36.

RAMOS, E. M. F.; FERREIRA, N. C. Brinquedos e Jogos no ensino de Física. In: NARDI, R. (Org.) *Pesquisas em Ensino de Física*. São Paulo: Escrituras, 1998. p.127-138. (Educação para a Ciência)

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. 2.ed. Lisboa: Livros Horizontes, 1998.

SEGURA, D. Una premissa para el cambio conceptual: el cambio metodológico. *Enseñanza de las ciencias*, v. 9, n. 2, p.175-180, 1991.

SILVA, A. A. *Didáctica da física*. Lisboa: perspectivas centradas na natureza da evolução conceptual. Edições ASA, 1999. (Coleção Horizontes da Didáctica)

SODRÉ, N. W. *Síntese de história da cultura brasileira*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1970.

TEODORO, S. R.; NARDI, R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. In: NARDI, R. (Org.) *Educação em ciências: da pesquisa à prática docente*. São Paulo: Escrituras Editora, 2001. (Educação para a Ciência)

VALENTE, M. O. *Projecto Física: conceito de movimento, unidade 1*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1978. (no prefácio da edição portuguesa)

VIDAL, E. M. A educação científica no Ensino Médio cearense: impossibilidades e desperdícios. In: CAVALCANTE, M. M. D; NUNES, J. B. C; FARIAS, I. M. S. (Org.) *Pesquisa em educação na UECE: um caminho em construção*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002.

VIENNOT, L. *Reasoning in physics: the part of common sense*. Kluwer Academic Publisher, 2001.

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. *Revista de Ensino de Física* v.6, n.2, p.76-95,1984.

\_\_\_\_\_, A.; PACCA, J. L. A; KISHINAMI, R. I.; HOSOUME, Y. Analisando o ensino de física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. *Revista de Ensino de Física*, v.4, p. 23-51, dez. 1982.

WHITEHEAD, A. N. *Science and the modern world*. New York: Pelican Mentor Books, 1948. 212p.



# APÊNDICES

## APENDICE A

### FOTOS DA ESTRUTURA FÍSICA DA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO LICEU DO CONJUNTO CEARÁ



Figura 1 – Fachada de entrada



Figura 2 – Sala de Professores

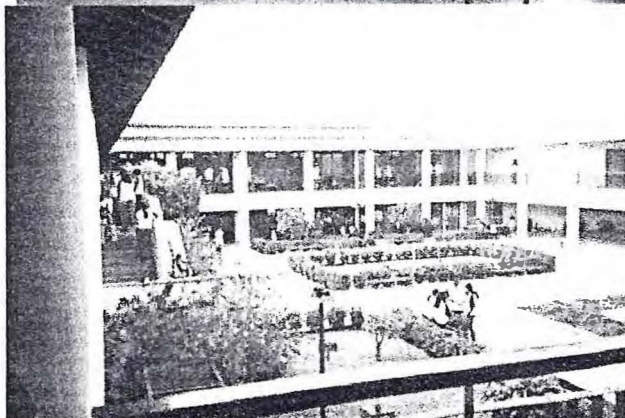


Figura 3 – Pátio da escola

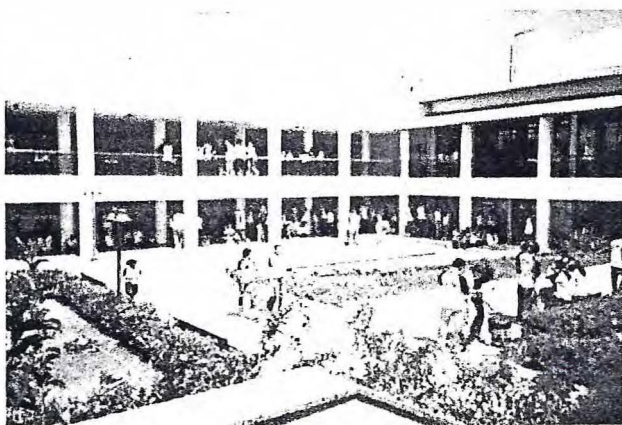


Figura 4 – Pátio da escola



Figura 5 – Biblioteca



Figura 6 – Biblioteca



# APÊNDICE B

## TRANSCRIÇÃO – ENTREVISTAS ESCOLA / COORDENADOR E PROFESSORES

Entrevista realizada em 31/10/2002 – (L) COORDENADOR PEDAGÓGICO

**Qual o projeto pedagógico da escola? Como ele funciona, e qual a interação da escola com os professores e estudantes?**

L: O projeto da escola foi feito pela comunidade da escola. Pelos segmentos que formam a escola. É a característica principal desse projeto é atender as necessidades da comunidade que a cerca. O currículo e a grade curricular da escola é voltado para isso, os projetos da escola são voltados para comunidade que cerca a gente. Isso que é uma característica bem fundamental do nosso projeto. É que tenha a cara da comunidade para que a gente resolva não na totalidade mas parcialmente os problemas da comunidade.

**Seria mais ou menos, vocês pegaram o referencial do Paulo freire?**

L: Basicamente a gente pega o referencial do Paulo Freire. A gente pega alguns outros educadores mas Paulo Freire é a base. Inclusive a avaliação e tudo isso tem a ver com esse projeto voltado para a comunidade.

**Qual é a regional que está responsável pelo Liceu? Qual é a região?**

L: 5ª Região. Regional faz parte da prefeitura. São para as escolas da prefeitura. (acho que ) Região noroeste da cidade de fortaleza

**Quantos alunos a escola atende?**

L: São cerca de 1700 alunos nos três turnos. Isso varia de turno para turno. O turno da noite é o que tem menos alunos. Acho que uma média de 500 ou 600 alunos por turno.

**Como acontecem as práticas de laboratório na área da Física? Ela é intercalada com a aula ou separada da disciplina normal? Tem a teórica e o laboratório e são separadas, são vários professores diferentes?**

L: Uma coisa que a gente se preocupa que as práticas de laboratório não só o de física mas o de química e o de biologia também, que elas sejam voltadas para as aulas teóricas, é uma reafirmação, uma confirmação das aulas teóricas. É um aprofundamento das aulas teóricas. Para isso temos nossos encontros pedagógicos no primeiro sábado de cada mês e nesse primeiro sábado de cada mês além dos professores das aulas teóricas nós também temos com os professores das práticas de laboratório. E durante esse encontro pedagógico tanto professores das aulas teóricas quanto professores dos laboratórios eles planejam tudo o que vai acontecer durante o bimestre. Durante o mês e durante o bimestre. E isso é bom porque a prática que acontece no laboratório vai estar diretamente relacionado com a matéria que o professor vai estar dando na sala de aula. Então essa é a interação. O laboratório não fica dissociado da sala de aula ele é mais um instrumento de confirmação da aprendizagem que está tendo em sala de aula.

**As vezes a gente fala, mas pode estar havendo algum embate de horário, e as aulas andam meio descompassadas entre laboratório e aulas teóricas. Isso também acontece por aqui ou está tudo funcionando direito.**

L: isso poderia existir se não tivéssemos 300h de laboratório funcionando mas nós temos. Então o laboratório vai estar aberto, com algumas exceções, as vezes quando os professores tem alguns motivos que não vem, mas com algumas exceções eles estão funcionando três turnos todos os dias. Então dá para você associar bem o andamento da sala de aula com a prática do laboratório. Era ruim se só tivéssemos um professor que viesse na segunda, na terça e na quarta, então as turmas que poderiam ser atendidas nas terças e nas quintas seriam prejudicadas mas isso não acontece.

**Então todo dia tem aula de laboratório?**

L: Com algumas exceções as vezes você pode encontrar o laboratório fechado mas geralmente isso acontece no dia que não é de prática e porque o professor está fazendo uma outra atividade da escola ou por incapacidade não pôde vim.

**As práticas acontecem no mesmo horário da aula normal ou é fora do horário, seria um outro horário?**

L: no mesmo horário. Nós tiramos geralmente duas aulas por mês de cada turma para aula de laboratório. Uma aula fica com metade da turma e a outra aula com a outra metade da turma. Geralmente é assim que a gente faz.

**O acesso dos estudantes aos livros, a biblioteca tem livros suficiente para eles ou eles tem que comprar?**

L: nós temos xerox liberada para os alunos. (..) e quando o professor não requisita xerox, temos um banco de livros na biblioteca. Temos três livros de autores diferente, mas lembro os nomes no momento. São 36 livros de cada autor. E temos outros livros para consulta. Fora isso temos nosso material didático que infelizmente não pôde ser liberado esse ano por conta de questões jurídicas, mas que provavelmente ano que vem a gente já comece com material didático que é uma apostila para cada aluno da escola.

**Será distribuição gratuita?**

L: Não é uma distribuição gratuita é um empréstimo porque o aluno recebe no início do ano e devolve no final. Não só para física, mas esse material didático será para todas as disciplinas.

**Esses livros que tem na biblioteca chegam a ser suficientes para todos os alunos?**

L: Até por que esses livros são para consulta e uso em sala de aula os alunos não podem leva-los para casa. Eles são de consulta na escola e para sala de aula. Então se você tem uma sala de aula com 50 alunos você pega 25 ou 30 livros desses

então dá para fazer pelo menos dois alunos um para cada livro. Então da pra você, deficitariamente, claro, que o ideal era um livro para cada aluno mas que pelo menos se resolve o problema em grande parte. Mas os alunos têm acesso. A biblioteca vive lotada. Se você for na biblioteca em qualquer horário você vai ver estudante lá estudando.

**Os professores que ministram aulas de ciências, eles são da área? Eles são formados ou tem gente que não é? Vamos supor, as vezes tem professores de física dando aulas de física ou aula de matemática. Como é que essas coisas se passa por aqui, vocês tem esse controle dos professores?**

L: Temos até porque como os professores são concursados, assim a gente não se preocupa, porque eles já fazem o concurso diretamente pra disciplina.

**Esse concurso ele abre só para física, só pra matemática, só pra biologia ou ele abre...?**

L: Ela abre para professor de física. Aí naquela vaga de física eles dão as alternativas dos bacharelados que a pessoa tem que ter para fazer o concurso para professor de física. Por exemplo, eu fiz para biologia, então eles abriram lá, quem for bacharel em biologia, bacharel em ciências, com licenciatura plena, bacharel em odontologia e enfermagem, então todos aqueles que têm esses bacharelados podem fazer o concurso para professor de biologia. Então quando o professor é concursado não tem problema porque ele já está na sua área. Ele pode ensinar o que a faculdade o bacharelado dele permitir. Quando é contrato temporário, nós temos alguns contatos temporários na escola, geralmente esse controle fica a cargo do CREDE 23 ou então da SEDUC, que geralmente utiliza a mesma forma do concurso, os cursos tais dão direito a ensinar tal disciplina. Geralmente quando o professor está ensinando mais de uma disciplina é porque ele é formado em ciências plena que aí dá direito de ele ensinar biologia, química e física. Mas geralmente quando ele tem uma faculdade direcionada ele ensina uma disciplina única. Geralmente aqui nós temos professores de ciências que são formados em ciências e geralmente ensinam física. Professores de biologia são formados (são bacharéis) em biologia ou em alguma faculdade ligada a essa: agronomia, medicina, odontologia, enfermagem e, de química que fazem química. Geralmente não temos um professor assim, por exemplo, que é formado em química e vai ensinar, por exemplo, geografia. Isso não existe aqui, até por que o controle do CREDE 23 e da SEDUC não permite isso.

**Tem ciências então você pode ensinar química, biologia, física e matemática. Você teria algo a mais para acrescentar a nossa conversa?**

L: Nada a acrescentar. Só dizer que nós temos uma colaboração muito grande dos nossos professores aqui muito mais do que em outras escolas. Aqui a gente diz que as vezes os professores trabalham quase de graça mesmo porque eles realmente tem uma determinação, uma vontade de trabalhar muito grande. E é isso que permite que essa escola seja hoje o que ela é.

**Realmente quando cheguei não acreditava que isso aqui era uma escola pública não. Isso aqui para mim está com a mesma cara de um colégio particular muito limpo, todos os alunos em sala de aula, como você falou. Os professores trabalhando... tudo parece que é perfeito aqui.**

L: Mas não é perfeito não. Risos tem muito problema.

#### **Entrevista realizada em 31/10/2002 – (M) PROFESSORA DE FÍSICA**

**Com relação às disciplinas de física. Em relação às atividades extras curriculares, como é que vocês trabalham? Vocês têm aula de campo, exibição de filmes, feira de ciências, laboratórios ou qualquer outra coisa?**

M: Sim. A gente trabalha muito com projetos. Aconteceu já um projeto interdisciplinar que foi um projeto sobre o meio ambiente. Esse projeto sobre o meio ambiente tentou abranger todas as disciplinas. Não só a área das ciências da natureza mas ciências humanas e códigos e linguagens. Aí desse projeto ele repercutiu tanto que foi colocado lá fora. Aí foi uma equipe de um professor e quatro alunos, que no caso foram os monitores, foram fazer esse trabalho na Argentina. Eles retornaram aí foi o trabalho. Seria um dos trabalhos. Mas sempre a gente trabalha com projetos interdisciplinar envolvendo as disciplinas. No meu caso, na minha disciplina de física, eu trabalho com relação ao conteúdo, como é que eu faço? Primeira coisa eu gosto muito de informatizar. Eu não sou daquele professor que digo tudo. Não. Eu dou mais idéias. Eu trabalho com textos. Aquele texto só informando pra instigar o aluno a dizer porque que isso está acontecendo. Depois que eu trabalho com o texto aí eu vou para a parte de experimento. Pego os meus alunos e levo para o pátio. Aí cada aluno, eu peço para eles trazer algum material, aqueles material caseiro. Que teve o último trabalho que eu fiz eu pedi para eles trazerem lupa, lente, prato, copo, objetos que eles dizem assim: Professora para que a senhora quer isso? Até a princípio eles não sabiam. Aí eu os levei para o pátio, dividi as equipes, você vai fazer isso, isso. Cada equipe. Depois foi a exposição dos trabalhos. Então, com esses experimentos eles aprenderam muito, muito. Aí quando fui dar o conteúdo já facilitou. Quando eles foram para o laboratório melhorou mais. Então eu posso dizer que o jeito que eu estou fazendo não está 100%, mas a cada dia vai aprimorando. Porque sempre, você sabe, tem os defeitos. Porque tem alunos que numa sala você percebe que foi maravilhoso, você fechou. Você vai fazer numa outra sala você... é como você, vixe!! minha aula tá horrível. E outra coisa, eu trabalho muito com cartazes eu gosto de fazer minha aula, aquelas aulas tradicional. Vamos se dizer assim, gosto de levar. Só que eu não trabalho com transparências porque transparência para mim, é, para um professor de física, é como se eu quisesse, o quê, enrolar. Eu gosto de construir o conteúdo com o aluno. Então eu vou fazendo aos poucos. Aí isso que eu faço.

**Você falou que tem essa agilidade de levar os alunos à aulas de campo. Exibição de filmes, feiras de ciências tem essas programações aqui na escola?**

M: Tem mas esse ano não houve. Esse ano foi o projeto do meio ambiente. Mas sempre tem essa questão da feira de ciências.

**Ta sempre inovando.**

M: Isso. Por que assim, cada ano tem uma proposta diferente .. de acordo com a realidade, né.



**O (L) tinha falado antes que está relacionado com a realidade da comunidade, né? A escola está voltada para a comunidade.**

M: Isso. É. Aí com isso, o projeto do meio ambiente foi bom porque não envolveu só aquela disciplina. Porque no caso, o aluno aprendeu a fazer sabão, vamos dizer assim, que isso serviu também para comunidade. Foi um trabalho que envolveu não só os alunos como a comunidade.

