

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS NA  
FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL

MARCELO ARAÚJO MACHADO

Porto Alegre

2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UNIDADES DIDÁTICAS NA  
FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO  
FUNDAMENTAL\*

MARCELO ARAÚJO MACHADO

Dissertação realizada sob a orientação do Prof(a). Dr(a).  
Fernanda Ostermann, apresentada ao Instituto de Física da  
UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Ostermann

Porto Alegre

2005

---

\* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, João e Ilza, por tudo o que me ensinaram, mas principalmente por toda dedicação e carinho.

Agradeço à Tassiana, pelo cuidado, apoio, esforço e compreensão.

Agradeço minha família e meus amigos, que de uma forma ou de outra, sempre torceram por mim.

Agradeço os alunos do Curso Normal da turma 201, do ano de 2004, do Colégio Santa Catarina, pela alegria e comprometimento, mas principalmente, pelo esforço na busca por uma melhor formação.

Agradeço à professora Fernanda Ostermann, minha orientadora, por seus ensinamentos e pelo apoio.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Problema .....	9
1.2 Formação em Física de Docentes das Séries Iniciais .....	12
1.2.1 Legislação Sobre a Formação de Docentes das Séries Iniciais do Ensino Fundamental .....	15
1.3 Justificativa .....	16
1.4 Objetivo .....	17
<b>2 CONTEXTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....</b>	<b>21</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel .....	30
3.1.1 Aprendizagem Significativa .....	30
3.1.2 Organizadores Prévios .....	31
3.1.3 Aprendizagem Mecânica .....	31
3.1.4 Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Recepção .....	32
3.1.5 Condições para que Ocorra a Aprendizagem Significativa .....	33
3.1.6 Assimilação.....	34
3.1.7 Aprendizagem Subordinada.....	35
3.1.8 Aprendizagem Superordenada.....	35
3.1.9 Aprendizagem Combinatória.....	35
3.1.10 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa .....	35
3.1.11 Implicações para o Ensino .....	36
3.2 A Aprendizagem Significativa Segundo Novak.....	37
3.2.1 Os Mapas Conceituais .....	37
3.3 Alguns Epistemólogos .....	38
3.3.1 Thomas Kuhn.....	38
3.3.2 Karl Popper .....	38
3.3.3 Imre Lakatos .....	39
<b>4 ESTUDOS RELACIONADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1 Trabalhos Sobre a Formação em Física e Ciências dos Docentes das Séries Iniciais.....	41
4.2 Trabalhos Sobre Propostas de Inserção de Física no Ensino Fundamental ..	44
4.3 Publicações Legais.....	46

<b>5 IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE DOCENTES PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.....</b>	<b>48</b>
5.1 Abordagem Inicial .....	48
5.2 Execução das Unidades Didáticas .....	50
5.2.1 Aprendizagem Significativa .....	50
5.2.2 Mapas Conceituais .....	52
5.2.3 O Método Científico .....	54
5.2.4 Modelos Atômicos e Partículas Elementares .....	55
5.2.5 Eletricidade e Eletromagnetismo .....	60
<b>6 RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS NA MODALIDADE NORMAL .....</b>	<b>64</b>
6.1 O Pré-teste e o Pós-teste .....	64
6.2 Mapas Conceituais .....	74
6.3 Histórias em Quadrinhos .....	75
6.4 Aula Experimental .....	76
6.5 Relatório Sobre a Pesquisa Realizada em Livros de Ciências das Séries Iniciais.....	78
6.6 Análise do Questionário de Atitudes Aplicado após a Realização das Unidades Didáticas .....	78
<b>7 IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS PARA A FORMAÇÃO CONTINUADA DE DOCENTES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.....</b>	<b>86</b>
7.1 A Utilização de um Ambiente Virtual Construtivista.....	86
7.2 Elementos de um Ambiente Virtual Construtivista .....	87
7.3 O InterAge .....	88
7.3.1 Situações-problema.....	89
7.3.2 Recursos Pedagógicos .....	90
7.3.3 Outros Recursos .....	91
7.3.4 Utilização do InterAge.....	91
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE A - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM TEXTO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE B - MAPAS CONCEITUAIS: UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO NA DISCIPLINA DE FÍSICA DA MODALIDADE NORMAL .....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE C - O MÉTODO CIENTÍFICO: UM TEXTO INTRODUTÓRIO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL .....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE D - UM TEXTO SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.....</b>	<b>125</b>

<b>APÊNDICE E - TÓPICOS INTRODUTÓRIOS SOBRE ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL .....</b>	<b>135</b>
<b>APÊNDICE F - EXPERIMENTOS DE ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL .....</b>	<b>151</b>
<b>APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO APLICADO NO INÍCIO DO ANO LETIVO DE 2004.....</b>	<b>166</b>
<b>APÊNDICE H – SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE A FORMAÇÃO EM FÍSICA DO DOCENTE DAS SÉRIES INICIAIS .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO A – MAPAS CONCEITUAIS CONSTRUÍDOS PELOS ALUNOS .</b>	<b>169</b>
<b>ANEXO B – HISTÓRIAS EM QUADRINHOS SOBRE MODELOS ATÔMICOS E PARTÍCULAS ELEMENTARES.....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXO C – RELATÓRIOS DA PESQUISA SOBRE A VISÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA EM LIVROS DE CIÊNCIAS DAS SÉRIES INICIAIS .....</b>	<b>182</b>

## RESUMO

Este trabalho apresenta o relato de um projeto desenvolvido junto a uma turma do segundo ano de um curso da modalidade Normal (antigo magistério), durante todo o ano letivo de 2004, no colégio Santa Catarina, situado em Novo Hamburgo. Nosso objetivo foi o de implementar unidades didáticas com um caráter fortemente conceitual para contribuir para uma aprendizagem significativa por parte de nossos alunos. Dentre as unidades trabalhadas, abordamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e Joseph Novak. Também desenvolvemos uma unidade específica sobre mapas conceituais, uma vez que estes foram nosso principal instrumento de avaliação juntamente com a construção de histórias em quadrinhos. A discussão sobre a natureza do conhecimento científico também se fez presente em nossa abordagem. Elaboramos, de forma conceitual e livre de qualquer formalismo matemático, uma unidade didática sobre modelos atômicos e partículas elementares, com o objetivo de ampliar o conhecimento dos alunos e também desmitificar conceitos de Física Contemporânea como muito complexos para o ensino médio. Na sequência a abordagem feita sob forma de unidade didática foi sobre tópicos de eletricidade e eletromagnetismo. Nossa metodologia foi baseada na utilização de textos pré-elaborados, aulas expositivas, discussões em sala de aula, utilização de simulações computacionais e experimentos práticos sobre os tópicos abordados. Quanto à formação continuada, propomos a utilização de um ambiente virtual de aprendizagem (denominado InterAge), construído a partir de problemas da prática pedagógica de professores. Neste ambiente todo o material de pesquisa sobre o assunto como também os textos construídos para utilização nas unidades didáticas trabalhadas, estão disponibilizados e poderão ser utilizados por docentes já em atividade. Como resultado de nossa proposta verificamos uma considerável tendência por parte dos alunos, em passar a enxergar a Física como uma Ciência bonita e instigante. Também constatamos uma rica relação entre os conceitos estudados com base nos mapas conceituais elaborados e também nas histórias em quadrinhos. A Física como matéria mais próxima de uma abordagem nas séries iniciais também foi uma concepção presente nas respostas dos alunos em questionário final por nós aplicado. O produto educacional de nosso trabalho se constitui em textos sobre as unidades didáticas implementadas, bem como uma situação-problema e material disponibilizado no ambiente virtual supracitado.

**Palavras-Chave:** formação inicial de docentes, formação continuada de docentes, séries iniciais, aprendizagem significativa, unidades didáticas.

## ABSTRACT

In this work we present a project developed in high school classes in the context of a preparation course for elementary teachers. It took place during the year of 2004 in the Santa Catarina School in the city of Novo Hamburgo. We intended to implement didactical units with a conceptual emphasis and contribute to student's meaningful learning. We developed the following units: The theory of David Ausubel concerning meaningful learning; conceptual maps; the nature of scientific knowledge; atomic models; elementary particles and electromagnetism. For the in-service preparation we proposed the use of a virtual learning environment called InterAge that was thought to help teachers to reflect about their practice. Some results obtained in the scope of our project were evidence of student's conceptual changes concerning critical views of science, physical concepts and, mainly the need to consider seriously about the introduction of Physics in elementary school. Our educational products were texts on the didactical units and their organization in the virtual environment above.

**Keywords:** elementary teachers preparation course, in-service preparation teachers, elementary school, meaningful learning, didactical units.



## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Problema

Acreditamos que o ensino de Física, presente em nossas escolas, possui diversos pontos a serem melhorados. É notória uma espécie de aversão à Física por parte de muitos de nossos alunos, bem como uma visão da Física como ciência inatingível. Acreditamos que muito disto se deve ao fato de que a Física, ainda hoje, é ensinada com um forte caráter matemático, o que por muitos é entendido como uma das principais características desta ciência (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Observamos, ainda, um ensino de Física completamente desvinculado do cotidiano do aluno, o que, com certeza, acarreta em um estigma de ciência difícil, distante da realidade das pessoas e extremamente maçante. A vivência do aluno não é utilizada como elemento facilitador da aprendizagem, o que, possivelmente, tornaria a Física uma ciência menos abstrata e mais atrativa. Desta forma, o ensino de Física, não se valendo da contextualização e da utilização dos conhecimentos prévios dos alunos, fica mecanizado (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a). Utilizando uma metodologia que contribui para uma aprendizagem mecanizada, nós, como docentes de Física, talvez consigamos transformar alguns poucos alunos apenas em “*experts*” na resolução de problemas numéricos, encontrando soluções que, por muitas vezes, não lhes apresentam nenhum significado físico.

Diante deste quadro de real e grande preocupação, muita pesquisa vem sendo feita e, efetivamente, muitos são os que buscam idéias que podem contribuir para a melhoria do ensino de Física. Acreditamos que esta melhoria deva ser estendida a todos os níveis de ensino: educação superior e educação básica. Em função disto, enxergamos um rico campo de

estudo e pesquisa, com a necessidade de urgentes intervenções a Física nas séries iniciais do ensino fundamental. Porém, para uma melhoria significativa do ensino de Física, nesta etapa, não podemos desconsiderar e focalizar com grande preocupação a formação em Física do docente destas etapas iniciais de aprendizagem. Vemos que urge mudanças significativas na formação destes docentes e de que nada adianta a preocupação com a melhoria do ensino de Física nas séries iniciais do ensino fundamental, sem antes uma reflexão aprofundada sobre uma postura séria no trabalho com docentes e futuros docentes desse nível de escolarização.

Neste trabalho, enfocaremos como problemática a formação em Física de futuros docentes das séries iniciais. Acreditamos que a formação específica de outras Ciências como a Química e, até mesmo, a Biologia, em curso de formação de docentes para as séries iniciais, carece de imediata reflexão e revisão, pois o ensino de Ciências na formação de docentes, e posteriormente, nas séries iniciais deve contemplar, de modo uniforme, este bloco de disciplinas. O que, de acordo com Ostermann e Moreira (1999) não ocorre.

Gostaríamos, então, antes de tratar da especificidade da formação em Física destes futuros docentes, fazer uma análise do ensino de Ciências, de forma generalizada, em cursos da modalidade Normal (antigo magistério).

Segundo Delizoicov e Angotti (1990), a situação do ensino de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental é precária e parece estar muito distante de contribuir para uma aprendizagem genuinamente significativa (*op. cit.*, p.15).

Com relação às séries iniciais do primeiro grau, o conteúdo de Ciências Naturais, longe de ser uniforme, apresenta características de fluidez, aperiodicidade e mesmo mal-entendidos e confusões. Não raro é interpretado como uma listagem de termos a serem memorizados alternados por regra ou “regrinhas” o que se pode ou não se pode fazer quanto ao bem estar individual, redundante em mensagens como: “Escovar os dentes...”; “Lavar as mãos devido ao perigo dos micróbios”; “Não deixar plantas no dormitório”; “Cuidados contra choques elétricos”.

Esses autores apontam algumas razões pelas quais o ensino de Ciências, nas séries iniciais demonstra a tendência anteriormente citada (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1990, p.15).

A situação atual do ensino de Ciências Naturais nas classes de 1ª a 4ª séries pode ser compreendida pelas seguintes razões, dentre outras:

- Lacunas na formação dos professores, atribuídas à suposta rejeição ou dificuldade no que tange às disciplinas de cunho científico;
- Inexistência de “tradição” de trabalho metodológico para os programas e os conteúdos de Ciências nos cursos de formação do magistério.