**Entrevista realizada em 31/10/2002 – (F) PROFESSOR DE FÍSICA**

**Professor que gentilmente a turma para aplicação dos testes.**

**Em relação ao assunto que já foi trabalhado na sala de aula dele. Que eu estava conversado com ele antes e ele tinha me falado que já tinha falado sobre esse assunto, foi isso?**

F: Foi. Eu já havia falado sobre esse assunto, queda livre, com os alunos, porém não usando a metodologia experimental. Com eles, no caso.

**Qual é a dificuldade que você me falou mais ou menos que existe entre a teoria e a prática. Como é que isso mais ou menos se apresenta?**

F: Porque no caso, sem fazer a prática, o aluno ele tem que imaginar a situação. E para a gente é fácil imaginar mas no caso do aluno é um pouco mais difícil dele imaginar o que ocorre bem como raciocinar sem ver. Só com a teoria é mais difícil dele raciocinar.

**Você já teve alguma vez contato com trabalhos envolvendo pesquisas em ensino de física?**

F: Não. Não tive contato com essa área de pesquisa em ensino de física.

**Relacionado a atividades extracurriculares, o você desenvolve com os alunos? Vamos supor, passa filmes para eles, atividades de campo, como é que é, feira de ciências, como que isso acontece?**

F: Não. Eles no caso quando há oportunidade eles vão para o laboratório, mas no caso, não sou eu que ministro o laboratório. É separado a teoria da prática. Questões de pesquisa de campo é muito difícil na área de física, para eles aqui pela aquisição de material é difícil. Tem o laboratório mas é o professor que dá o laboratório. Aí separa o negócio.

**Em relação ao material didático de física. Ele é suficiente para os alunos? E a qualidade do material disponível?**

F: O material eu considero suficiente. Ótimo não porque a gente tem sempre que buscar mais. Mas é suficiente. Não é, o que eu posso dizer assim... é poderia ser melhor poderia mas em relação ao nível que a gente tem, mesmo, tá dando para levar.

**Mas sempre que se precisa de livros tem material para os alunos?**

F: Tem. No caso da escola aqui tem.

**Você teria alguma consideração a fazer em relação às aulas, a estrutura da escola, como é que é o projeto pedagógico?**

F: Com relação a estrutura, que eu dou aula em outros colégios também do estado, comparando, aqui tem material suficiente mas nas escolas que eu trabalha não há material suficiente. Não há material. É bem mais difícil conseguir livro e aí o trabalho se torna mais complexo. Aqui na verdade chega a ser uma exceção. Na verdade a gente ver outros colégios do estado e, este vigente aqui é uma exceção, os outros é bem mais difícil e complicado de se trabalhar. Isso responde a sua pergunta? Na verdade, aqui é um apoio maior. Se você for fazer esse mesmo trabalho em outras escolas os alunos sentem até mais dificuldade, porque eles têm menos recursos, bem menos, menos apoio pedagógico. O

**O governo ..**

F: O governo nem se fala. A gente nem conta mais porque ... para ter uma esperança. Chega apenas a ser uma esperança, o governo.



# APÊNDICE C

## PRÉ-TESTE ALUNOS - MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS – RESPOSTAS<sup>1</sup>

1) Suponha que você tenha em mãos uma pena e uma pedra. Se soltar as duas da mesma altura em relação ao solo, e no mesmo instante, qual delas atinge o solo primeiro? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos.

1. A pena devido a diferença de peso
2. ... a pedra tem mais massa e muita facilidade para cair
3. A pedra por que tem mais massa.
4. Depende da massa, nesse caso quem tem mais massa é a pedra por isso ela chega primeiro ao chão.
5. A pedra tem mais volume que a pena por isso chega mais rápido e a pena oferece uma resistência maior que a pedra
6. A pedra, porque a pedra é mais pesada.
7. A pedra, pois a pedra é mais pesada do que a pena devido à força de gravidade.
8. A pedra por ser pesada. A resistência do ar impede que a pena chegue igual o ligeiramente em solo por ser leve.
9. Devido o peso da pedra ser maior, a pedra cairá primeiro que a pena.
10. A pedra atingirá primeiro porque ela é mais pesada e a pena por ser leve o vento atrapalha, ou seja, a massa da pedra é maior. (10)
11. A que tiver maior massa vai cair primeiro, pois tem maior resistência, que é a pedra.
12. N A pedra devido seu corpo ser mais pesado, porém se fosse no vácuo as duas cairiam igualmente. Como estamos na Terra, tem uma coisa que impede a pena de cair igualmente com a pedra: resistência / Resistência do ar (devido a pena ter sua superfície plana o ar tende a impedir que ela caia rapidamente)
13. A pedra atingiria o solo primeiro. Pelo seu peso, a pena demoraria chegar ao solo porque é leve. (13)
14. A pedra cai primeiro por que tem massa maior
15. ... a pedra é mais pesada e por isso ela cair com facilidade por causa da força de gravidade e a pena por ser mais leve terá dificuldade de cair. (15)
16. Quem chega primeiro é a pedra, pois sua massa é maior em relação a pena, e tem menos atrito com o ar (16)
17. A pedra. Porque a massa dos dois objetos colocados são diferentes e também por causa da lei da gravidade que permite que o que tem mais massa caia primeiro. (17)
18. Com certeza a pedra atingirá o solo primeiro. Por causa da gravidade a pena irá flutuar, assim demorando mais para atingir o solo. (18)
19. A pedra, pois é mais pesada e contém mais massa
20. A pedra tem maior “peso”, e maior massa. Ele faz resistência maior, mas cai primeiro. (20)
21. N A pedra pois a pedra é mais pesada que a pena.
22. A pedra porque tem mais massa que a pena. A pena vai flutuar no ar e a pedra vai cair direto para o chão (22)
23. Com certeza a pedra cai primeiro. Porque o peso da pedra é maior. Agora se as duas tiverem o mesmo peso as duas cairiam na mesma hora.
24. A pedra, porque a pedra tem mais massa que a pena
25. A pedra cai primeiro por que tem uma quantidade de massa maior que a pena.
26. A pena, por que sua massa é menor que a da pedra.
27. A pedra cai primeiro. Pois a pedra contém mais massa
28. A pedra cai primeiro porque tem a massa maior do que a da pena
29. Depende do tamanho da pedra e pena; mas se for uma pena e uma pedra da mesma massa, a pedra atinge o solo primeiro, pois tem mais massa.
30. A pedra pois ela é mais pesada que a pena e a pena sendo mais leve o vento leva. (30)
31. Depende da massa de cada um. Mas eu acho que a pedra, pois o ponto de massa é maior que a pena
32. A pedra atingirá o solo primeiro porque possui mais massa que a pena
33. Depende da quantidade de massa. Ex: Se for muita pena e uma minúscula pedra? No caso a pena atinge o solo mais rápido.
34. A pedra. Porque a pena é mais leve por isso ela demora mais, enquanto a pedra tem o maior volume e maior densidade, por isso é que ela cai mais rápido. (34)
35. A pedra cairá primeiro! Pois a pedra tem mais força de empurrar o vento que a pena! (35)
36. Por ser mais pesada (a pedra) ela cairá primeiro
37. N (A pedra). Porque a pedra é mais pesada e obviamente chegará no chão primeiro.
38. A pedra por causa do peso que fura o ar, e a pena como é leve não cai diretamente, ela faz um trajeto conforme o vento. (38)
39. Dependendo da altura e do tamanho dos objetos é que pode ser definida alguma coisa. (39)

<sup>1</sup> A numeração à esquerda da resposta ou entre parênteses representa a indicação do aluno.

40. A pedra. A pedra tem maior massa que a pena.
41. Depende da altura e o peso da pedra e da pena
42. A pedra, porque é mais pesada.

**2) Se substituísse a pena por uma folha de papel e a pedra por um caderno, soltando os dois da mesma altura e no mesmo instante, ainda confirmaria a sua previsão? Justifique sua resposta. Ilustre o seu raciocínio através de desenhos**

1. Sim. Ainda devido a diferença de peso.
2. O caderno que ele é mais pesado e a folha não.
3. Sim o caderno cai primeiro
4. Continua a mesma coisa pois a pena foi trocada pela folha que tem a mesma quantidade de massa, a pedra e o caderno também. Concluo que o caderno chega primeiro.
5. O papel tem volume menor e o ar exerce uma resistência maior nele. O caderno tem uma massa maior e fura a resistência do ar. (5)
6. Sim, porque o caderno é pesado.
7. Sim, por causa da força de gravidade. (7)
8. Acho que eles caem iguais, com a pena o ar impede que ela chegue junto com a pedra. (8)
9. Com certeza, pois o caderno também tem mais peso.
10. Se a pedra for pequena, o caderno por ser mais pesado cairá primeiro, e a folha também.
11. Sim, pois como a folha tem pouca resistência, ela vai ficar pelo ar e vai custar a chegar ao solo, já o caderno vai tipo, abrindo o caminho (ar) e chega mais rápido. (11)
12. N Sim. Porque a folha como eu já disse na questão 1 tem sua superfície plana enquanto o caderno tem maior massa facilitando com que o ar se afaste e com que o mesmo caia mais rápido. A folha fica fazendo um estilo de zig-zag enquanto o caderno cai mais rápido.
13. Sim a folha de papel é tão leve quanto uma pena e o caderno cairia como uma pedra. (13)
14. Sim, porque o caderno, assim como a pedra tem massa maior.
15. O caderno cairá primeiro do que a folha por que o caderno é bem mais pesado do que a folha. Por que pelo fato da folha ser leve flutuaria e depois que cairia.
16. Sim. O caderno chega primeiro. Apesar de ser grande como a folha, o caderno tem mais massa.
17. O caderno. Porque como a primeira questão a massa é diferente, então o que tem mais massa cai primeiro.
18. Continuo pensando que o que tem mais massa atinge o solo primeiro, no caso: o caderno.
19. Sim, pois o caderno também é mais pesado e possui mais massa. (19)
20. Sim, o caderno e a folha vai exercer a mesma resistência, mas o caderno por ter maior peso.
21. N Sim pois o caderno tem mais folhas e isso faz com que ele cai mais rapidamente.
22. O caderno porque possui mais massa e volume. (22)
23. A força do ar puxa para cima (a folha) é leve. Já o caderno tem um peso maior e a força da gravidade é maior (pelo peso)
24. Não porque eu acho que os dois têm a mesma massa. (24)
25. Sim porque a massa do caderno é maior que a da folha
26. Sim, porque a folha tem a massa menor que a do caderno. (26)
27. Sim, pois o caderno tem maior quantidade de massa do que a folha.
28. Sim, pois o caderno tem massa maior.
29. Depende da massa (29)
30. Sim pois o caderno ainda é mais pesado que a folha.
31. Sim. Massas iguais caem iguais. (figura) *A massa menor cai mais lenta e a maior mais rápida.*
32. Sim, porque o caderno possui mais massa que a folha de papel.
33. Sim, porque eu acho que depende da quantidade de massa.
34. O caderno, pois o volume da folha é menor. (34)
35. Sim! e continuaria com o mesmo raciocínio. (35)
36. Pelo fato do caderno ser mais pesado ele cairá primeiro.
37. N O caderno chegaria primeiro porque é mais denso.
38. Sim, porque o caderno é composto por vários papéis.
39. Se a folha for de "40kg" ela atingiria primeiro o chão. (39)
40. Sim. O caderno é mais pesado que o papel.
41. O caderno cai primeiro porque o caderno pesa mais do que a folha.
42. O cadernos cairia, por causa da massa da folha de papel.

**3) Imagine que tenha em mãos duas folhas de papel iguais. Em seguida uma delas é amassada formando uma bola. Segurando as duas folhas, a amassada e a não amassada em cada uma das mãos, e soltando-as em seguida da mesma altura e no mesmo instante, qual delas atinge o solo primeiro? Justifique sua resposta. Ilustre seu raciocínio através de desenhos.**

1. A folha amassada. Pelo fato de está amassada se torna mais pesada.
2. A folha amassada
3. O papel amassado porque ele fica com mais massa



4. A folha de papel amassada chega primeiro, pois tem menos atrito com o ar. (4)
5. Os dois não vão chegar juntos porque aumentou-se o volume de um dos papéis. (5)
6. Foi a folha amassada
7. A folha de papel amassado, pois tem mais peso.
8. A amassada, pois se torna um corpo nela. (8)
9. A folha amassada. Pois o seu peso é maior.
10. ()
11. A amassada, pois ela adquiriria mais massa, pois os espaços foram ocupados por ar. (11)
12. ☒ A que está amassada, porque sua massa ficaria maior e ela afastaria ..., enquanto a não-amassada demoraria mais.
13. A folha amassada por que tem menos atrito com o ar.
14. A folha amassada.
15. A folha amassada por que amassada fica mais pesada.
16. A bola de papel chega primeiro, porque ela é menor e tem menos atrito com o ar.
17. A amassada por que quando a folha foi amassada ficou com um pouco mais de força então a gravidade dela vai maior (17)
18. A amassada atingirá o solo primeiro, por que a gravidade não poderá agir sobre ela. (18)
19. Com certeza a folha amassada chegará mais rápido ao solo.
20. A folha inteira vai exercer uma maior resistência do que a amassada. Logo a amassada cai primeiro. (20)
21. ☒ A folha amassada, pois exerce maior resistência.
22. O papel amassado cairia mais rápido porque no momento que ele é amassado ele possuía mais volume que o papel que não está amassado. (22)
23. A bola cai primeiro por causa do peso.
24. A amassada por que ela tem maior volume. (24)
25. O papel está amassado. O ar vira diminuir a velocidade do papel não amassado. (25)
26. A folha amassada, por causa do ar. (26)
27. A folha amassada. Por causa do ar.
28. A folha amassada cai primeiro, por causa da resistência do ar. (28)
29. A folha amassada cai direto e a folha vai caindo alternando a altura. (29)
30. O papel amassado. Pois ela, apesar de ser igual a outra ganha-se mais massa.
31. A folha amassada. A folha não amassada cairá "voando" "cortando o ar". A folha amassada cai direto, não pela massa (massas =) mas pela forma em que ela se encontra. (31)
32. A folha amassada cairá primeiro porque encontrará menos resistência do ar.
33. Eu acho, não sei porque o papel amassado chega mais rápido.
34. A amassada, pois ela tem mais velocidade do que a outra. (34)
35. A folha amassada atingirá o solo primeiro, pois quando amassada a folha terá mais chance de perfurar o ar. (35)
36. A folha amassada por ser mais pesada cairá primeiro.
37. ☒ A amassada por que como a folha está feita uma bolinha o vento não irá impedir na sua descida.
38. A amassada, por que quando ela foi amassada ela ganhou mais massa. (38)
39. A folha amassada por que ela tem mais volume. (39)
40. A folha amassada. Com sua forma de bola ela consegue mais facilmente ultrapassar a resistência gravitacional. (40)
41. A folha amassada cai primeiramente
42. A amassada por que mesmo tendo quantidades iguais, a amassada continua com mais massa. (42)

**4) Se pegasse uma folha de papel e a colocasse sobre seu caderno (veja a figura ao lado), e em seguida, soltasse os dois da mesma altura e no mesmo instante, qual deles levariam menor tempo para atingir o solo? Justifique sua resposta. Ilustre seu raciocínio através de desenhos.**