O trabalho desenvolvido por Delizoicov e Angotti procurou mostrar que, mesmo em curso da modalidade Normal, tendo disciplinas de caráter profissionalizante, tais como metodologias e didáticas, estas não são suficientes para uma formação em disciplinas tão específicas como o caso da Física, por exemplo. Concordamos com os autores quando estes apontam que um tratamento adequado das implicações metodológicas do ensino de Ciências na formação de docentes pode contribuir para melhoria do ensino de Ciências em cursos da modalidade Normal. Acreditamos que disciplinas específicas, como a de Física, deva ser abordada sob uma ótica didática, epistemológica e conceitual, de forma consistente, para uma real aproximação da formação do docente com as séries iniciais.

O trabalho desenvolvido por Ostermann e Moreira (1999) relata uma experiência de sala de aula durante um período de um ano, em uma escola pública da cidade de Porto Alegre. Nesta pesquisa, ficam claros elementos que fazem parte da expectativa de alunos do curso de formação de professores das séries iniciais em relação à disciplina de Física, diante de uma metodologia que privilegia a resolução de problemas (*op. cit.*, p.29):

Nossa vivência de um ano com esse ensino nos permitiu concluir que as expectativas e reações das alunas em relação ao ensino de Física praticado na Escola eram do seguinte tipo:

- “As aulas de Física são cansativas”;
- “Estudar Física é estudar matemática?”;
- Não há relação com a vivência do dia-dia;
- A responsabilidade da aprendizagem é toda do professor; o aluno é um mero receptor de conhecimentos;
- Não há envolvimento do aluno, porque não há discussões;
- A Física parece estar deslocada em um curso de formação de professores para as séries iniciais: “Por que precisamos saber Física se não há Física nas séries iniciais?”.

Sabemos que temas de Física são apresentados como fragmentos do componente curricular Ciências dentro das séries iniciais do ensino fundamental e que, também, nas quatro primeiras séries do ensino fundamental, a maior ênfase é dada à disciplina de Biologia, ocorrendo assim, uma excessiva “biologização” dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula.

As razões pelas quais o conteúdo das aulas de Ciências, nas séries iniciais do ensino fundamental, privilegia o estudo de temas relacionados à Biologia estão, de certa forma, intimamente relacionadas com a formação do docente de Ciências desta etapa de ensino. Podemos notar, claramente, uma certa insegurança por parte de docentes em atividades nas séries iniciais. Estes não inserem tópicos de Física em suas aulas por não se sentirem seguros (OSTERMANN e MOREIRA, 1999). Também é relevante considerarmos que, na formação

destes docentes, a Física foi apresentada fortemente matematizada e muito distante de uma formação que tornaria factível uma aproximação com as séries iniciais.

Em entrevistas realizadas com docentes atuantes nas séries iniciais, Ostermann e Moreira (1999, p.46) apresentam uma série de elementos que demonstram porque há um fracasso na inserção da Física nas séries iniciais:

As professoras, em geral, expressaram sua insegurança em relação ao conteúdo de Física de várias maneiras:

- Relatando que o estudo de Ciências na sua formação não foi marcante, devido à ênfase na alfabetização e na Matemática e que a Física estudada era muito teórica e pouco prática;
- Cometendo erros conceituais;
- Revelando medo de se expor;
- Fazendo afirmações vagas e superficiais para camuflarem o desconhecimento sobre o assunto;
- Assumindo uma autocrítica forte em relação ao ensino praticado.

Infelizmente, verificamos, ainda, uma grande falta de comprometimento com a formação em Física de docentes das séries iniciais e também grandes equívocos conceituais, metodológicos e epistemológicos dessa formação e.g. (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1990; OSTERMANN, 1991; OSTERMANN e MOREIRA, 1999; VIDAL *et al.*, 1998).

## 1.2 Formação em Física de Docentes das Séries Iniciais

O docente das quatro primeiras séries do ensino fundamental tem sua formação em nível médio (antigo Magistério ou atual Curso Normal), em sua maioria, ou tem formação superior em Pedagogia, ou mesmo, na modalidade Normal Superior (INEP, 2003). Diferentemente do que muitos possam pensar, hoje no Brasil 64% dos professores atuantes nas séries iniciais do ensino fundamental têm sua formação em nível médio completo (Magistério ou Normal), enquanto que o número de docentes atuantes com formação apenas no ensino fundamental é de apenas 2,8% do total brasileiro (INEP, 2003). Também é importante salientar que uma parcela significativa dos docentes atuantes neste nível de ensino (26,4%) têm o curso de Licenciatura Plena (INEP, 2003).

Deve-se, também, considerar que, entre 1996 e 2003, o número de instituições que oferecia o curso de formação de professores em nível médio reduziu consideravelmente, bem como o número de matrículas nestes cursos (INEP, 2003). Acreditamos que isto se deva à proposta da Lei de Diretrizes e Bases de 1996 (LDBN) que exigia que todos os professores da

educação básica tivessem formação superior até 2007. Com a Resolução nº 01/2003 do Conselho Nacional de Educação (CNE), que torna sem validade a proposta da LDBN de 1996, para professores com formação em nível médio para as séries iniciais, acreditamos que tal quadro tenha uma tendência de considerável reversão (INEP, 2003).

A Física, nos cursos de formação de professores para as séries iniciais, tem sua carga horária de acordo com a instituição de ensino, podendo aparecer no programa nos dois primeiros anos do curso (o que representa uma situação muito próxima da ideal, que seria a Física inserida nos três anos de formação) ou somente fazendo parte da primeira série destes cursos, algo preocupante pela carga horária reduzida. Estes dados foram obtidos a partir de pesquisa realizada em quatro escolas de nível médio da região metropolitana de Porto Alegre<sup>1</sup>.

No nível médio, o ensino de Física para futuros docentes deveria ter um caráter fortemente diferenciado daquele destinado às demais modalidades desse nível, uma vez que ele trata da formação de um futuro docente. É imprescindível para a prática docente, a compreensão correta dos conceitos físicos pertinentes a tal nível, bem como fundamentação teórica sobre o ensino de Ciências, o que vezes não ocorre (OSTERMANN e MOREIRA, 1999).