1. A folha de papel. Ao cáirem juntos a folha por ser mais leve do que o caderno ao cair perderia a resistência. (1)
2. ()
3. O papel por que ele ficaria levitado um pouco. (3)
4. Chegariam juntos, pois não tem ar entre a folha e o papel. (4)
5. O caderno (ou a folha?) chega primeiro porque ele não está aplicando força no caderno.
6. ()
7. Vão chegar junto ao solo, quase perto.
8. Nenhuma, eles caem juntos
9. Creio que as duas cairia no mesmo instante ou talvez o caderno chegaria primeiro. (9)
10. ()
11. Nenhum, eles chegariam ao mesmo tempo, pois o caderno como tem maior resistência ia abrindo caminho e a folha ia acompanhar. (11)
12. ☒ As duas, pois o caderno afastaria o ar e a folha em cima dele cairia também.
13. Os dois chegam juntos ao solo.
14. Os dois caem juntos.
15. A folha pelo fato dela ser mais leve que o caderno. (15)
16. Chegam juntos. Pois não tem ar entre a folha e o papel (ou o caderno?) (16)



17. Os dois porque a força **que** derrubava o caderno derrubava a folha também. (17)
18. O caderno
19. O caderno por ser mais pesado. (19)
20. Chegariam juntas. Por que o ar não exerce nenhuma resistência a folha **que** tá sobre o caderno. O **que** tá embaixo chega primeiro. (20)
21. N Ambos cairiam juntos, pois o ar não está em contato com a folha.
22. Os dois cairiam iguais mais e o caderno **porque** ele está embaixo. (22)
23. O **que** ta embaixo, ou seja o caderno tem a força da gravidade já a folha não está em cima do caderno. Então o caderno com certeza cairia primeiro. (23)
24. O caderno. Porque o caderno não ia parar muito no ar, e a folha ia ficar flutuando. (24)
25. Chegaria o caderno primeiro.
26. O caderno **porque** sua massa é maior. (26)
27. O caderno cai primeiro, pois o caderno está sob a folha. (27)
28. Caem iguais, não há resistência do ar. (28)
29. A folha, pois é menos pesada. Pois quanto mais leve mais devagar cai. (29)
30. O caderno, pois como a folha está em cima do caderno, o vento vai leva-lo. (30)
31. Cairiam iguais. Não teria nenhuma força atuando para baixo da folha. Só por baixo do caderno. (ver diagramas de forças desenhado pelo aluno) (31)
32. O caderno chegaria primeiro. É como se o caderno ‘furasse’ o ar assim chegaria primeiro ao solo e a folha logo em seguida **porque** não encontraria resistência do ar. (32)
33. Os dois caem ao mesmo tempo.
34. Todos atingiram o solo no mesmo instante, pois todos tem a mesma intensidade e volume. (34)
35. Os dois cairiam no mesmo instante, pois sendo a folha colocada sobre o caderno terá espaço livre para passar no ar. (35)
36. O caderno cairá primeiro. A folha por ser mais leve terá menos força de gravidade. E demora mais tempo para chegar o chão. (36)
37. N O caderno por que o caderno é mais denso.
38. Os dois a folha está apoiada no caderno e o caderno vai furando o ar e a folha não sofre nenhuma alteração. (38)
39. O caderno porque a folha encosta no chão ela permanece em cima do caderno. (39)
40. O caderno. Por ter maior massa, consegue vencer a resistência do ar. (40)
41. Caem diferente porque o caderno caem mais rápido porque a massa é maior. (41)
42. O papel, **porque** ele é mais leve. (42)

**5) Se colocasse agora a folha de papel embaixo do caderno e depois os soltassem juntos de certa altura, qual deles levariam menor tempo para alcançar o solo? Ilustre seu raciocínio através de desenhos.**

1. O caderno cai primeiro. A folha chegaria primeiro, pois o caderno ofereceria mais peso a folha e pressionaria. (1)
2. Os dois **porque** estão juntos um do outro. (2)
3. O papel chegaria primeiro por pouco instantes
4. chegam no mesmo tempo, pois não há gravidade (?) contra a folha (4)
5. para mim a folha chega primeiro
6. ( )
7. Certamente o caderno vai chegar primeiro. O caderno com o seu peso vai ultrapassar o papel. (7)
8. a folha
9. Cairiam no mesmo instante.
10. ( )
11. ( )
12. N A debaixo demoraria mais
13. Chegam no mesmo tempo.
14. Os dois caem juntos
15. O caderno por ele ser mais pesado. (15)
16. Os dois chegam no mesmo tempo.
17. Os dois. O peso do caderno derruba a folha também. (17)
18. A folha
19. Acho **que** a folha por está em baixo. (19)
20. A mesma da quarta questão.
21. N Ambos chegariam iguais ao solo, pois a pressão do ar que vem debaixo para cima faz com que a folha **fique** em contato com o caderno.
22. A folha de papel.
23. O peso do caderno ia ficar todo na folha. (23)
24. A folha de papel, porque ela ia como se colasse no caderno. (24)
25. Chegariam os dois juntos.
26. Os dois levam o mesmo tempo.
27. Todos os dois levam o mesmo tempo, caem iguais. Pois o caderno está sobre a folha e seu peso é maior. (27)
28. Caem juntos.

29. Cairiam juntos.
30. A folha, pois o caderno em cima da folha vai contra a gravidade e o vento não consegue levar a folha. (30)
31. Cairiam iguais até porque a massa do caderno é maior. Por isso “carrega a folha”. (31)
32. A folha de papel, ela chegaria primeiro ao solo porque seria ela que “furaria” o ar para o caderno poder chegar ao solo. (32)
33. Caem ao mesmo tempo.
34. A que quebrasse menos barreiras. (34)
35. Os dois cairiam no mesmo instante, pois se a folha foi colocada embaixo do caderno terá a força do caderno para perfurar o ar. (35)
36. O caderno exerceria peso em cima da folha e pelo fato da folha está em baixo do caderno cairia primeiro. (36)
37. Ñ Os dois chegariam juntos por o caderno estaria em cima da folha.
38. Os dois, porque o caderno iria empurrar a folha e eles chegariam juntos. (38)
39. O caderno porque ele não iria encostar no chão (dependendo do tamanho da folha) (39)
40. A folha. Pois seria empurrada pelo caderno. E assim chegaria primeiro ao solo. (40)
41. O caderno faz que a folha seja empurrada para baixo. (41)
42. Cairiam juntos.

# APÊNDICE D

## PÓS-TESTE ALUNOS - MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE DOS CORPOS – RESPOSTAS<sup>1</sup>

1) Segurando uma folha de papel e um caderno, um em cada mão e a mesma altura em relação ao solo, solte ambos no mesmo instante e observe qual deles atinge o solo primeiro. Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento? Ilustre sua resposta através de desenhos.

1. O caderno porque em maior quantidade de massa, e vence a resistência com mais facilidade. (1)
2. O caderno porque ele tem mais peso e a folha não porque a folha ela é mais leve ela tem menos peso. (2)
3. O caderno, por além de ter mais massa ele também vence a resistência do ar mais fácil.
4. O caderno cai primeiro, pois ele é mais pesado, ou seja, tem mais massa.
5. O caderno, porque o caderno tem mais massa.
6. O caderno. É porque o caderno contém mais massa.
7. O caderno, porque é mais pesado (tem mais massa) do que a folha que vai cair em zig zag até o chão. É o caso do peso, todos dois podiam ter até a mesma área mais o caderno é mais pesado, que ganha mais velocidade conforme a altura. (7)
8. O caderno, por ter mais massa, vencendo logo a resistência do ar.
9. O caderno, devido o seu peso ser maior que o papel, ou seja, o caderno tem mais massa.
10. O caderno chegará primeiro ele possui mais massa e claro mais peso.
11. O caderno chegou primeiro, pois a massa dele é maior e quebra mais fácil a resistência do ar. Já a folha tem menos massa e não quebra com facilidade a resistência do ar. (11)
12. ()
13. ☒ Quem chega primeiro é o caderno, porque é o mais pesado.
14. O caderno, porque tem mais massa.
15. O caderno por causa da resistência do ar. (15)
16. Quem chega primeiro é o caderno, porque seu nº de massa que é maior e isso ajuda a ter menos atrito com o ar. (16)
17. O caderno porque tem mais massa.
18. O caderno, por que é mais pesado e vence a resistência do ar.
19. O caderno por que tem mais massa.
20. ()
21. ()
22. ☒ O caderno Porque possui maior massa que o papel.
23. Caderno. Porque tem mais massa e vence a resistência do ar.
24. O caderno, porque ele é mais pesado e tem maior volume. (24)
25. O caderno. Porque tem a massa maior que a da folha de papel.
26. O caderno, porque tem maior massa.
27. O caderno, porque tem mais massa.
28. O caderno, por que tem massa maior.
29. O caderno, pois a massa dele é maior.
30. O caderno pois tem mais massa.
31. O caderno porque é mais pesado (tem mais massa)
32. O caderno; porque tem mais massa.
33. O caderno cai primeiro porque sua quantidade em massa é maior.
34. O caderno, porque tem mais massa.
35. Eu observei que sempre cai primeiro é o que tem mais massa então nesse caso é o caderno. E a folha cai ? pelo fato dela tem menos massa.
36. O caderno caiu primeiro porque tem mais massa. Quanto maior a massa, maior a queda. (36)
37. ()
38. ☒ Caderno, porque ele tem mais massa.
39. ()
40. Caderno. Porque tem maior massa.
41. O caderno porque tem mais massa do que o papel. (41)
42. Caderno, porque tem mais massa.

<sup>1</sup> A numeração à esquerda da resposta ou entre parênteses representa a indicação do aluno.



2) Você tem em mãos duas folhas de papel de mesmo tamanho. Amasse uma delas formando uma bola. Em seguida, segurando as duas folhas a mesma altura em relação ao solo (a amassada e a não amassada, uma em cada mão), solte-as e observe quem atinge o solo primeiro. Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento? Ilustre sua resposta através de desenhos.

1. A folha amassada, pois tem mais facilidade de penetrar o ar, e não encontra muita resistência, por ser menor, e a folha que não está amassada encontra uma resistência maior. (1)
2. A folha amassada porque ela pegou mais peso, mais massa.
3. O papel amassado chegará primeiro, pois ele tem mais massa.
4. O folha amassada tem menos atrito com o ar ao contrário da não amassada, por isso ela a amassada chega primeiro. (4)
5. A amassada, porque ela tem mais massa e por causa da resistência. (5)
6. É a bola de papel, por que quando nós amassamos a folha de papel vai conter mais massa.
7. A amassada vai chegar primeiro ao solo, porque a amassada não vai ter muito atrito com a gravidade. A amassada por ser amassada não vai ter mais massa do que a outra. A *folha* grande vai ter mais atrito com a gravidade por isso vai cair por último.
8. A bola de papel, pois cria corpo e além da massa do papel, conta com a massa de ar que se cria ao amassar da folha. (8)
9. A folha amassada chegará primeiro, pois quando a folha é amassada apesar do seu peso aumentar o ar também ajuda a dar mais resistência a folha amassada, tornando-a com mais peso. (9)
10. A bola de papel chegará primeiro por ter ar nos espaços fechados. (10)
11. A amassada pois ao amassarmos entra uma certa quantidade de ar e a amassada quebra a resistência do ar com facilidade, já a folha vai ter menos resistência. Quanto maior a área de resistência, maior a resistência. (11)
12. ( )
13. A folha amassada chega primeiro ao solo porque tem menos atrito com o ar. (13)
14. A folha amassada.
15. A folha amassada. A mesma justificativa.
16. A bola de papel chega primeiro, por que ela tem menos atrito com o ar por ser menor. Ex: Dobre a outra folha 3 vezes, e as solte, as suas chegarão ao mesmo tempo, porque ela fica menor e tem menos atrito com o ar. (16)
17. A amassada. Porque o ar permite que a não amassada flutue e a amassada caia com velocidade. (17)
18. O papel amassado, a massa dele aumenta, mais ao amassar a folha ficará uma quantidade de ar na folha.
19. O folha amassada, por que tem mais facilidade de penetrar o ar.
20. ( )
21. ( )
22. A folha amassada, porque quando a folha estiver amassada permite que ela vença o ar. (22)
23. A bola de papel, ele vence a resistência do ar, ou seja em alguns caso não influencia muito a massa, mas sim a resistência. (23)
24. A amassada. Porque quando ela fica amassada ela tem mais massa.
25. O papel amassado. Porque quando o papel é amassado ele ganha um volume maior por causa do ar. (25)
26. A folha amassada.
27. A folha amassada. Porque a área da superfície da folha amassada é menor. E por isso não precisa de tanta força. (27)
28. A folha amassada cai primeiro, porque a área da superfície da folha amassada é menor. (28)
29. O papel amassado cai mais rápido ao chão pois sua quantidade de massa é maior. (29)
30. A folha amassada, pois ela tem mais facilidade de penetrar no ar. (30)
31. A folha amassada. Pela força gravitacional. Ela consegue abrir espaço no ar mais fácil que a folha c/ maior superfície. (31)
32. O papel amassado; porque tem mais facilidade de penetrar o ar. (32)
33. O papel amassado chegaria mais rápido talvez por causa da força gravitacional. Ela consegue abrir espaço no ar mais fácil que a folha com maior superfície.
34. A folha amassada, porque ela tem mais resistência e facilidade de cair.
35. A folha amassada cai primeiro por que além dela ter a massa tem agora também o ar que estar preso na folha. A folha de papel que não está amassada tem mais dificuldade de cair, por que ela cai em total declínio. (35)
36. Pelo fato de ela estar amassada, ela terá mais facilidade de penetrar o ar. (36)
37. ( )
38. A folha amassada, porque ele tem mais facilidade de furar o ar (penetrar), chegando primeiro ao solo. (38)
39. ( )
40. A folha amassada chega primeiro. Porque a folha não amassada tem maior área assim permite que a resistência atue mais livremente sobre seu corpo. (40)
41. A folha amassada chega primeira pois penetra no ar e também pela gravidade uma folha amassada e não amassada a pouca massa diferenciada. (41)
42. A amassada.

3) Coloque a folha de papel não amassada sobre seu caderno, e depois solte-os juntos da mesma altura e no mesmo instante. Qual deles atinge o solo primeiro? . Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento? Ilustre sua resposta através de desenhos.