Quando a análise é feita sobre a situação dos cursos de nível superior, tais como Pedagogia (habilitação séries iniciais) Curso Normal Superior, o problema parece ser ainda mais preocupante, uma vez que, em três instituições de ensino superior situadas na região metropolitana de Porto Alegre<sup>2</sup>, verificou-se que, em nenhum dos cursos existe uma disciplina específica de formação em Física. Quando muito, encontramos disciplinas como “Metodologia do Ensino de Ciências”, em cujos programas não constam nenhum tópico específico referente à Física.

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o curso de Pedagogia oferece uma disciplina de caráter obrigatório denominada “Ensino de Ciências Físicas e Biológicas: Conteúdo e Didática I”, em que se pode verificar, em sua súmula, que a abordagem de conceitos físicos faz parte do curso, o que é um avanço em relação aos demais cursos pesquisados. Porém, para a atuação docente, uma única disciplina de Ciências, é, sem

---

<sup>1</sup> As escolas pesquisadas foram: Colégio Santa Catarina (Novo Hamburgo), Colégio São José (São Leopoldo), Instituto Estadual de Educação Professor Pedro Schneider (São Leopoldo) e Instituto Concórdia (São Leopoldo).

<sup>2</sup> As instituições de ensino superior pesquisadas foram: FEEVALE (Pedagogia e Normal Superior), UNISINOS (Pedagogia) e ULBRA (Pedagogia).

dúvida, alguma, muito pouco, tendo em vista o nível de conhecimento conceitual que um docente de Ciências (mesmo das séries iniciais do ensino fundamental) deve ter.

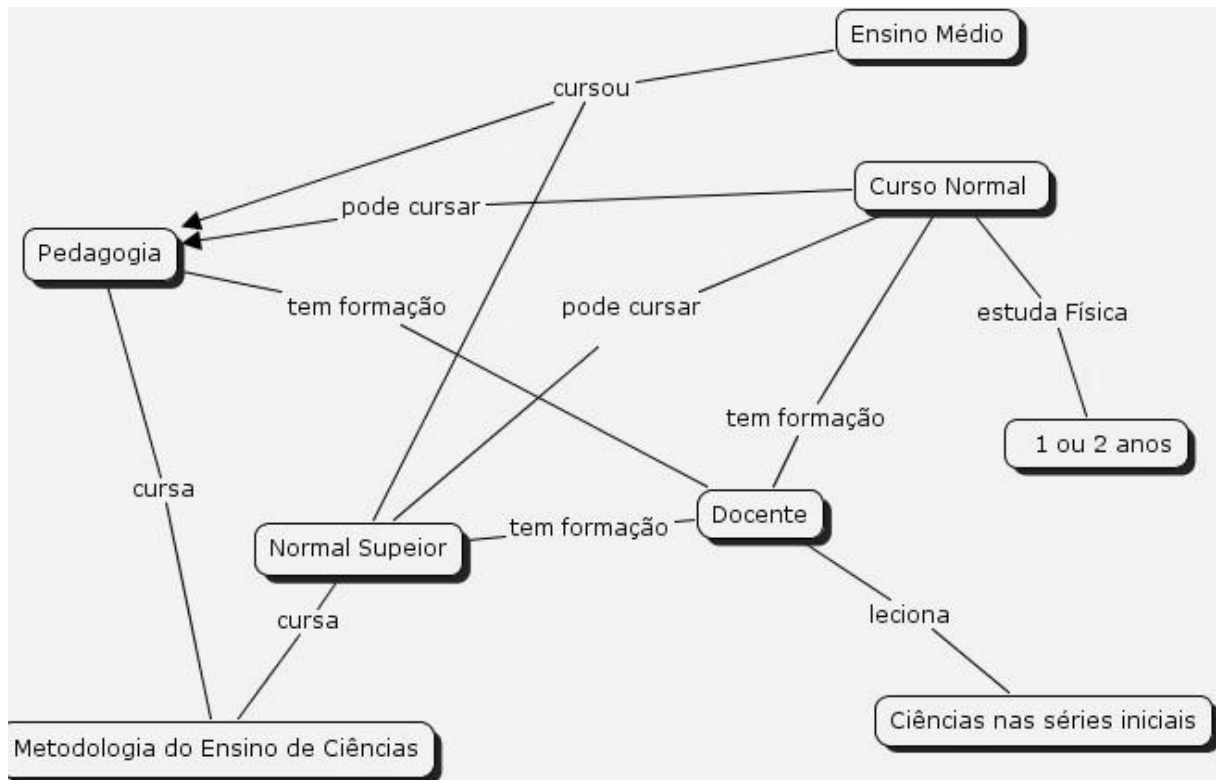
Esta preocupação é pertinente, pois o aluno, da faixa etária em questão, tem como característica uma natural curiosidade pelo mundo que o cerca (OSTERMANN e MOREIRA, 1999) e acredita-se que tal interesse, quando manifestado em forma de questionamento, seja um terreno fértil para a construção inicial de uma alfabetização científica adequada. Obviamente, também, deve existir o cuidado para que o docente evite que erros conceituais sejam transmitidos aos alunos.

Comparando-se a formação em Física dos cursos de formação de professores das séries iniciais do ensino fundamental, verifica-se um retrocesso na formação em nível superior, quando comparada com a de nível médio. No nível médio, constatou-se que existe, pelo menos, uma disciplina específica de Física no programa dos cursos pesquisados, enquanto que, no nível superior, foram encontradas, no máximo, disciplinas de metodologia de ensino de Ciências em que o conteúdo de Física, quando existia, era muito reduzido. Analisando tal situação, pode-se concluir que é evidente e justificada a existência de sistemas mentais incompletos ou precários nos conceitos físicos destes futuros professores (VIDAL *et al.*, 1998) e que, paradoxalmente, houve um retrocesso, do ponto de vista do ensino de Física, quando essa formação foi “promovida” para o nível superior.

Acreditamos que tópicos de Física podem ser perfeitamente inseridos nas aulas de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental; no entanto, sabemos da resistência que os docentes desta disciplina oferecem a esta prática.

Segundo Ostermann e Moreira (1999), muito desta resistência tem início, exatamente na formação destes professores o que, possivelmente, é consequência de uma prática docente não diferenciada em relação à vigente. Existe uma evidente percepção de que a Física está deslocada em um curso de formação de professores para as séries iniciais, pois, pensa-se que esta, dificilmente, poderá ser implementada nas séries referidas. Se a Física já se apresenta como uma Ciência extremamente complicada para estudantes do ensino médio, necessariamente, ficará inviabilizada no ensino fundamental.