1. Cairão juntos. O caderno agre um espaço no ar, e elimina temporariamente a resistência. (1)

2. Cai junto por causa da resistência do ar.
3. Os dois caem no mesmo instante, pois o caderno abre espaço para o papel. (3)
4. Os dois chegam juntos, mas o caderno é que tem todo o “trabalho”, pois ele tipo abre a passagem. (4)
5. Os dois caem juntos. O caderno fura o ar abrindo espaço para a folha parar.
6. O caderno e a folha não amassada cai junto. É porque o caderno vai furando o ar.
7. Todos dois vão cair no mesmo instante, pois o caderno vai furar o ar vai abrir caminho para a folha de papel. (o caderno vai furar o ar)
8. Cai junto por que o caderno abre espaço no ar fazendo com que eles caiam juntos.
9. No experimento notei que os dois caem juntos, porque a força tira temporariamente o ar. (9)
10. Os dois chegará ao mesmo tempo.
11. Todos dois chegaram ao mesmo tempo. O caderno por quebra a resistência do ar, vai tipo furando o ar e a folha de carona. (11)
12. ( )
13. Os dois chegam juntos o caderno abre um espaço no ar.
14. Caem juntos, porque o caderno “abre caminho”.
15. Os dois, pois a folha colocada em cima do caderno cairá junto, pois o caderno tem mais força para furar o ar. (15)
16. Eles caem juntos porque o caderno “abre espaço” no ar. Para a folha e o caderno “passarem”. (16)
17. Elas caem juntas porque o ar elimina as forças e a massa. (17)
18. Os dois cairão juntos, o caderno abrirá espaço no ar.
19. Os dois cai junto, pois o caderno vai abrindo o ar para facilita a queda dos objetos. O caderno elimina temporariamente o ar. (19)
20. ( )
21. ( )
22. Os dois caem juntos, por que o caderno que está embaixo abrirá o ar para o papel.
23. O caderno. O caderno eliminou o ar por alguns instantes furando etc.. (23)
24. Os dois porque cai junto, e o caderno vai como se fosse furando o ar.
25. Cai os dois juntos. Porque o caderno tira o ar para não atuar sobre a folha. (25)
26. Os dois caem juntos, porque o caderno abre caminho para a folha cair, e assim impede que a resistência do ar atue sobre ela. (26)
27. Caem juntos. Porque a área do caderno é maior e vai abrindo o ar. (27)
28. Caem juntas, a área do caderno é maior, enquanto ele está caindo vai abrindo o ar.
29. Caem juntas, o caderno abri espaço para a folha que estava sobre ele.
30. Os dois, pois a medida em que o caderno vai caindo, a gravidade vai fazendo força e a folha chega junto ao caderno. (30)
31. Caem juntas. O caderno abre espaço para a folha que estava sobre ele.
32. Os dois caem juntos;o caderno ‘elimina’ temporariamente a resistência do ar, com isso a folha não encontra nenhuma resistência. (32)
33. Caem juntos, o caderno abre espaço para a folha que estava sobre ele.
34. Os dois caem juntos. Porque o caderno vai contando o ar e assim faz com que os dois cheguem juntos. (34)
35. Os dois caem juntos por que o caderno retirar até tempo de queda. (35)
36. O caderno abriu um espaço no ar, portanto a folha cai junto com ele.
37. ( )
38. Os dois porque o caderno vai abrindo o ar e a folha pega carona. (38)
39. ( )
40. Os dois caem juntos. O caderno vai abrindo espaço e leva junto papel. (40)
41. A folha amassada e o caderno cai juntos o caderno eliminou o ar abrindo caminho no ar furando o ar. (41)
42. O caderno, por causa da eliminação de ar. (42)

**4) Realize o experimento anterior colocando agora a folha de papel embaixo do caderno. Mais uma vez, quem chegará primeiro? Escreva com suas palavras o que observou e qual (ais) sua (s) justificativa(s) para o resultado do experimento? Ilustre sua resposta através de desenhos.**

1. Os dois chegam juntos devido o caderno ser mais pesado ele empurra a folha, então a folha vence com mais facilidade o atrito. (1)
2. Os dois caem pela resistência do ar. (2)
3. A bola de papel, pois cria massa do corpo e também a massa do ar, que se cria ao amassar o papel. (3)
4. Os dois chegam juntos, pois o caderno exerce força sobre a folha. (4)
5. Os dois caem juntos porque o caderno é pesado e a resistência da folha em relação ao ar é pequena. (5)
6. Os dois cai junto.
7. Os dois vão chegar juntos, porque o caderno mesmo estando em cima vai furar a massa e a folha vai chegar mesmo assim a folha irá cair primeiro por estar embaixo do caderno. O caderno vai abrir caminho mesmo a folha estando embaixo vai ser um peso insignificante para o caderno conduzi-lo até embaixo. (7)
8. Juntos por causa do peso do caderno sobre a folha. (8)
9. Novamente os dois vão cair juntos, devido o peso do caderno ser alterado; como a folha está junto do caderno ela acompanha a força da gravidade. (9)

10. Os dois também chegará ao mesmo tempo.
11. Os dois, o caderno coloca uma força que ajuda a folha vencer o atrito mais facilmente. (11)
12. ( )
13. Os dois chegam juntos porque o caderno exerce uma força na folha.
14. ( )
15. Os dois, só que agora a folha terá o peso do caderno para furar o ar. (15)
16. Novamente chegam juntos porque o caderno como é mais pesado exerce força na folha. (16)
17. Os dois caem juntos por causa da resistência. (17)
18. Novamente os dois chegarão primeiro.
19. Os dois chegam ao solo no mesmo tempo.
20. ( )
21. ( )
22. Os dois juntos, porque vai soltado de uma altura baixa, assim o caderno abrirá o espaço isso mesmo acontece na 3ª questão. (22)
23. Os dois. Porque o peso do caderno fica em cima da folha vencendo a resistência do ar. (23)
24. Os dois chegam ao mesmo tempo, porque o caderno vai furando o ar. (24)
25. Os dois chegam juntos. Porque o caderno tem uma massa maior e vai levar a folha junto com ele. (25)
26. Os dois caem juntos, porque o caderno quebra com mais facilidade a resistência. (26)
27. Caem juntos. Porque o peso do caderno está sobre a folha então eles caem juntos. (27)
28. Caem juntas, porque não há resistência do ar entre os dois, logo eles vem cair juntas. (28)
29. Juntas, a massa do caderno é bem maior que a da folha e por isso ajuda a baixá-la mais rápido. (29)
30. Os dois, pois como a folha está debaixo do caderno e ele tem mais massa, e faz força na folha. (30)
31. Juntos, a massa do caderno é bem maior que a da folha, e por isso ajuda a baixa-la mais rápido. (31)
32. Os dois caem juntos; o caderno exerce o peso dele sobre a folha, assim ela encontra menos resistência do ar. (32)
33. Juntos, a massa do caderno é bem maior que a da folha e por isso ajuda a baixa-la mais rápido. (33)
34. Os dois. Porque o caderno bota força em cima da folha. E sua densidade se torna mais favorável. (34)
35. Os dois caem juntos por causa da massa e a resistência também e por causa da altura que bastante baixa. (35)
36. O caderno pelo fato de ser pesado, coloca peso em cima da folha fazendo com que ele caia igual. (36)
37. ( )
38. Os dois, é a mesma coisa da questão anterior, o caderno agora empurra a folha ajudando-a a furar o ar. (38)
39. ( )
40. Os dois chegam juntos. Por que foi soltado de uma pequena altura. Assim o caderno empurra a folha. (40)
41. Os dois caem juntos e atingem o solo no mesmo tempo porque o papel fura o ar. Há penetração sobre o ar. (41)
42. De uma vez.



# APÊNDICE E

## TRANSCRIÇÃO – ENTREVISTAS ESCOLA / ALUNOS

(Entrevistas realizadas em 21/11/2002)

ALUNA: A. N. (8)

**Em relação a aula que foi dada qual sua opinião? Aprende mais, aprende menos, o que foi que essa aula trouxe de novo para você?**

A. N.: Bom. Assim na aula foi uma forma divertida e também eu aprendi e uma forma de a gente praticar o que o professor dá, não é só aquela coisa de escrever no quadro, explicar e fazer dever. Você pratica o que você deu. A gente praticou então eu achei muito legal, muito divertido. Acho que a gente aprende. Pelo menos eu aprendi alguma coisa.

**Voltando ao pós-teste, no qual fizemos a discussão dos experimentos. Em relação a primeira pergunta, queria que você comentasse agora sobre esse experimento. O que foi que você observou e quais suas justificativas?**

A. N.: Você vê que o caderno cairá primeiro porque ele, como é que se diz ... ele cai primeiro assim, ele coisa a resistência do ar.

**Ele vence a resistência do ar?**

A. N.: É. Exatamente. Ele vence a resistência do ar. Então porque também possui um corpo [o caderno] .... mais corpo do que uma folha.

**Mais corpo que você está se referindo é o peso ou a massa?**

A. N.: massa

**[sim. Faz o sinal balançando a cabeça]**

**E agora na situação seguinte [segunda questão]**

A. N.: Aqui no caso seria a que foi amassada porque ela, na hora que a gente amassou ela .... ela cria um corpo com a massa né, e por ser do mesmo jeito da outra, mas mesmo assim ela cai primeiro.

**Mas você acha que quando amassa a folha de papel ela fica mais pesada?**

A. N.: Fica, porque ao amassar a gente vê o ar né, que fica por dentro.

**Mas você acha que esse ar, a massa acrescida desse ar, vai influenciar no experimento?**

A. N.: vai.

**Você lembra que na sala de aula a gente falou sobre a massa do ar? Você lembra a discussão que eu fiz? Essa massa era tão pequenininha, tão pequenininha, tão pequenininha que praticamente ...**

A. N.: Sei. Eu lembro.

**Mas isso você acredita? Você acha que ... Você não é obrigado a acreditar em mim. Você mantém ainda essa concepção que a massa ...**

A. N.: É. Eu acho que sim. Que ela cria o ar dentro dela.

**Nesse mesmo experimento, então ela cai porque é mais pesada. Por que a massa de ar soma-se a do papel e cai por causa disso? Tem alguma influência da resistência do ar?**

A. N.: Acho que soma né, o ar dentro. Acho que sim.

**Terceira questão. O que foi que você observou e quais as suas justificativas?**

A. N.: Eles caem juntos. (?)

**O que é que você acha? O que é que tá relacionado massa, você falou de massa já numa situação de resistência numa outra ...**

A. N.: ( \_\_\_\_\_ )

**Me diga uma coisa, você estava prestando atenção à aula nesse dia, não?**

A. N.: Mais ou menos

**A massa do caderno em relação à massa do papel tem alguma coisa a ver com isso?**

A. N.: Não. Acho que pro caderno cair primeiro ele vence a resistência do ar e a folha, vamos dizer assim se aproveitava. Ela caía junto porque se aproveitava com ele.

**Questão quatro. Como você explicaria esta situação?**

A. N.: Acho que juntos também né.

**Porque? Você ainda lembra?**

A. N.: Não ... pelo caderno .. não sei ... eu não lembro se a folha fugiu ...

**Você quer fazer o experimento?**

A. N.: Eu quero.

**[após feito o experimento]**

**Chega junto? Agora você consegue ...**

A. N.: Acho que a massa fica assim por cima dele e ... não faz tanto que o papel fuja. Não sei explicar direito.

**Você acha, então, que esse tempo de queda que os corpos levam, quando soldados de uma mesma altura e no mesmo tempo, para chegar, chão depende da massa do corpo?**

A. N.: muitas vezes ele depende.

**Em que situação seria possível não depender da massa do corpo?**

A. N.: não sei.

**ALUNA: B.M.G.V. (10)**

**Gostaria de saber qual sua opinião em relação à aula que foi ministrada. Quer dizer, a segunda aula. Em termos de experimento e essa coisa toda.**

B.M.G.V: Para mim não foi tão interessante quanto a primeira. Porque ninguém tava se concentrando nem deixava ninguém ouvir nada nem nada. Aí ficou ruim, tanto para mim como acho que para outras pessoas para fazer alguma coisa que não dava para prestar atenção.

**Mas alguma coisa você conseguiu aprender da aula ou não, ou ficou muito difícil de entender o que estava sendo falado?**

B.M.G.V: Não, deu para entender o que você tava tentando falar.

**Questão 1. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

B.M.G.V: Acho que o caderno cai mais ligeiro pelo peso e a força da massa.

**Você acha que é peso ou força da massa ou tem alguma coisa invertida aí?**

B.M.G.V: não, só acho isso mesmo.

**Segunda questão. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

B.M.G.V: A que está amassada por ela ter ar dentro dele.

**Então você acha que o ar dentro dela faz com que ela fique mais pesada é isso?**

B.M.G.V: Não é que ela fique mais pesada é que facilita mais a queda do que o papel neutro.

**Se eu te desse um papel amassado e uma esfera de aço que fosse menor, quem que você acharia que ...**

B.M.G.V: entre o papel e a esfera?

**Vamos supor: Na primeira situação você disse que o papel chegava mais rápido porque ele tem ar dentro dele, não é isso? Então ele parece que adquire massa, é isso, ou ele tem facilidade para cair?**

B.M.G.V: ele tem mais facilidade para cair.

**E se eu tivesse agora o papel amassado e a bolinha de aço, como seria? Quem chegaria primeiro?**

B.M.G.V: A bolinha de aço.

**[B.M.G. realiza o experimento]**

B.M.G.V: todos os dois ao mesmo tempo.

**Nessa situação os dois chegaram ao mesmo tempo, o que é você acha sobre sua resposta anterior? Você volta atrás ou não?**

B.M.G.V: Não. Volto não.

**Volta não? Mantém.**

B.M.G.V: hum hum

**Terceira questão. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

B.M.G.V: por causa da espessura do caderno tanto do peso que desce ao mesmo tempo

**Como que é?**

B.M.G.V: Por ela ser maneira (leve). Aí depende, pra mim, depende do vento. Se tiver vento a folha sairá de cima do caderno.

**Sairá? Você quer soltar soprando?**

B.M.G.V: (\_\_\_\_)

**Em nenhum momento você fala da resistência do ar. Você acha que a resistência do ar tem alguma influência nos experimentos?**

B.M.G.V: Tem, mas eu acho que é esse experimento mesmo. Pra mim, meu ponto de vista é esse mesmo.

**Durante a aula foi explicado cada situação dos experimento. Você estava prestando atenção na aula ou não?**

B.M.G.V: Não em todas.

**Ou, então, o barulho tava insuportável e você não conseguia prestar atenção sobre o que estava sendo explicado?**

B.M.G.V: Eu conseguia ter atenção só em algumas. Quando você explicava a primeira aí todo mundo prestava atenção. Quando era pra explicar a segunda já ficava na bagunça por causa da primeira. Aí do meu lado pronto. Acho que muita gente aconteceu isso aí que tirou a atenção, como teve gente que nem entregou, teve gente que deixou em branco, que eu vi gente deixando em branco. Aí fica meio difícil trabalhar na sala de aula com cinquenta alunos dentro da sala de aula pra ficar desse jeito

**Mas você acha que o tipo de aula ele é interessante, funciona, como que é ?**

B.M.G.V: Ele é interessante, ele funciona, mas só que dependeria tanto da gente como dos outros colegas porque se cooperassem seria melhor.

**Quarta questão. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento? Será que tem alguma contradição em relação às outras respostas ou não? Você mantém?**

B.M.G.V: Mantenho a mesma resposta.

**Qual seria neste caso?**

B.M.G.V: A mesma coisa é ... pelo peso do caderno embaixo da folha

**Embaixo ou em cima?**

B.M.G.V: Em Baixo né, embaixo seria melhor por que eu diria que ela soltasse ... descolasse do caderno porque ele é mais pesado.

**Você acha que esse tempo de queda depende da massa dos corpos?**

B.M.G.V: Depende.

**Será que existiria alguma situação em que o tempo de queda não depende ou o tempo sempre depende da massa dos corpos? Ou não depende? Tem uma situação em que você...**

B.M.G.V: A maioria das vezes pra mim eu acho que nem sempre depende da massa. Nem sempre depende.

**Qual seria a situação que não depende?**

B.M.G.V: A primeira [primeira questão]

**ALUNO: A.E. (2)**

**Quais a sua opinião sobre a aula que foi ministrada utilizando experimentos?**

A.E.: Achei ótimo que a gente aprendemos muita coisa sobre queda livre, sobre os corpos em relação ao solo. Achei uma aula ótima.

**Você acha que esse modelo de aula você consegue aprender mais, menos ou razoável, como que é?**

A.E.: A gente consegue. Sabemos como calcular essa queda livre.

**Durante a aula você teve alguma dificuldade em entender o que estava sendo explicado pelo professor?**

A.E.: Não.

**Você conseguiu entender? Os estudantes não estavam atrapalhando?**

A.E.: Tava não.

**Você conseguiu prestar atenção em tudo que foi ...?**

A.E.: Consegui.

**Questão 1. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

A.E.: O caderno. Porque ele tem mais peso.

**Mais peso. Mais peso do que a folha?**

A.E.: É. Porque a folha é leve ela vai cair leve-leve.

**O peso é uma força ou o peso que você está se referindo se refere a massa?**

A.E.: A massa.

**O peso que você está se referindo é a massa do caderno. É isso?**

A.E.: É. Confirmo.

**Em relação a resistência do ar, você acha que vai influenciar em alguma coisa?**

A.E.: vai.

**Questão 2. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

A.E.: A folha amassada. Que a folha amassada ela cai mais pesado. Ela é mais pesada porque você a amassou quando jogou. A folha sem ser amassada ela cai mais leve é por causa da resistência do ar.

**Você lembra que durante a aula eu falei sobre a questão da massa do ar que está entre a folha? Você prestou atenção neste momento da aula ou não?**

A.E.: Prestei.

**Mas que você acha que mesmo assim amassando a folha de papel ela fica mais pesada?**

A.E.: Fica.

**É por isso que chega primeiro? Seria isso?**

A.E.: Seria.

**Agora vamos supor o seguinte. Se eu tiver a mesma folha de papel amassada e uma esfera, se você soltar as duas, pode soltar, quem chegou primeiro?**

A.E.: Foi a folha amassada

**Tem certeza? Solte de novo.**

A.E.: Acho que dessa vez foi a esfera. Ela pegou mais peso, mais massa.

**A esfera tem mais massa do que ...**

A.E.: É, do que a folha amassada. Do que a folha amassada. Só pega mais peso se você jogar.

**Questão 3. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

A.E.: Foi os dois. Porque o caderno o caderno está em cima da folha.

**Não. Neste caso é a folha que está em cima do caderno.**

A.E.: Foi os dois que chegaram. Porque os dois têm mais massa. Aí chegam mais primeiro. Mais primeiro os dois. Por causa da resistência do ar.

**Mas os dois juntos têm mais massa? Soma os dois, não?**

A.E.: Não.

**Mas quando você se refere à resistência do ar, nesse caso, o que está relacionado a essa situação? Agora pegou, né?**

A.E.: É. Agora pegou. .... O que eu observei foi .... os dois caem primeiro por que tem mais massa, mas .... porque tem mais massa é o caderno que é mais pesado.

**E o que acontece nesse caso com a resistência do ar?**

A.E.: E agora essa aí pegou.

**Mas foi falado isso dentro da sala de aula, foi?**

A.E.: Foi.

**Mas você ou não prestou atenção ou o que ...?**



A.E.: Prestei.

**Mas você não entendeu então?**

A.E.: Foi, não entendi.

**Questão 4. Porque que os dois chegaram primeiro?**

A.E.: Ele chegou primeiro foi porque a folha ta embaixo do caderno e o caderno ta fazendo mais massa ele não deixa que a folha saia.

**Agora quando você ta dizendo que ta fazendo mais massa o que isso tá significando?**

A.E.: Mais peso.

**Qual a diferença entre peso e massa?**

A.E.: Essa me pegou.

**Não sabe qual a diferença entre peso e massa?**

A.E.: Não.

**Esse assunto não foi trabalhado com vocês em sala de aula?**

A.E.: Não.

**Peso e massa, diferença entre peso e massa?**

A.E.: Não.

**ALUNA: F.S.S.S. (27) (Lapso do entrevistador na terceira questão)**

**Em relação a aula que foi ministrada o que achou dela, qual tua opinião? Aprende mais, aprende menos, aprende nada...**

F.S.S.S.: Aprende mais. É porque tem dinâmica tem ... é ... vai mostrando como é a diferença do peso da massa da gravidade.

**Você prestou atenção a aula inteira ou teve uma hora que ficou mais dispersa ou não?**

F.S.S.S.: Prestei.

**Você acha que os alunos ajudaram na aula ou ..?**

F.S.S.S.: Ajudaram e muito

**Questão 1. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

F.S.S.S.: O caderno chegaria primeiro por causa da massa dele.

**É maior a massa dele?**

F.S.S.S.: É. É maior

**Você tem alguma referência a resistência do ar nessa situação?**

F.S.S.S.: O tamanho?

**Não, a resistência do ar em relação ao movimento dos dois?**

F.S.S.S.: Não.

**Questão 2. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

F.S.S.S.: A folha amassada ela ta com ... como é que se diz, ele ocupa menos espaço aí ela .. como é que eu posso dizer ... é ... ela chega primeiro ao solo porque ela não tá ocupando tanto espaço no ar.

**Então ela consegue vencer mais fácil o ar, é isso?**

F.S.S.S.: É. Um hum

**Só que a massa não altera dos dois. A massa é a mesma?**

F.S.S.S.: É a mesma.

**Ou é diferente?**

F.S.S.S.: É a mesma

**Questão 3. O que observou e quais suas justificativa para o resultado do experimento?**

F.S.S.S.: Os dois caíram juntos.

**Porque eles caíram juntos?**

F.S.S.S.: Porque a folha está em cima do caderno, o caderno tem mais massa então ele ...

**Vamos ver se eu consigo ajudar. O caderno tem mais massa. Na situação anterior o caderno também tinha mais massa e ele caía mais rápido do que a folha de papel lisa. Porque? Por isso que eu fiz a referência. Será que a resistência do ar tem alguma coisa a ver com isso?**

F.S.S.S.: Não sei porque ....

**A resistência do ar não influencia em nada?**

F.S.S.S.: Influencia.

**Já que influencia, vamos fazer o seguinte: nesse caso, tá certo, você tem o caderno em cima da folha de papel. A resistência do ar vai estar mais .. como é que eu digo?**

F.S.S.S.: No caderno.

**E pôr a folha o que é que acontece? Não tem resistência, tem resistência, ou diminui ou aumenta, ou fica mais ou menos, mais pra lá, mais pra cá?**

F.S.S.S.: Tem pouca resistência.

**Menos. A resistência é menor do que com o caderno ou é maior?**

F.S.S.S.: É maior, não é não?

**É maior pra folha ou pro cadernos?**

F.S.S.S.: Caderno

**Caderno é maior e pra folha?**

F.S.S.S: Menor ... é?

**Então é por isso que .... Não sei (resposta a insinuação da aluna sobre o resultado da resposta a pergunta)**  
**Na verdade, eu trabalhei tudo isso na sala de aula, não foi? Então é mais ou menos isso o que eu quero saber: o que foi que ficou dessa aula. Então se eu te falar a resposta, então não te ensinei nada, eu dei todas as respostas para eles (alunos) copiarem, então não é esse o motivo (objetivo), eu quero saber o que vocês entenderam. Entendeu? Então vamos a quarta questão.**

**Questão 4. Quem foi que chegou primeiro, por que?**

F.S.S.S: Os dois.

**Qual seria suas justificativas nessa situação agora?**

F.S.S.S: A mesma da anterior.

**Mas e agora a resistência? Quem tá sofrendo maior resistência, a folha ou o caderno?**

F.S.S.S: O caderno.

**O caderno de novo?**

F.S.S.S: Ou! a folha.

**A folha?**

F.S.S.S: É

**Porque?**

F.S.S.S: Porque ela tá na frente, mas o peso do caderno tá em cima dela.

**Ai empurra a folha para baixo...**

F.S.S.S: É

**É isso mesmo? Tem certeza?**

F.S.S.S: É

**ALUNO: J. R. L. R (ficou nervoso e desistiu da entrevista)**

**ALUNA: M.O.A. (17) (Entrevista não satisfatória. Culpa do entrevistador)**

**Sobre a aula que foi ministrada por mim... com esse modelo de aula você conseguiu aprender mais, menos ou não aprende nada? O experimento é interessante ou não é interessante, qual tua opinião em relação a isto?**

M.O.A.: Eu achei que foi bom, foi bom ..é ... aprende. Porque é uma forma de estudar só que é divertido. Como quando o senhor mandou jogar a folha e o papel junto todo mundo começava a rir porque um estudo mas foi engraçado. Foi como ... tipo de brincadeira , assim .. O pessoal se divertiu, mas foi boa a aula. Foi ótima só que no meu problema, eu sou péssima em Física e Matemática. Não tem jeito que eu faça correto.

**Você está dizendo que é péssima, mas sua intuição é boa**

M.O.A.: É. Eu quero, mas eu não consigo. Mas a aula foi boa. A gente aprende. Foi boa. Gostei.

**Em relação ao experimento, você acha que é interessante aplicar o experimento em sala de aula?**

M.O.A.: Eu acho.

**Você prestou atenção a aula inteira ou teve uma hora que ficou dispersa, como é que foi?**

M.O.A.: Foi. Eu prestei atenção assim, mas tem horas que a gente vira, a pessoa pergunta uma coisa, a gente já para de ...

**Você acha que os estudantes atrapalharam a aula?**

M.O.A.: Não. Eu acho que não. Por que eu acho que se você quer prestar atenção, eu acho que não tem zoadá que dê jeito. Eu acho que você presta atenção de todo jeito.

**Então mesmo assim você conseguiu ...?**

M.O.A.: Sim. Consegui

**Quer dizer, eu fui claro?**

M.O.A.: Foi

**Questão 1. Quem chegou primeiro, por que? Qual seria suas justificativas para isso?**

M.O.A.: A minha resposta foi a mesma que eu fiz aí no papel. É porque eu não lembro mais.

**Por isso .... qual é a tua resposta hoje? O que ficou desse experimento, o que é que você lembra? Você quer fazer de novo?**

M.O.A.: Não

**Você lembra do experimento?**

M.O.A.: Eu acho que os dois caem .... eu acho que...perai deixa eu ver aqui. Eu acho que o caderno cai primeiro.

**O que foi que você observou**

M.O.A.: Que um tem mais massa do que o outro.

**E quem que chega primeiro?**

M.O.A.: O caderno!!!!

**Mas está você dizendo que você acha?**

M.O.A.: Não. É por que eu a. .... Sei lá

**O que foi que você viu?**

M.O.A.: Não porque o senhor disse que tem muitas questões que é a massa, que é o tempo

**Não. Mas aí o que a gente quer saber é o que você entendeu.**

M.O.A.: Não . Eu acho que é a massa.

**O caderno chegou primeiro porque tem mais massa?**

M.O.A.: Porque tem mais massa.

**Vamos para segunda questão**

**Questão 2. Quem foi que chegou primeiro, por que? Qual seria suas justificativas para isso?**

M.O.A.: A amassada cai primeiro.

**A amassada cai primeiro? Porque?**

M.O.A.: Porque assim ele... as duas folhas iguais aí vai e amassa, né. Eu acho que é o ar, alguma coisa assim.

**O Ar?**

M.O.A.: O ar.

**Então, deixa ver se eu clareio. A palavra ... deixa eu ver se te ajuda... . “resistência do ar”.**

M.O.A.: Exatamente.

**Qual dos dois vence mais facilmente a resistência do ar?**

M.O.A.: Eu acho que a amassada.

**Tem certeza?**

M.O.A.: Eu acho, né. Tenho certeza.

**Questão 3. Vamos para terceira questão. Qual seria tua resposta para isso? Qual seriam suas justificativas?**

M.O.A.: A folha em cima do caderno. O caderno de novo.

**Chegaria primeiro. Mas seu eu soltasse os dois, eles chegariam juntos ou a folha bem depois? Como que é ?**

M.O.A.: Não. Acho que cai junto. Como a gente fez cai junto.

**Agora porque essa situação? A resistência do ar ta influenciando novamente?**

M.O.A.: Tá.

**Em que situação ela tá?**

M.O.A.: Eu acho que no momento que o caderno vai caindo eu acho que ele absorve o ar da folha e a folha vai junto. Eu acho.

**Ele absorve o ar? Como é? Ele chupa o ar?**

M.O.A.: Assim. Exatamente o da folha. É tanto que ela cai junto com ele.

**Ele chupa o ar? Ele Engole?**

M.O.A.: É. Eu acho porque se eu colocar uma folha assim ela vai descendo ... e já com o caderno não. Ele cai de uma vez.

**A resistência do ar, quem é que está vencendo mais fácil nessa situação?**

M.O.A.: Nessa?

**Sim.**

M.O.A.: Acho que é a folha.

**A folha?**

M.O.A.: A folha.

**Então você acha que tem ar entre o caderno e a folha? É? Então tá caindo é porque tem ar entre o caderno e a folha?**

M.O.A.: É. Eu penso assim né. Meu modo de ver.

**Quando a gente colocou a folha sozinha ela cai depois. Só que você coloca a folha em cima do caderno ela cai junto com o caderno. Mas se você ta dizendo que, a folha, ta certo, tem resistência menor em cima do caderno, ta certo, e porque que ela não tem a mesma resistência menor como ta fora do caderno?**

M.O.A.: Não sei. Eu não sei não. Eu só sei que no caso da folha em cima do caderno ela vai junta. Agora se a gente solta uma folha sozinha ela cai com menos tempo já com o caderno não. E como eu disse é tipo que o caderno é absorve ar da folha e ela.. o meu modo de pensar é esse.

**Questão 4. Quem que chega primeiro?**

M.O.A.: Se eu solto? Eu acho que os dois juntos de novo?

**Você fez o experimento?**

M.O.A.: Fiz

**Então porque você acha?**

M.O.A.: Porque o caderno é mais pesado. Eu acho assim porque o caderno é mais pesado eu vou e coloco uma folha e solto e os dois caem junto.

Porque?

M.O.A.: Porque aí já tem a massa.

**A massa de quem?**

M.O.A.: Do caderno.

**Do caderno .... a massa do caderno. O que é que essa massa faz?**

M.O.A.: Derruba a folha. Aí por isso eu acho que vai junto.

**Você sabe qual a diferença entre peso e massa?**

M.O.A.: Não.

**O professor falou sobre isso?**

M.O.A.: Fala, mas com eu disse: eu tenho dificuldade.

**A diferença entre peso e massa. Ela já falou isso dentro de sala de aula?**

M.O.A.: Já falou. Mas é porque eu sou difícil de entender. Eu não consegui ainda.



**ALUNO: N.L.G. (40)**

**Qual tua opinião em relação a aula que foi ministrada por mim? Em relação a forma dos experimentos, se é interessante? Conseguiu aprender alguma coisa ou não aprendeu nada? Quais foram as dificuldades?**

N.L.G.: A aula aumenta o aprendizado porque a gente vê na prática o que a teoria não deixa a gente perceber. Por exemplo, passa-se uma equação só que a pessoa não entende bem pra quê que aquela equação serve. Então na prática a gente vê, a gente às vezes se pergunta, pra quê que a física serve? Aí com essa aula a gente percebeu que ela também é muito interessante não é só aquela matéria chata de fazer conta.

**Tá nervoso?**

N.L.G.: Tô.

**Mas consegue responder mesmo assim, nervoso?**

N.L.G.: Consigo.

**Você conseguiu prestar atenção a aula inteira, não?**

N.L.G.: Não.

Conseguiu não. Ficou meio disperso em algum momento?

N.L.G.: Sim.

**Os alunos atrapalharam?**

N.L.G.: Não.

**Questão 1. Quem foi que chegou primeiro, por que? Qual seria suas justificativas para isso?**

N.L.G.: Eu coloquei que o caderno, ele chega primeiro ao solo por ter uma massa maior que o papel assim ele vence mais fácil a força gravitacional.

**O que é essa força gravitacional que você chama?**

N.L.G.: É o que faz a gente se manter no solo, ela empurra a gente pra baixo. Por exemplo, na lua tem pouca força gravitacional, então, os corpos, eles ficam tipo flutuando.

**A força gravitacional ela puxa como, para baixo ou para cima?**

N.L.G.: Pra Baixo.

**Mas o caderno e a folha não caem para baixo? Como é que o caderno vence mais facilmente a força gravitacional?**

**Você tá confundido isso com alguma coisa? Vou tentar facilitar. A resistência do ar, nesse experimento, tem alguma ...?**

N.L.G.: Ah, a resistência do ar. Acho que eu confundi gravidade com resistência do ar.