Apresentamos na Figura 1, um mapa conceitual baseado em nossas pesquisas, sobre as atuais possibilidades de formação em Física que um docente das séries iniciais do ensino fundamental pode ter.



**Figura 1:** Mapa Conceitual sobre as possíveis formações em Física que o docente das séries iniciais pode ter.

### 1.2.1 Legislação Sobre a Formação de Docentes das Séries Iniciais do Ensino Fundamental

Hoje, no Brasil, o curso que forma professores em nível médio para o exercício de docência nas séries iniciais do ensino fundamental é o Curso Normal. O Curso Normal, anterior ao advento da LDBN (BRASIL,1996), apresentava três núcleos distintos. O núcleo comum, obrigatório em nível nacional (Resolução Conselho Federal de Educação 06/86 e Parecer Conselho Federal de Educação 785/86), os estudos obrigatórios (artigo 7º da Lei nº 5692/71) e uma parte diversificada (definidos pelo Conselho Estadual de Educação, podendo ter acréscimos de acordo com a instituição, mas sempre com o aval final do Conselho Estadual de Educação). A Física aparece no núcleo comum de disciplinas, portanto, faz parte da gama de disciplinas que é obrigatória a todos estudantes de nível médio no Brasil.

A resolução da Câmara de Educação Básica (CEB) 02/1999 traz as atuais diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da modalidade Normal em nível médio. Este parecer estabelece que, considerada a flexibilidade da LDBN, a critério das escolas, o Curso Normal passa a ter diversas possibilidades de organização. Este documento, ainda, estabelece que o docente deve ter sua formação voltada para que ele possa desenvolver

práticas educativas que sejam constituidoras de indivíduos autônomos na construção significativa do processo educativo.

Com o advento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), o ensino médio passou a ser responsabilidade dos estados e, conseqüentemente, as leis, pareceres e resoluções sobre o Curso Normal, em nível médio, em sua maioria, passaram a ser elaboradas pelos estados brasileiros. No Rio Grande do Sul, o principal documento sobre a formação de docentes, através do Curso Normal em nível médio, é a resolução do Conselho Estadual de Educação (CEED) nº 252 de 5 janeiro de 2000. Este documento traz orientações específicas sobre: projeto pedagógico, aproveitamento de estudos, estágio profissional, requisitos essenciais de infra-estrutura, dentre outros. Em nossa pesquisa nas escolas que possuem o Curso Normal e também na 2ª coordenadoria estadual de educação, este foi o documento apresentado quando solicitávamos o documento legal em que a construção da grade curricular deveria estar amparada.

Na formação superior, a resolução CNE/CP 1, de 18 fevereiro de 2002 é o documento que Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica em nível superior nos cursos de licenciatura de graduação plena. Este documento orienta de forma geral todos os cursos de formação de docentes da educação básica, dentre eles, o curso de Pedagogia e o Normal Superior.

Não encontramos, nos documentos pesquisados, algum que abordasse, de forma específica, a formação em Física ou em qualquer outra Ciência, dos docentes das séries iniciais, tanto para o nível médio como para o superior. Acreditamos que esta especificação, por parte de documentos legais, faz-se necessária. A não existência destas especificidades aponta para uma despreocupação na formação em Ciências, por parte daqueles que elaboram as diretrizes balizadoras da formação dos professores das séries iniciais em nível médio e superior.

### **1.3 Justificativa**

Acredita-se que elementos de Física são de grande interesse por parte dos alunos das séries iniciais, pois despertam a curiosidade dos mesmos sobre os fenômenos existentes na natureza e assuntos relacionados aos recursos tecnológicos presentes em seu cotidiano. Sendo assim, seria de grande valia um curso na forma de unidades didáticas nas quais os conceitos físicos possam ser trabalhados com professores das séries iniciais em formação inicial e



continuada de um modo em que se busque, não meramente uma aprendizagem skinneriana (mecânica), mas, uma aprendizagem baseada em concepções já existentes, compartilhadas pelos professores (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a).

A idéia é desenfatizar a matematização da Física, e que o trabalho a ser desenvolvido no âmbito deste projeto, possua um forte caráter qualitativo e conceitual, com o objetivo de reverter a concepção de que a Física é extremamente complicada e distante da realidade do aluno e aproximar o conhecimento do docente de uma desejável aplicação de conteúdos de Física das séries iniciais.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL,1997), na área de Ciências Naturais para as séries iniciais do ensino fundamental, enfatizam assuntos como: Terra, universo, meio ambiente e recursos tecnológicos presentes no cotidiano dos alunos. Desta forma, uma abordagem didática sobre tópicos de Física para a formação dos docentes das séries iniciais, tem o amparo de documentos legais. Bruner *apud* Moreira (1999b, p.81) também considera que através de uma transposição didática honesta, qualquer assunto pode ser trabalhado com crianças: “[...] é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento”.

#### **1.4 Objetivo**

Este trabalho tem por objetivo contribuir para a melhoria do ensino de Física nos cursos de formação de professores na modalidade Normal, como também, preencher eventuais lacunas existentes na formação de professores, em serviço, nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. A idéia é construir unidades didáticas que auxiliem na formação de professores e que permitam que o conhecimento físico seja adequadamente incorporado nas aulas de Ciências.

O produto educacional desenvolvido, no âmbito deste projeto é um texto que contempla os conteúdos ministrados nas unidades didáticas, voltadas para uma formação pedagógica, epistemológica e conceitual, direcionadas para a formação inicial e continuada de professores das séries iniciais.

Nosso trabalho não tem como objetivo apresentar a Física para as séries iniciais, mas sim contribuir, especificamente, para a formação do docente das mesmas. Infelizmente, constatamos que muitas pessoas confundem a proposta do mesmo. Reiteramos que trabalhos

voltados para as séries iniciais como Carvalho *et al.* (1998) e Schroeder (2005) têm este enfoque específico, pois apresentam uma proposta de transposição didática. Obviamente, procuramos formar docentes para que consigam a partir dos conhecimentos construídos, uma futura transposição didática de tópicos de Física. Para isto é fundamental que estes estejam conceitualmente embasados.