**Então como é que seria essa resposta para você?**

N.L.G.: Por o caderno ter a maior massa ele vence mais facilmente a resistência do ar chegando primeiro ao solo.

**Questão 2. O que você observou e qual seria suas justificativas?**

N.L.G.: Eu observei que a bola de papel amassada chega primeiro ao solo. Eu coloquei que eu achava que, pelo seu formato, a bola de papel amassada vence mais facilmente a resistência do ar.

**Nessa situação, você acha que o tempo de queda depende da massa?**

N.L.G.: Não.

**Não! Já no outro caso dependia da massa.**

N.L.G.: Dependia da massa.

**Vamos tentar então fazer uma extrapolação. Vamos supor: seria possível existir uma situação em que se eu soltasse dois corpos de qualquer formato, de qualquer massa, eles chegariam sempre ao mesmo tempo?**

N.L.G.: Existiria.

**Qual seria essa situação?**

N.L.G.: De mesmo tamanho?

**Poderia ser do mesmo tamanho, de mesma massa ou na e em qualquer local. Será que existiria alguma outra condição em que os dois chegariam ao mesmo tempo independentes do peso, do formato ou de ambos?**

N.L.G.: No vácuo, onde não existe ar, eles chegariam ao mesmo tempo.

**O que você acha que está influenciando?**

N.L.G.: A resistência do ar.

**Questão 3. O que você observou e qual seriam suas justificativas?**

N.L.G.: O caderno chega primeiro ao solo, né?

**Você colocou a folha em cima do caderno e soltou os dois. Você quer fazer de novo?**

**(N.L.G. repete o experimento)**

N.L.G.: Foi isso que eu coloquei os dois chegam juntos?

**Não sei. Por isso que eu quero saber sobre o que você lembra. Se a aula funcionou alguma coisa deve ter ficado. O importante é o que ficou da aula. Não é o que você colocou naquele momento. De repente, o que você está respondendo foi a mesma coisa, mas pode ser diferente, pode até ser melhorado.**

N.L.G.: Não, é, eles chegam juntos. Tá certo. Estou lembrado agora. Eles chegam juntos acho que eu coloquei até assim porque o caderno vai abrindo espaço e leva junto com ele a folha.

**Então a resistência do ar é mais dominante em quem? Em cima do caderno ou em cima da folha de papel?**

N.L.G.: Como assim?

**Quem está tá vencendo essa resistência do ar o caderno ou o papel?**

N.L.G.: O caderno é que tá vencendo.

**Questão 4. O que você observou e qual seria suas justificativas?**

N.L.G.: Eles chegaram juntos. O caderno por ter uma massa grande ele tá ajudando a folha a vencer a resistência do ar.

**ALUNA: T.R.S.Q. (16)**

**Em relação a aula que foi ministrada. O formato dela através de experimentos, essas coisas, qual tua opinião sobre ela? Ela funciona ou não funciona, ou não serve para nada?**

T.R.S.Q.: Funciona

**Melhora o aprendizado?**

T.R.S.Q.: Melhora. Foi melhor do que a aula do professor que ele dá normalmente por que ele só faz escrever e falar assim. Ele não fez experimento não. Todo mundo gostou da aula que você deu. Todos queriam que você voltasse, né.... o senhor viu né quando o senhor passava ... perguntavam quando é que o senhor ia voltar. Todo mundo gostou.

**Você participou da aula inteira, você prestou atenção em tudo?**

T.R.S.Q.: Prestei

**Ou teve alguns momento que ficou um pouco dispersa?**

T.R.S.Q.: Não, prestei atenção em tudo.

**Você acha que alguns estudantes atrapalharam a aula ou não atrapalharam?**

T.R.S.Q.: Atrapalharam

**Mas você conseguiu mesmo assim?**

T.R.S.Q.: Consegui. Acho que consegui.

**Você prestou atenção do mesmo jeito?**

T.R.S.Q.: Sim. (sinal com a cabeça)

**Questão 1. O que você observou e qual seria suas justificativas?**

T.R.S.Q.: Que ... como o caderno é mais pesado, ele tem menos atrito com o ar que tá embaixo e já a folha tá ... a massa dela é pouca e é por isso que ... é porque eu me esqueci ... mas eu sei mesmo

**Então vamos tentar facilitar. Quando você tá falando que ele é mais pesado tá relacionado a massa ou a força, peso =força?**

T.R.S.Q.: A massa.

**Então se ele tem maior massa ele consegue...?**

T.R.S.Q.: Chegar primeiro.

**Se eu te der uma palavra, será se ela ajuda: resistência do ar?**

T.R.S.Q.: O que é que tem?

**O que é que a resistência do ar está relacionado com isso?**

T.R.S.Q.: Acho que é porque o ar tem um peso e por isso que impede a folha chegar primeiro, por que ela tem menos massa.

**Vamos a segunda questão. Questão 2.**

T.R.S.Q.: A bola chega primeiro, porque eu acho que quando a folha tá descendo, assim, tem o ar aqui embaixo aqui ela tem menos atrito com o ar. Aí por isso que ela chega primeiro.

**Na primeira questão a gente viu uma situação em que o caderno chegava primeiro porque ele tinha mais massa, não foi o que você falou?**

T.R.S.Q.: Hum

**E na segunda agora a gente tem duas folhas de mesma massa só que de formas diferentes. Você viu que a menor...**

T.R.S.Q.: É por causa do tamanho.

**Do tamanho?**

T.R.S.Q.: É.

**Quanto menor, menor...?**

T.R.S.Q.: Acho que é porque fica com menos atrito com o ar.

**Será que existiria uma situação em que se eu soltasse os dois independente da forma e da massa eles chegariam sempre ao mesmo tempo?**

T.R.S.Q.: Só se a folha fosse mais pesada. Essa folha aqui.

**Não, mas será se, vamos supor ... numa situação você viu que depende da massa?**

T.R.S.Q.: Certo.

**E na outra não depende, depende do formato. Será se agora seria possível você visualizar uma situação em que, independente da massa que você soltasse e os dois chegassem ao mesmo tempo?**

T.R.S.Q.: A bola e a folha?

**A bola e a folha.**

T.R.S.Q.: Ah, não sei não.

**O que é que tá atrapalhando a folha chegar junto com a ...**

T.R.S.Q.: Essa aqui?

**Sim.**

T.R.S.Q.: Eu acho que é porque ela é grande.

**É não. (lapso do entrevistador)**

T.R.S.Q.: É não?

**Justamente então o ar é um fator que está atrapalhando?**

T.R.S.Q.: É.

**E se a gente tirasse o ar?**

T.R.S.Q.: Acho que vai descer igual

**Seria igual?**

T.R.S.Q.: Era.

**Humm, Então pronto.**

**Você conhece alguma situação onde isso é possível?**

T.R.S.Q.: Na lua.

**Porque?**

T.R.S.Q.: Porque a gravidade lá é alta

**É a gravidade ou é o ar ou é o b ou é ou é?**

T.R.S.Q.: Eu já não sei não.

**Como é que é?**

T.R.S.Q.: Não sei não. Eu me esqueci. Você até que o senhor falou disso naquela aula... a lua e tal que

**A resistência na lua é maior ou menor?**

T.R.S.Q.: É maior é.... é menor, é.

**É menor?**

T.R.S.Q.: É menor

**Tem certeza?**

T.R.S.Q.: Não é maior.

**Tem certeza?**

T.R.S.Q.: Ai eu não ...

**Por isso que eu estou falando, não fala quando não tem certeza.**

T.R.S.Q.: É maior.

**Porque que é maior a resistência lá?**

T.R.S.Q.: Não, eu não sei não. Ai quando penso bem eu penso que é menor, aí quando eu penso mesmo eu penso que é maior. Eu não sei, eu não tenho certeza.

**Então ta Ok.**

**Agora a gente vai para questão 3.**

**Questão 3. O que você observou e qual seria suas justificativas?**

T.R.S.Q.: Que elas chegam ao mesmo tempo ... porque como o senhor disse, que quando faz assim .. quando é o livro desce, o caderno né no caso aqui, é tira o ar que ta aqui embaixo e dá o espaço para folha passar.

**Então diminui essa resistência do ar, seria, para a folha de papel?**

T.R.S.Q.: É. Acho que é.

**É isso? Ou não é?**

T.R.S.Q.: É isso.

**Tem certeza?**

T.R.S.Q.: Pronto pronto. Essa vou dizer que eu tenho certeza.

**E agora na questão 4 você inverte. Você coloca o papel embaixo do caderno. E aí o que é que acontece?**

T.R.S.Q.: Chegam juntos novamente. Essa eu acho que eu não respondi com certeza não quando eu respondi ai. Porque não... o é não fica ar entre eles, eu acho, aí o peso do caderno empurra a folha ai ele chegam ao mesmo tempo também.



# APÊNDICE F

## CATEGORIA DAS RESPOSTAS DO PRÉ E PÓS-TESTE DOS ALUNOS<sup>1</sup>

### PRÉ-TESTE

#### QUESTÃO 1

##### **A pedra por ser mais pesada – 14**

- A pedra atingiria o solo primeiro. Pelo seu peso, a pena demoraria chegar ao solo porque é leve. (13)
- ... a pedra é mais pesada e por isso ela cair com facilidade por causa da força de gravidade e a pena por ser mais leve terá dificuldade de cair. (15)
- A pedra pois ela é mais pesada que a pena e a pena sendo mais leve o vento leva. (30)
- A pedra por causa do peso que fura o ar, e a pena como é leve não cai diretamente, ela faz um trajeto conforme o vento. (38)
- A pedra atingirá primeiro porque ela é mais pesada e a pena por ser leve o vento atrapalha, ou seja, a massa da pedra é maior. (10)

##### **A pedra devido a maior massa – 18**

- Quem chega primeiro é a pedra, pois sua massa é maior em relação a pena, e tem menos atrito com o ar (16)
- A pedra. Porque a massa dos dois objetos colocados são diferentes e também por causa da lei da gravidade que permite que o que tem mais massa caia primeiro. (17)
- A pedra porque tem mais massa que a pena. A pena vai flutuar no ar e a pedra vai cair direto para o chão (22)

##### **Ambígua – 6**

- A pedra. Porque a pena é mais leve por isso ela demora mais, enquanto a pedra tem o maior volume e maior densidade, por isso é que ela cai mais rápido. (34)
- A pedra tem maior “peso”, e maior massa. Ele faz resistência maior, mas cai primeiro. (20)
- Dependendo da altura e do tamanho dos objetos é que pode ser definida alguma coisa. (39)
- A pedra cairá primeiro! Pois a pedra tem mais força de empurrar o vento que a pena! (35)
- Com certeza a pedra atingirá o solo primeiro. Por causa da gravidade a pena irá flutuar, assim demorando mais para atingir o solo. (18)
- A pena devido a diferença de peso (1)

##### **Não respondeu – 0**

**Total = 38**

#### QUESTÃO 2

##### **\*Sim. O caderno por causa da massa – 12**

- Continua a mesma coisa pois a pena foi trocada pela folha que tem a mesma quantidade de massa, a pedra e o caderno também. Concluo que o caderno chega primeiro. (4)
- Sim, porque o caderno, assim como a pedra tem massa maior (14)
- Sim, pois o caderno tem maior quantidade de massa do que a folha. (27)
- Sim, porque eu acho que depende da quantidade de massa. (33)

##### **\*Sim. O caderno por causa do peso – 13**

- O caderno que ele é mais pesado e a folha não. (2)
- Se a pedra for pequena, o caderno por ser mais pesado cairá primeiro, e a folha também. (10)
- O caderno cairá primeiro do que a folha por que o caderno é bem mais pesado do que a folha. Por que pelo fato da folha ser leve flutuar e depois que cairia. (15)
- Sim, o caderno e a folha vai exercer a mesma resistência, mas o caderno por ter maior peso. (20)

##### **Ambíguas – 13**

- O papel tem volume menor e o ar exerce uma resistência maior nele. O caderno tem uma massa maior e fura a resistência do ar. (5)
- Sim, por causa da força de gravidade. (7)
- Acho que eles caem iguais, com a pena o ar impede que ela chegue junto com a pedra. (8)

---

<sup>1</sup> O número entre parênteses é a identificação do aluno.

- Sim, pois como a folha tem pouca resistência, ela vai ficar pelo ar e vai custar a chegar ao solo, já o caderno vai tipo, abrindo o caminho (ar) e chega mais rápido. (11)
- Sim a folha de papel é tão leve quanto uma pena e o caderno cairia como uma pedra. (13)
- Sim, pois o caderno também é mais pesado e possui mais massa. (19)
- O caderno porque possui mais massa e volume. (22)
- Não porque eu acho que os dois têm a mesma massa. (24)
- Sim, porque a folha tem a massa menor que a do caderno. (26)
- Depende da massa (29)
- O caderno, pois o volume da folha é menor. (34)
- Sim ! e continuaria com ao mesmo raciocínio. (35)
- Se a folha for de "40kg" ela atingiria primeiro o chão. (39)

**Não respondeu – 0**

**Total = 38**

\* Em algumas respostas na qual os estudantes não apresentavam justificativas, tomamos as justificativas à resposta dada a pergunta 1 como referência.

### **QUESTÃO 3**

**A amassada se torna mais pesada ou com mais massa – 10**

- A amassada, pois ela adquiria mais massa, pois os espaços foram ocupados por ar. (11)
- A amassada, por que quando ela foi amassada ela ganhou mais massa. (38)
- A amassada por que mesmo tendo quantidades iguais, a amassada continua com mais massa. (42)

**A folha amassada. Sem justificativa – 6**

**A folha amassada. Referência ao atrito com o ar – 11**

- A folha de papel amassada chega primeiro, pois tem menos atrito com o ar. (4)
- A folha inteira vai exercer uma maior resistência do que a amassada. Logo a amassada cai primeiro. (20)
- O papel está amassado. O ar irá diminuir a velocidade do papel não amassado. (25)
- A folha amassada, por causa do ar. (26)
- A folha amassada cai primeiro, por causa da resistência do ar. (28)
- A folha amassada atingirá o solo primeiro, pois quando amassada a folha terá mais chance de perfurar o ar. (35)
- A folha amassada. Com sua forma de bola ela consegue mais facilmente ultrapassar a resistência gravitacional. (40)

**Ambígua – 10**

- Os dois não vão chegar juntos porque aumentou-se o volume de um dos papéis. (5)
- A amassada, pois se torna um corpo nela. (8)
- A amassada por que quando a folha foi amassada ficou com um pouco mais de força então a gravidade dela vai maior (17)
- A amassada atingirá o solo primeiro, por que a gravidade não poderá agir sobre ela. (18)
- A amassada por que ela tem maior volume. (24)
- A folha amassada cai direto e a folha vai caindo alternando a altura. (29)
- A folha amassada. A folha não amassada cairá "voando" "cortando o ar". A folha amassada cai direto, não pela massa (massas =) mas pela forma em que ela se encontra. (31)
- A amassada, pois ela tem mais velocidade do que a outra. (34)
- A folha amassada por que ela tem mais volume. (39)

**Não respondeu – 1**

**Total = 38**

### **QUESTÃO 4**

**Os dois chegam juntos. Sem justificativa – 4**

**Os dois chegam juntos – 11**

- Chegariam juntos, pois não tem ar entre a folha e o papel. (4)
- Nenhum, eles chegariam ao mesmo tempo, pois o caderno como tem maior resistência ia abrindo caminho e a folha ia acompanhar. (11)
- Chegam juntos. Pois não tem ar entre a folha e o papel (ou o caderno?) (16)
- Os dois porque a força que derrubava o caderno derrubava a folha também. (17)