Temos o objetivo de contemplar a formação, tanto dos futuros docentes, como dos que já se encontram em atividade, pois constatamos em nossa pesquisa, que falhas de formação existem nos dois casos. Nossa proposta de formação continuada será implementada, através de um ambiente de aprendizagem com um caráter construtivista e voltado, especificamente, para essa formação (REZENDE *et al.*, 2003). Neste ambiente, os textos e parte do produto educacional serão disponibilizados, bem como uma série de materiais que foram de grande auxílio na realização de nossa pesquisa.

Não temos a intenção de apresentar receitas, mas sim, apontar caminhos. Em nossa pesquisa, verificamos a necessidade de uma reformulação, na formação em Física, dos docentes das séries iniciais e, desta forma, propomo-nos a implementar unidades que, ao nosso ver, são fundamentais e podem contribuir para uma formação mais completa de um docente que encara seu aluno como um agente ativo na construção de seu próprio conhecimento. Para tanto, toda nossa pesquisa foi voltada para a construção de um material que fosse potencialmente significativo (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a).

Pensamos e elaboramos nosso material educacional para ser utilizado como texto de apoio para docentes das séries iniciais, tanto na formação inicial como na continuada e, ainda, por professores da disciplina de Física ou de metodologia do ensino de Ciências que lecionam em cursos da modalidade Normal, tanto em nível médio como em nível superior.

As unidades didáticas elaboradas, mais precisamente nos tópicos concernentes à Física, foram escolhidas por motivos diversos dentre os quais apontamos a inexistência, quase que por completa, de tópicos relacionados com eletricidade e eletromagnetismo em cursos de formação de professores das séries iniciais. Este assunto se encontra presente em diversos fenômenos do cotidiano dos alunos nas escolas. Vemos, nestes fenômenos, um rico campo para a introdução de um assunto que está apoiado, inclusive, em documentos legais, quando os PCN (BRASIL, 1997) apontam para a inserção de recursos tecnológicos como tópico a ser abordado nas aulas de Ciências.

Outro tópico de nossas unidades didáticas trata dos modelos atômicos e das partículas

elementares. Sabemos que tal assunto, raramente, aparece nos programas da disciplina de Física do ensino médio convencional, porém, pensando em inovar, aceitamos o desafio com o objetivo de mostrar aos alunos e professores que, de forma honesta, poderíamos ensinar este assunto tão interessante e fascinante, como também caminhar para uma reestruturação dos programas atuais de Física nos cursos de formação de docentes das séries iniciais. Se a formação do docente se der em nível superior, mais ainda se justifica um tópico de Física Moderna e Contemporânea no currículo. Mesmo que o futuro docente não venha a tentar transpor, didaticamente, tal assunto, no mínimo, ele irá lhe proporcionar um conhecimento mais amplo e atual de Física.

As outras três unidades didáticas desenvolvidas, no âmbito deste projeto (Aprendizagem Significativa, Mapas Conceituais e Método Científico), têm, por objetivo, proporcionar ao docente um embasamento teórico sobre as teorias de ensino-aprendizagem e Epistemologia da Ciência, que são imprescindíveis para a formação de um docente que tem a intenção de ser um profissional com poder de reflexão e que vise trabalhar livre do “achismo” que, infelizmente, está presente em muitas salas de aula.

Lembramos, ainda, que estas unidades didáticas são, na realidade um recorte do que se fez durante um ano letivo, ou seja, não deixamos de trabalhar com estes futuros professores, tópicos de Física como energia mecânica, energia térmica, mudanças de fase da matéria e hidrostática. Estes assuntos que estavam presentes no programa inicial do curso foram devidamente trabalhados e qualquer um destes tópicos podem, perfeitamente, ser transformados em uma unidade didática em forma de texto independente dos demais.

Nosso trabalho descreve e analisa a implementação de unidades didáticas na formação inicial e continuada de docentes das séries iniciais do ensino fundamental. Para tanto, valemos de uma proposta que privilegia o enfoque conceitual da Física. Também, abordamos toda uma parte teórica com o objetivo de subsidiar o nosso trabalho, mas, principalmente, de fornecer fundamentação teórica para a formação deste docente.

Neste primeiro capítulo, introduzimos o problema da formação em Física do docente das séries iniciais. Este capítulo traz também justificativas para nossa proposta e apresenta nossos objetivos em relação à mesma.

O segundo capítulo aborda o contexto em que nosso projeto foi aplicado. Fazemos, neste capítulo, uma breve análise histórica do Curso Normal e apresentamos algumas reflexões a partir da prática encontrada no ensino de Física para este curso.

O terceiro capítulo apresenta as referências teóricas que foram utilizadas para orientar a proposta, enquanto que o quarto, apresenta os estudos relacionados, que exibem os trabalhos pesquisados, especificamente, sobre o tema que discutimos ou que tenha com alguma relação com o mesmo.

O capítulo cinco refere-se especificamente à formação inicial de docentes das séries iniciais do ensino fundamental. No sexto capítulo, apresentamos resultados obtidos na formação inicial com a implementação das unidades didáticas.

O sétimo capítulo trata da formação continuada de docentes e mostra, com detalhes, o ambiente virtual utilizado para este fim. Alguns pressupostos teóricos são apresentados com o objetivo de fundamentar esta implementação. O oitavo capítulo mostra nossas conclusões, bem como uma série de reflexões e algumas sugestões sobre a formação inicial e continuada de docentes das séries iniciais. O último capítulo traz as referências citadas no “corpo” do trabalho.

Há também apêndices formados pelos textos construídos antes, durante e após a implementação das unidades didáticas, questionários e pela situação-problema construída para fazer parte do produto educacional direcionado aos docentes que já se encontram em atividades. Os Anexos contam com alguns exemplos de materiais produzidos pelos alunos, tais como: mapas conceituais, histórias em quadrinhos e relatórios sobre livros de Ciências das séries iniciais do ensino fundamental.

## 2 CONTEXTO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Nossa pesquisa foi desenvolvida e implementada no colégio Santa Catarina, uma escola privada com cerca de 1800 alunos, situada na cidade de Novo Hamburgo, cidade esta pertencente ao vale dos Sinos, que faz parte da região metropolitana de Porto Alegre no estado do Rio Grande do Sul. Trabalhamos durante todo o ano de 2004 em uma turma de segundo ano do Curso Normal, composta por 37 alunos, 36 do sexo feminino e um aluno do sexo masculino. Estes alunos tiveram a disciplina de Física no primeiro ano com o professor que é responsável por todas as turmas de primeiro e segundo ano, de todos os cursos desta escola, exceto obviamente a turma em que desenvolvemos o projeto.