- Chegariam juntas. Por que o ar não exerce nenhuma resistência a folha que tá sobre o caderno. O que tá embaixo chega primeiro. (20)
- Os dois cairiam iguais mais e o caderno porque ele está embaixo. (22)
- Caem iguais, não há resistência do ar. (28)
- Cairiam iguais. Não teria nenhuma força atuando para baixo da folha. Só por baixo do caderno. (ver diagramas de forças desenhado pelo aluno) (31)
- Todos atingiram o solo no mesmo instante, pois todos tem a mesma intensidade e volume. (34)
- Os dois cairiam no mesmo instante, pois sendo a folha colocada sobre o caderno terá espaço livre para passar no ar. (35)
- Os dois a folha está apoiada no caderno e o caderno vai furando o ar e a folha não sofre nenhuma alteração. (38)

### Nenhum dos dois chegam juntos – 1

#### O caderno chega primeiro. Sem justificativa – 2

##### O caderno chega primeiro – 10

- O caderno por ser mais pesado. (19)
- O que tá embaixo, ou seja o caderno tem a força da gravidade já a folha não está em cima do caderno. Então o caderno com certeza cairia primeiro. (23)
- O caderno. Porque o caderno não ia parar muito no ar, e a folha ia ficar flutuando. (24)
- O caderno porque sua massa é maior. (26)
- O caderno cai primeiro, pois o caderno está sob a folha. (27)
- O caderno, pois como a folha está em cima do caderno, o vento vai leva-lo. (30)
- O caderno chegaria primeiro. É como se o caderno "furasse" o ar assim chegaria primeiro ao solo e a folha logo em seguida porque não encontraria resistência do ar. (32)
- O caderno cairá primeiro. A folha por ser mais leve terá menos força de gravidade. E demora mais tempo para chegar o chão. (36)
- O caderno porque a folha encosta no chão ela permanece em cima do caderno. (39)
- O caderno. Por ter maior massa, consegue vencer a resistência do ar. (40)

##### A folha de papel – 5

- A folha de papel. Ao caírem juntos a folha por ser mais leve do que o caderno ao cair perderia a resistência. (1)
- O papel por que ele ficaria levantado um pouco. (3)
- A folha pelo fato dela ser mais leve que o caderno. (15)
- O papel, porque ele é mais leve. (42)
- A folha, pois é menos pesada. Pois quanto mais leve mais devagar cai. (29)

##### Ambígua – 2

- Creio que as duas cairia no mesmo instante ou talvez o caderno chegaria primeiro. (9)
- Caem diferente porque o caderno caem mais rápido porque a massa é maior. (41)

### Não respondeu – 3

Total = 38

## QUESTÃO 5

#### Os dois chegam juntos. Sem justificativa – 10

##### Os dois chegam juntos – 8

- Os dois porque estão juntos um do outro. (2)
- chegam no mesmo tempo, pois não há gravidade (?) contra a folha (4)
- Os dois. O peso do caderno derruba a folha também. (17)
- A mesma da quarta questão. Resp. da quarta questão: Chegariam juntas. Por que o ar não exerce nenhuma resistência a folha que tá sobre o caderno. O que tá embaixo chega primeiro.
- Todos os dois levam o mesmo tempo, caem iguais. Pois o caderno está sobre a folha e seu peso é maior. (27)
- Cairiam iguais até porque a massa do caderno é maior. Por isso "carrega a folha". (31)
- Os dois cairiam no mesmo instante, pois se a folha foi colocada embaixo do caderno terá a força do caderno para perfurar o ar. (35)
- Os dois, porque o caderno iria empurrar a folha e eles chegariam juntos. (38)

#### A folha de papel chega primeiro. Sem justificativa – 4

##### A folha de papel chega primeiro – 5

- Acho que a folha por está em baixo. (19)
- A folha de papel, porque ela ia como se colasse no caderno. (24)
- A folha, pois o caderno em cima da folha vai contra a gravidade e o vento não consegue levar a folha. (30)



- A folha de papel, ela chegaria primeiro ao solo porque seria ela que "furaria" o ar para o caderno poder chegar ao solo. (32)
- A folha. Pois seria empurrada pelo caderno. E assim chegaria primeiro ao solo. (40)

#### **O caderno chega primeiro – 4**

- Certamente o caderno vai chegar primeiro. O caderno com o seu peso vai ultrapassar o papel. (7)
- O caderno por ele ser mais pesado. (15)
- O caderno exerceria peso em cima da folha e pelo fato da folha está em baixo do caderno cairia primeiro. (36)
- O caderno porque ele não iria encostar no chão (dependendo do tamanho da folha) (39)

#### **Ambígua – 4**

- O cadernos cai primeiro. A folha chegaria primeiro, pois o caderno ofereceria mais peso a folha e pressionaria. (1)
- O peso do caderno ia ficar todo na folha. (23)
- A que quebrasse menos barreiras. (34)
- O caderno faz que a folha seja empurrada para baixo. (41)

#### **Não respondeu – 3**

**Total = 38**

### **PÓS-TESTE**

#### **QUESTÃO 1**

##### **O caderno por que tem maior massa – 25**

- O caderno porque tem mais massa do que o papel. (41)
- O caderno caiu primeiro porque tem mais massa. Quanto maior a massa, maior a queda. (36)

##### **O caderno por ter maior massa. Referência à resistência do ar – 7**

- O caderno porque em maior quantidade de massa, e vence a resistência com mais facilidade. (1)
- O caderno chegou primeiro, pois a massa dele é maior e quebra mais fácil a resistência do ar. Já a folha tem menos massa e não quebra com facilidade a resistência do ar. (11)
- Quem chega primeiro é o caderno, porque seu nº de massa que é maior e isso ajuda a ter menos atrito com o ar. (16)

#### **Ambígua – 4**

- O caderno porque ele tem mais peso e a folha não porque a folha ela é mais leve ela tem menos peso. (2)
- O caderno, porque é mais pesado (tem mais massa) do que a folha que vai cair em zig zag até o chão. É o caso do peso, todos dois podiam ter até a mesma área mais o caderno é mais pesado, que ganha mais velocidade conforme a altura. (7)
- O caderno por causa da resistência do ar. (15)
- O caderno, porque ele é mais pesado e tem maior volume. (24)

#### **Não respondeu – 2**

**Total = 38**

#### **QUESTÃO 2**

##### **A folha amassada. Sem justificativa – 3**

##### **A folha amassada. Devido aumento de sua massa – 12**

- A bola de papel, pois cria corpo e além da massa do papel, conta com a massa de ar que se cria ao amassar da folha. (8)
- A bola de papel chegará primeiro por ter ar nos espaços fechados. (10)
- O papel amassado cai mais rápido ao chão pois sua quantidade de massa é maior. (29)
- A folha amassada cai primeiro por que além dela ter a massa tem agora também o ar que estar preso na folha. A folha de papel que não está amassada tem mais dificuldade de cair, por que ela cai em total declínio. (35)
- A folha amassada chegará primeiro, pois quando a folha é amassada apesar do seu peso aumentar o ar também ajuda a dar mais resistência a folha amassada, tornando-a com mais peso. (9)
- A amassada, porque ela tem mais massa e por causa da resistência. (5)
- A amassada pois ao amessarmos entra uma certa quantidade de ar e a amassada quebra a resistência do ar com facilidade, já a folha vai ter menos resistência. Quanto maior a área de resistência, maior a resistência. (11)

##### **A folha amassada. Referência a resistência do ar – 15**

- A folha amassada, pois tem mais facilidade de penetrar o ar, e não encontra muita resistência, por ser menor, e a folha que não está amassada encontra uma resistência maior. (1)
- O folha amassada tem menos atrito com o ar ao contrário da não amassada, por isso ela a amassada chega primeiro. (4)
- A folha amassada chega primeiro ao solo porque tem menos atrito com o ar. (13)
- A bola de papel chega primeiro, por que ela tem menos atrito com o ar por ser menor. Ex: Dobre a outra folha 3 vezes, e as solte, as duas chegarão ao mesmo tempo, porque ela fica menor e tem menos atrito com o ar. (16)
- A bola de papel, ele vence a resistência do ar, ou seja em alguns caso não influencia muito a massa, mas sim a resistência. (23)
- A folha amassada chega primeiro. Porque a folha não amassada tem maior área assim permite que a resistência atue mais livremente sobre seu corpo. (40)
- A folha amassada, porque quando a folha estiver amassada permite que ela vença o ar. (22)
- A folha amassada. Porque a área da superfície da folha amassada é menor. E por isso não precisa de tanta força. (27)
- A folha amassada cai primeiro, porque a área da superfície da folha amassada é menor. (28)
- A folha amassada, pois ela tem mais facilidade de penetrar no ar. (30)
- O papel amassado; porque tem mais facilidade de penetrar o ar. (32)
- Pelo fato de ela estar amassada, ela terá mais facilidade de penetrar o ar. (36)
- A folha amassada, porque ele tem mais facilidade de furar o ar (penetrar), chegando primeiro ao solo. (38)

#### **Ambíguas – 6**

- A folha amassada. Pela força gravitacional. Ela consegue abrir espaço no ar mais fácil que a folha c/ maior superfície. (31)
- A amassada. Porque o ar permite que a não amassada flutue e a amassada caia com velocidade. (17)
- O papel amassado. Porque quando o papel é amassado ele ganha um volume maior por causa do ar. (25)
- A folha amassada chega primeira pois penetra no ar e também pela gravidade uma folha amassada e não amassada a pouca massa diferenciada. (41)

#### **Não respondeu – 2**

Total = 38

### **QUESTÃO 3**

#### **Os dois caem juntos. Sem justificativa – 1**

##### **Os dois caem juntos. O caderno abre espaço – 26**

- Cairão juntos. O caderno abre um espaço no ar, e elimina temporariamente a resistência. (1)
- Os dois caem no mesmo instante, pois o caderno abre espaço para o papel. (3)
- Os dois chegam juntos, mas o caderno é que tem todo o "trabalho", pois ele tipo abre a passagem. (4)
- Todos dois chegaram ao mesmo tempo. O caderno por quebra a resistência do ar, vai tipo furando o ar e a folha de carona. (11)
- Os dois, pois a folha colocada em cima do caderno cairá junto, pois o caderno tem mais força para furar o ar. (15)
- Os dois caem juntos, porque o caderno abre caminho para a folha cair, e assim impede que a resistência do ar atue sobre ela. (26)
- Caem juntos. Porque a área do caderno é maior e vai abrindo o ar. (27)
- Os dois caem juntos. Porque o caderno vai contando o ar e assim faz com que os dois cheguem juntos. (34)
- Os dois porque o caderno vai abrindo o ar e a folha pega carona. (38)
- Os dois caem juntos. O caderno vai abrindo espaço e leva junto papel. (40)
- Eles caem juntos porque o caderno "abre espaço" no ar. Para a folha e o caderno "passarem". (16)
- O caderno. O caderno eliminou o ar por alguns instantes furando etc.. (23)

#### **Os dois caem juntos. O caderno tira o ar ou elimina o ar temporariamente – 6**

- Os dois cai junto, pois o caderno vai abrindo o ar para facilita a queda dos objetos. O caderno elimina temporariamente o ar. (19)
- Cai os dois juntos. Porque o caderno tira o ar para não atuar sobre a folha. (25)
- Os dois caem juntos; o caderno 'elimina' temporariamente a resistência do ar, com isso a folha não encontra nenhuma resistência. (32)
- A folha amassada e o caderno cai juntos o caderno eliminou o ar abrindo caminho no ar furando o ar. (41)
- O caderno, por causa da eliminação de ar. (42)
- No experimento notei que os dois caem juntos, porque a força tira temporariamente o ar. (9)
- Os dois caem juntos por que o caderno retirar até tempo de queda. (35)

#### **Ambígua – 3**

- Os dois, pois a medida em que o caderno vai caindo, a gravidade vai fazendo força e a folha chega junto ao caderno. (30)
- Elas caem juntas porque o ar elimina as forças e a massa. (17)

*Não respondeu – 2*

*Total = 38*

#### **QUESTÃO 4**

*Os dois chegam juntos. Sem justificativa – 5*

*Os dois chegam juntos. O caderno empurra o papel – 16*

- Os dois chegam juntos devido o caderno ser mais pesado ele empurra a folha, então a folha vence com mais facilidade o atrito. (1)
- Os dois chegam juntos, pois o caderno exerce força sobre a folha. (4)
- Juntos por causa do peso do caderno sobre a folha. (8)
- Os dois, o caderno coloca uma força que ajuda a folha vencer o atrito mais facilmente. (11)
- Os dois, só que agora a folha terá o peso do caderno para furar o ar. (15)
- Novamente chegam juntos porque o caderno como é mais pesado exerce força na folha. (16)
- Os dois. Porque o peso do caderno fica em cima da folha vencendo a resistência do ar. (23)
- Os dois chegam juntos. Porque o caderno tem uma massa maior e vai levar a folha junto com ele. (25)
- Caem juntos. Porque o peso do caderno está sobre a folha então eles caem juntos. (27)
- Juntas, a massa do caderno é bem maior que a da folha e por isso ajuda a baixá-la mais rápido. (29)
- Os dois, pois como a folha está debaixo do caderno e ele tem mais massa, e faz força na folha. (30)
- Juntos, a massa do caderno é bem maior que a da folha, e por isso ajuda a baixá-la mais rápido. (31)
- Juntos, amassa do caderno é bem maior que a da folha e por isso ajuda a baixá-la mais rápido. (33)
- O caderno pelo fato de ser pesado, coloca peso em cima da folha fazendo com que ele caia igual. (36)
- Os dois, é a mesma coisa da questão anterior, o caderno agora empurra a folha ajudando-a a furar o ar. (38)
- Os dois chegam juntos. Por que foi soltado de uma pequena altura. Assim o caderno empurra a folha. (40)

*Ambígua – 14*

- Os dois caem pela resistência do ar. (2)
- Os dois caem juntos por causa da resistência. (17)
- Novamente os dois vão cair juntos, devido o peso do caderno ser alterado; como a folha está junto do caderno ela acompanha a força da gravidade. (9)
- Os dois juntos, porque vai soltado de uma altura baixa, assim o caderno abrirá o espaço isso mesmo acontece na 3ª questão. (22)
- Os dois chegam ao mesmo tempo, porque o caderno vai furando o ar. (24)
- Os dois caem juntos, porque o caderno quebra com mais facilidade a resistência. (26)
- Os dois caem juntos e atingem o solo no mesmo tempo porque o papel fura o ar. Há penetração sobre o ar. (41)
- Caem juntas, porque não há resistência do ar entre os dois, logo eles vem cair juntas. (28)
- Os dois caem juntos; o caderno exerce o peso dele sobre a folha, assim ela encontra menos resistência do ar. (32)
- Os dois caem juntos porque o caderno é pesado e a resistência da folha em relação ao ar é pequena. (5)
- Os dois caem juntos por causa da massa e a resistência também e por causa da altura que bastante baixa. (35)
- Os dois. Porque o caderno bota força em cima da folha. E sua densidade se torna mais favorável. (34)
- Os dois vão chegar juntos, porque o caderno mesmo estando em cima vai furar a massa e a folha vai chegar mesmo assim a folha irá cair primeiro por estar embaixo do caderno. O caderno vai abrir caminho mesmo a folha estando embaixo vai ser um peso insignificante para o caderno conduzi-lo até embaixo. (7)
- A bola de papel, pois cria massa do corpo e também a massa do ar, que se cria ao amassar o papel. (3)

*Não respondeu – 3*

*Total = 38*



# ANEXOS

# ANEXO A

## A NOVA LDB<sup>1</sup>

### TÍTULO I – DA EDUCAÇÃO

**Art. 1º** A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais.

### TÍTULO II – DOS PRINCÍPIOS E FINS DA EDUCAÇÃO NACIONAL

**Art. 2º** A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

### CAPÍTULO II - DA EDUCAÇÃO BÁSICA

#### Seção I - Das Disposições Gerais

**Art. 22** A educação básica tem por finalidade desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores.

#### Seção III – Do Ensino Fundamental

**Art. 32** O ensino fundamental, com duração mínima de oito anos, obrigatório e gratuito na escola pública, terá por objetivo a formação básica do cidadão, mediante:

- I. o desenvolvimento da capacidade de aprender, tendo como meios básicos o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo;
- II. a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade;
- III. o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem, tendo em vista a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores;
- IV. o fortalecimento dos vínculos de família, dos laços de solidariedade humana e de tolerância recíproca em que se assenta a vida social.