O colégio Santa Catarina foi fundado em 1900 pelas irmãs da congregação de Santa Catarina da Alemanha. É, sem dúvida, uma referência na formação de docentes para as séries iniciais do ensino fundamental em toda a região do vale dos Sinos.

A formação de docentes para as séries iniciais, neste estabelecimento teve seu início no ano de 1910 através da chamada escola Complementar. A formação de docentes, no início do século XX, no estado do Rio Grande do Sul, era coordenada pelo Estado e efetuada em instituições denominadas escola Complementares (MELLO, 1995).

O curso complementar foi então o primeiro curso de formação de docentes existentes no estado do Rio Grande do Sul, baseado no Decreto Estadual nº 874, de 28/02/1906, p.06. *apud* Mello (2005). A grade curricular do decreto, representada pela Tabela 1, apresenta as disciplinas e sua respectiva carga horária mínima obrigatória. Com base no quadro, podemos concluir que, no início do século, a ênfase dada na formação em Física de docentes era praticamente nula, pois, conforme mostra o quadro, não existia nenhuma obrigatoriedade na inserção de tópicos de Física nos conteúdos do curso complementar. Em nossa pesquisa, verificamos um pequeno avanço da carga horária de Física dos cursos atuais, quando

comparados com os primeiros cursos de formação.

**Tabela 1:** Grade Curricular para a Formação de Docentes baseada no Decreto Estadual de 28/02/1906

Materiais de Ensino	Horas por Semana		
	1ª série	2ª série	3ª série
Português	6	5	1
Francês	3	3	2
Alemão	2	2	2
Geografia	2	2	2
História	2	2	2
Pedagogia			2
Noções de Direito Pátrio			2
Aritmética			
Álgebra	6	6	6
Geometria e Trigonometria			
Física, Noções de Mecânica			
Química	5	6	4
História Natural			
Desenho	2	2	2
Música	2	2	2
Total	30	30	30

No colégio Santa Catarina, a Física aparece no primeiro e no segundo ano do Curso Normal, apresentando um total de 133 horas. Tanto no primeiro, como no segundo ano, o número de horas aula semanais é de duas. Este aspecto representa um avanço em relação às demais escolas pesquisadas. A grade curricular vigente no Curso Normal desta instituição se encontra na Tabela 2.

**Tabela 2:** Grade Curricular atual do Curso Normal de Nível Médio do Colégio Santa Catarina

Componente Curricular	Total de Horas
Língua Portuguesa	266h
Literatura	66h
Educação Artística	66h
Educação Física	200h
Informática	33h
Língua Inglesa	133h
Língua Espanhola	100h
Matemática	200h
Física	133h
Química	166h
Biologia	100h
Educação Religiosa	200h
História	133h
Geografia	100h
Filosofia da Educação e Ética Profissional	100h
História da Educação	33h
Antropologia	33h
Psicologia da Educação	133h

Continua...

...Continuação

<b>Componente Curricular</b>	<b>Total de Horas</b>
Sociologia da Educação	66h
Biologia da Educação	66h
Noções de Neurociência	16h
Estrutura e Funcionamento do Ensino	66h
<b>Teoria e Prática de:</b>	
Didática Geral	100h
Linguagem e Produção de Textos	100h
Matemática	66h
História	33h
Geografia	33h
Ciências	66h
Educação Artística	33h
Educação Física	33h
Educação Religiosa	33h
<b>TOTAL DE HORAS</b>	<b>2905h</b>
Estágio Profissional	400h
<b>Total Final</b>	<b>3305h</b>

Em entrevista com a coordenação pedagógica do curso recebemos a informação de que no total de horas da disciplina de Física é obrigatório que, pelo menos, 20% das aulas sejam de caráter prático. Mais uma vez temos uma situação privilegiada em relação às demais instituições pesquisadas.

Dentre todas as instituições pesquisadas, esta escola foi a única que apresentou alguma preocupação real de ensinar a Física, tendo em vista uma aproximação entre o que se trabalha em sala de aula e a realidade futura destes alunos. No entanto, notamos que muitos aspectos poderiam ser melhorados no que se refere a uma formação em Física realmente embasada teoricamente e mais próxima das aulas de Ciências das séries iniciais.

No trabalho de Ostermann e Moreira (1999, p.12) é feita reflexão sobre tal situação:

[...] nossa hipótese inicial, corroborada por resultados da pesquisa em ensino de Física em um curso de formação de professores para as séries iniciais é que a Física, apesar de pertencer ao Núcleo Comum, também deveria ser responsável pela formação profissional, pois na prática, ela está intimamente comprometida com o ensino dos primeiros conceitos físicos que futuramente ocorrerá nas séries iniciais no ensino de Ciências.

Para uma melhor análise da situação real em que a implementação deste projeto de mestrado ocorreria, optamos por realizar uma pesquisa, no início do ano letivo de 2004, com os alunos da turma de segundo ano do Curso Normal do Colégio Santa Catarina.

Nesta pesquisa, foram feitas perguntas abertas aos alunos. A seguir, apresentamos algumas perguntas juntamente com algumas respostas. Cada travessão corresponde a uma

resposta, na íntegra, dada por um aluno.

Pergunta: Qual a imagem que você traz da Física de anos anteriores (1º ano e 8ª série)?

- Péssima, pois acho que nem os professores sabiam o que estavam falando.
- Apesar de ter aprendido física no ano passado, acho que é uma matéria que necessita de bastante atenção. Em meu caso tenho um pouco de dificuldade, pois não levo muito jeito com a matemática.
- Pra falar a verdade, eu gosto da matéria de física, mas nesses 2 anos não tive professores que agradaram muito.
- Não gostei muito de física, talvez seja porque não ia muito bem.
- Eu achei a física muito complicada, difícil, talvez pelo professor ou algo parecido.
- A idéia que primeiro me vem a cabeça é a de fórmulas de aceleração, velocidade em função do tempo, etc [...] Bastante cálculos também.
- Não muito boas, pois não conseguia entender a matéria e vivia dependendo de provas para passar.
- Foi horrível, pois só tive física no primeiro ano e no primeiro trimestre não me adaptei e tirei 4,5, então tive que estudar muito nos dois últimos para recuperar.
- Quando o professor explicava no quadro eu entendia, mas quando chegava a hora da prova ou dos exercícios eu não conseguia concluir a questão.
- Eu sempre gostei de física, gosto bastante porque mexe com cálculos.
- É uma matéria interessante, mas meio complicada.
- Olha, ou os alunos dormiam na aula e não aprendiam nada, ou se “quebravam” para entender o que o professor falava, pois era um gênio da Física, mas o problema era explicá-la para nós.