#### Seção IV – Do Ensino Médio

**Art. 35** O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual do pensamento crítico;
- IV. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

**Art. 36** O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

- I. destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;
- II. adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;

<sup>1</sup> Texto extraído de: CARNEIRO, M. A. *LDB final: leitura crítico-compreensiva artigo a artigo*. 5. ed. (atualizada) Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

**III.** será incluída uma língua estrangeira moderna, como disciplina obrigatória, escolhida pela comunidade escolar, e uma segunda, em caráter optativo, dentro das disponibilidades da instituição.

§ 1º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

- I.** domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;
- II.** conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;
- III.** domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.

§ 2º O ensino médio, atendida a formação geral do educando, poderá prepará-lo para o exercício de profissões técnicas.

§ 3º Os cursos do ensino médio terão equivalência legal e habilitarão ao prosseguimento de estudos.

§ 4º A preparação geral para o trabalho e, facultativamente, a habilitação profissional, poderão ser desenvolvidas nos próprios estabelecimentos de ensino médio ou em cooperação com instituições especializadas em educação profissional.



# ANEXO B

## CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS COMUNS EM FÍSICA<sup>1</sup>

### GERAL / CINEMÁTICA

- A história não tem lugar na ciência
- Dois objetos emparelhados devem ter a mesma velocidade.
- Aceleração e velocidade estão sempre na mesma direção.
- Velocidade é uma força.
- Se a velocidade é zero, então a aceleração também deve ser zero.

### QUEDA LIVRE DOS CORPOS

- Objetos pesados caem mais rápidos do que os mais leves.
- Aceleração é a mesma coisa que velocidade.
- A aceleração dos corpos em queda depende de sua massa.
- Corpos em queda livre só podem se mover para baixo.
- Não existe gravidade no vácuo.
- A gravidade somente atua sobre os corpos quando eles estão caindo.

### LEI DA INÉRCIA

- É necessária a presença de uma força constante para manter um movimento com velocidade constante.
- Inércia se refere ao estado de movimento (repouso ou movimento).
- Todos os objetos eventualmente param de se mover quando a força atuando sobre eles é removida.
- Todos os objetos podem ser movidos com a mesma facilidade na ausência de gravidade.
- Inércia é a força que mantém os objetos em movimento.
- Se dois objetos estão ambos em equilíbrio, eles têm a mesma quantidade de inércia.
- Velocidade é absoluta e não depende do sistema de referência

### LEIS DE NEWTON

- Forças de Ação e reação atuam nos mesmos corpos.
- Não existe conexão entre as leis de Newton e a cinemática.
- O produto da massa pela aceleração,  $ma$ , é uma força.
- O atrito não pode atuar na direção do movimento.
- A força normal sobre um objeto é igual ao peso do objeto pela 3ª lei.
- A força normal sobre um corpo é sempre igual ao peso do objeto.
- Equilíbrio significa que todas as forças sobre um objeto são iguais.
- Equilíbrio é uma consequência da 3ª Lei.
- Somente objetos animados (pessoas, animais) exercem forças; objetos passivos (mesas, piso) não exercem forças.
- Uma vez que um objeto esteja em movimento, objetos pesados empurram mais que objetos leves.
- A terceira lei de Newton pode ser superada pelo movimento (tal como por um movimento de empurrão)
- Uma força aplicada, digamos, pela mão, ainda atua sobre o objeto após o objeto deixar a mão.

### GRAVITAÇÃO

- A lua não está caindo
- A lua não está em queda livre
- A força que atua sobre uma maçã não é a mesma que a força que atua sobre a lua.

<sup>1</sup> Esta lista de concepções alternativas foi parcialmente traduzida de Helping Students Learn Physics Better: Students' Alternate Conceptions. Disponível em: <<http://phys.udallas.edu/c3p/altconcp.html>>. Acessado em: 20/01/2003.

Também no anexo do artigo: KLAMMER, J. *An Overview of techniques for identifying, acknowledging and overcoming alternating conceptions in physics education*. May 15, 1998. (Hong Kong International School)  
Disponível em: <[http://www.klingenstein.org/additional\\_resources/projects/abstracts/klammer\\_abstract.htm](http://www.klingenstein.org/additional_resources/projects/abstracts/klammer_abstract.htm)> Acessado em 17/05/2002.

- A força gravitacional é a mesma sobre todos os corpos em queda.
- Não existe força gravitacional no espaço.
- A força gravitacional que atua no espaço é aproximadamente igual a zero.
- A força gravitacional atua sobre uma massa num dado tempo.
- A lua está em órbita por que a força gravitacional sobre ela é balanceada pela força centrífuga.
- Imponderabilidade significa sem gravidade.
- O movimento de rotação da terra causa a gravidade.

## CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

- Energia pode ser gasta, ou acaba.
- Alguma coisa que não esteja em movimento não pode ter qualquer energia.
- Uma força atuando sobre um objeto não realiza trabalho se o objeto não se move
- Energia é destruída quando é transformada de um tipo em outro.
- Energia pode ser reciclada.
- Quando um objeto é solto, toda a energia potencial é imediatamente transformada em energia cinética.
- Energia não está relacionada com as leis de Newton.
- Energia é uma força.

## CONSERVAÇÃO DO MOMENTO

- Momento linear não é vetor.
- Conservação do momento só é aplicado a colisões.
- Momento é a mesma coisa que força.
- Corpos massivos na ausência da gravidade não tem momento.
- O centro de massa de um objeto deve estar dentro do objeto.
- O centro de massa é sempre a mesma coisa que centro de gravidade.
- O momento não é conservado em uma colisão com objetos "imóveis".
- Momento e energia cinética é a mesma coisa.

## MOVIMENTO CIRCULAR

- Circular motion does not require a force.
- Centrifugal forces are real.
- An object moving in circle with constant speed has no acceleration.
- An object moving in a circle will continue in circular motion when released.
- An object in circular motion will fly out radially when released.

## MOMENTUM ANGULAR

- Qualquer força atuando sobre um corpo irá produzir um torque.
- Corpos que se movem em linha reta não podem ter momento angular.
- Torque é a mesma coisa que força e está na mesma direção da força.
- Momentum angular não é um vetor.
- A direção do momentum angular está na direção do momento linear.

## KEPLER'S LAWS

- Planetary orbits are circles.
- The speed of a planet in orbit never changes.
- An object must be at both foci of an elliptical orbit.
- All the planets move in their orbits with the same speed.
- No work is done on orbiting planets by the sun.
- The orbits of the planets lie precisely in the same plane.
- All the planets revolve about sun with the same period.
- Revolution is the same as rotation.

## NAVIGATING IN SPACE

- Spacecraft travel in straight lines from one planet to another.
- Spacecraft can be launched anytime to travel from one planet to another.
- Spacecraft are not affected by the sun.
- Motion relative to Earth is same as motion relative to the sun.
- Jets can fly in space.
- Spacecraft in orbit about Earth don't follow a sinusoidal path relative to the sun.
- Rockets need something (air) to push against.

## **CURVED SPACE & BLACK HOLES**

- Space is not something.
- Black holes are big.
- Light always travels in straight lines.
- Black holes exert a greater gravitational force on distant objects than the star from which it was formed.
- Observations made in a gravitational field are different than those made in a system undergoing constant acceleration.
- Things in space make sounds.
- If the Sun were to become a black hole, the Earth would get sucked into it.

## **TEMPERATURA E LEI DOS GASES**

- Um corpo frio não contém calor
- Não existe limite para a mais baixa temperatura.
- No zero absoluto todas as partes do movimento de um objeto param.
- Um objeto não tem massa no zero absoluto.
- O uso de suéters lhe irá manter aquecido.
- O frio pode fluir
- Os gases podem ser comprimidos até que seu volume se torne igual a zero.
- Calor e temperatura são a mesma coisa.
- Frio e calor fluem como os líquidos.
- Pressão é o mesmo que força.
- A Pele é um bom termômetro.

## **HARMONIC MOTION**

- The period of oscillation depends on the amplitude.
- The restoring force is constant at all points in the oscillation.
- The heavier a pendulum bob, the shorter its period.
- All pendulum motion is perfect simple harmonic motion, for any initial angle.
- Harmonic oscillators go forever.
- A pendulum accelerates through lowest point of its swing.
- Amplitude of oscillations is measured peak-to-peak.
- The acceleration is zero at the end points of the motion of a pendulum.

## **WAVES**

- Waves transport matter.
- There must be a medium for a wave to travel through.
- Waves do not have energy.
- All waves travel the same way.
- Frequency is connected to loudness for all amplitudes.
- Big waves travel faster than small waves in the same medium.
- Different colors of light are different types of waves.
- Pitch is related to intensity.

## **WAVE NATURE OF LIGHT**

- Light just is and has no origin.
- Light is a particle.



- Light is a mixture of particles and waves.
- Light waves and radio waves are not the same thing.
- In refraction, the characteristics of light change.
- The speed of light never changes.
- Rays and wave fronts are the same thing.
- There is no interaction between light and matter.
- The addition of all colors of light yields black.
- Double slit interference shows light wave crest and troughs.
- Light exits in the crest of a wave and dark in the trough.
- In refraction, the frequency (color) of light changes.
- Refraction is the bending of waves.

### **MICHELSON-MORLEY EXPERIMENT**

- A null result means experiment was a failure.
- The aether exists because something must transmit light.
- Relativistic effects (length contraction) is the reason why no difference in the speed of light was observed.

### **SPECIAL RELATIVITY**

- Velocities for light are additive like for particles.
- Postulates cannot be used to develop a theory.
- Length, mass, and time changes are just apparent.
- Time is absolute.
- Length and time only change for one observer.
- Time dilation refers to 2 clocks in 2 different frames.
- Time dilation and length contractions have not been proven in experiments.
- There exists a preferred frame of reference in the universe.
- A mass moving at the speed of light becomes energy.
- Mass is absolute, that is, it has the same value in all reference frames.

### **ELECTRIC FIELDS AND FORCES**

- A moving charge will always follow a field line as it accelerates.
- If a charge is not on a field line, it feels no force.
- Field lines are real.
- Coulomb's law applies to charge systems consisting of something other than point charges.
- A charged body has only one type of charge.
- The electric field and force are the same thing and in the same direction.
- Field lines can begin/end anywhere.
- There are a finite number of field lines.
- Fields don't exist unless there is something to detect them.
- Forces at a point exist without a charge there.
- Field lines are paths of a charges motion.
- The electric force is the same as the gravitational force.
- Field lines actually radiate from positive to negative charges and convey motion.
- Field lines exist only in two dimensions.

### **MILLIKAN EXPERIMENT**

- Charge is continuous and can occur any amount.
- An electron is pure negative charge with no mass.
- Oil drops are electrons.
- The scientific method is pure and absolute.
- Scientists always stumble on discoveries.
- Millikan measured the mass of the electron.

### **EQUIPOTENTIALS AND FIELDS**

- Voltage flows through a circuit.

- There is no connection between voltage and electric field.
- Voltage is energy.
- Equipotential means equal field or uniform field.
- High voltage by itself is dangerous.
- It takes work to move a real charge on an equipotential.
- Charges move by themselves.
- Sparks occur when an electric field pulls charges apart.

## POTENTIAL DIFFERENCE AND CAPACITANCE

- A capacitor and a battery operate on the same principle.
- A potential difference is only on plates of a capacitor and not in region between.
- Charge flows through a dielectric, such as glass.
- Designations of (+) and (-) are absolute.
- $Q = CV$  is a basic conceptual law.
- No work is required to charge a capacitor.
- *Alternate Conceptions in Physics / 33*
- A capacitor requires two separate pieces.
- There is a net charge on a capacitor.
- The capacitance of a capacitor depends on the amount of charge.
- A positive charged capacitor plate only has positive charges on it.
- Charges flow through a capacitor.

## SIMPLE DC CIRCUITS

- Resistors consume charge.
- Electrons move quickly (near the speed of light) through a circuit.
- Charges slow down as they go through a resistor.
- Current is the same thing as voltage.
- There is no current between the terminals of a battery.
- The bigger the container, the larger the resistance.
- A circuit does not have form a closed loop for current to flow.
- Current gets "used up" as it flows through a circuit.
- A conductor has no resistance.
- The resistance of a parallel combination is larger than the largest resistance.
- Current is an excess charge.
- Charges that flow in circuit are from the battery.
- The bigger the battery, the more voltage.
- Power and energy are the same thing.
- Batteries create energy out of nothing.

## MAGNETIC FIELDS

- North and south magnetic poles are the same as positive and negative charges.
- Magnetic field lines start at one pole and end at the other.
- Poles can be isolated.
- Flux is the same as field lines.
- Flux is actually the flow of the magnetic field.
- Magnetic fields are the same as electric fields.
- Charges at rest can experience magnetic forces.
- Magnetic fields from magnets are not caused by moving charges.
- Magnetic fields are not 3-dimensional.
- Magnetic field lines hold you on the Earth.
- Charges, when released, will move toward the poles of a magnet.

## ELECTROMAGNETIC INDUCTION

- Generating electricity requires no work.

- When generating electricity only the magnet can move.
- Voltage can only be induced in a closed circuit.
- Magnetic flux, rather than change of magnetic flux, causes an induced emf.
- All electric fields must start on (+) and end on (-) charges.
- Water in dams causes electricity.

## ALTERNATING CURRENT

- Charges move all the way around a circuit and all the way back.
- Voltage and current remain constant as in DC circuits.
- Energy is not lost in a transformer.
- A step-up transformer gives you something more for less input.
- Transformers can be used to change DC voltages.
- Electrical companies supply the electrons for your household current.

## WAVE-PARTICLE DUALITY

- Light is one or the other--a particle or a wave--only.
- Light can be a particle at one point in time and a wave at another point in time.
- Particles can't have wave properties.
- Waves can't have particle properties.
- The position of a particle always can be exactly known.
- *Alternate Conceptions in Physics / 34*
- A photon is a particle with a wave inside.
- Photons of higher frequency are bigger than photons of lower frequency.
- All photons have the same energy.
- Intensity means that the amplitude of a photon is bigger.
- The Uncertainty Principle results from the limits of measuring devices.
- Laser beams are always visible by themselves.
- Sometimes you feel like a wave, sometimes you don't.

## MODELS OF THE ATOM

- There is only one correct model of the atom.
- Electrons in an atom orbit nuclei like planets orbit the sun.
- Electron clouds are pictures of orbits.
- Electrons can be in any orbit they wish.
- Hydrogen is a typical atom.
- The wave function describes the trajectory of a electron.
- Electrons are physically larger than protons.
- Electrons and protons are the only fundamental particles.
- Physicists currently have the "right" model of the atom.
- Atoms can disappear (decay).