Com base nas respostas dadas, podemos corroborar a pesquisa feita por Ostermann e Moreira (1999). Verificamos que, no primeiro ano, a Física se apresentou com todos os estigmas de Ciência inatingível e complicada que ela carrega. Notamos, também, que nas aulas existiu uma excessiva preocupação com a resolução de problemas numéricos o que, no nosso ponto de vista, contribui fortemente para uma aprendizagem mecânica.

Também verificamos que, em nenhum momento, foram citados experimentos, apesar



de terem sido realizados, mas pelo conteúdo das respostas, acreditamos que estes podem ter tido um potencial significativo, quase que desconsiderável. Infelizmente, as respostas dadas pelos alunos vieram a confirmar uma expectativa que trazíamos das pesquisas realizadas na revisão da literatura deste trabalho e nas escolas anteriormente citadas. Porém, acreditamos que elas contribuiriam para uma série de reflexões sobre a formação em Física dos docentes das séries iniciais do ensino fundamental.

Para obtermos um diagnóstico mais preciso sobre a leitura que os alunos desta turma de aplicação do projeto faziam sobre a disciplina de Física, fizemos o seguinte questionamento:

Em sua opinião a Física deve ser ensinada da mesma forma no Curso Normal e no ensino médio regular?

- Acho que sim, porque futuramente no vestibular será mais fácil, e não tem porque não ser igual.
- Acho que sim, para nos facilitar no vestibular.
- Não, acho que deve ser mais prática para podermos ensinar melhor.
- Não, porque o Curso Normal tem que ter uma formação para depois também poder formar e o ensino médio tem uma aprendizagem diferente para depois prestar vestibular.
- Eu acho que não, porque se a gente desde as séries iniciais começar a aprender física já teremos uma outra imagem e facilidade de aprender.
- Na minha opinião, a física do ensino normal requer uma atenção especial, pois é preciso preparar as crianças para que estas, futuramente, sejam jovens que compreendam e gostem deste componente curricular.
- Acredito que a Física deve ser dada com a mesma estrutura para o Curso Normal, considero importante ensinar de uma maneira com que nós no futuro também possamos aplicá-la com nossos alunos. Pois é algo que poucas professoras utilizam quando vão ensinar, por não saber como.
- Acho que não, porque no Curso Normal a Física não tem tanta importância como no ensino médio.
- Sim, já que nós do Curso Normal também iremos fazer vestibular, e dificulta muito se o ensino for diferente do que o do ensino médio.

- Não. Acho que no Curso Normal deve ser diferente, pois devemos aprender como dar aulas de física para as crianças de 1ª a 4ª série.
- Não, pois quem está no Curso Normal, pretende ser professora, e precisa saber como se deve dar aulas.
- Não, porque para o Curso Normal deve ser um estudo mais aprofundado.
- Não, pois precisamos saber passar a Física para os alunos, mas precisamos saber também a base desta por causa do vestibular.

Baseados nesta série de respostas podemos constatar que alguns alunos têm uma real dimensão sobre a necessidade de diferenciação, entre o ensino de Física no Curso Normal e o ensino de Física em outras modalidades de nível médio. Acreditamos que estes devem ser diferenciados, pois na formação inicial destes docentes, julgamos que seja imprescindível que estes tenham noções epistemológicas e conceituais, livres de concepções ingênuas, para que a disseminação dos mesmos seja consideravelmente reduzida por parte destes futuros professores. Por outro lado, é notório que alguns alunos possuem uma visão equivocada da real finalidade da Física ensinada no Curso Normal. Para nós, fica claro que alguns alunos, por ocasião da realização da pesquisa, consideravam que o ensino de Física no Curso Normal tinha somente uma finalidade: o exame vestibular.

Em outro questionamento, preocupamo-nos em verificar se, mesmo que nosso aluno do Curso Normal acreditasse ser a Física importante em sua formação, qual seria seu ponto de vista sobre uma real e viável transposição didática da mesma para as séries iniciais do ensino fundamental. Novamente, apresentamos respostas na íntegra, e cada travessão corresponde à resposta de um aluno diferente.

Pergunta: Você acredita que a Física possa ser inserida no conteúdo de Ciências do ensino fundamental? Justifique sua resposta.

- Sim, pois desde cedo as crianças deveriam ter contato com a Física para no futuro não ter tanto “medo”.
- Não sei, talvez seria difícil e chato para as crianças que ainda vão para a escola com a intenção de brincar.
- Não sei, porque acho que não tive. Mas talvez seria importante, até para não ser aquela coisa de sempre (animais, plantas, etc).
- Acho que sim, porque eu nunca tive física nas séries iniciais e acho que se eu

tivesse tido, não teria tanta dificuldade agora.

- Acho que pode, acho que Física é como qualquer outra matéria.
- Muito importante, pois está presente no nosso dia-dia, e quando o professor começa a trabalhá-la já nas séries iniciais, diminui o medo e a insegurança do aluno posteriormente em relação à matéria.
- Sim. Pois é ótimo para as crianças saberem, terem uma noção do que irão estudar no ensino médio, facilitando a aprendizagem.
- Não, pois acho meio complicado para crianças dessas idades.

Esta série de respostas mostra uma postura mais consciente destes alunos em relação a uma futura inserção de tópicos de Física nas aulas de Ciências. Sabemos que esta análise com uma amostra tão pequena, certamente, pode diferir consideravelmente da análise de uma amostra maior que mostre a tendência de toda uma população; porém, para nossa pesquisa e aplicação do nosso projeto de mestrado, ela se mostra muito importante e, com certeza, temos uma maior facilidade de implementação de nosso projeto no sentido de conscientização da importância da formação em Física para futuros professores das séries iniciais.

O questionário aplicado com os alunos possui mais perguntas (Apêndice G), mas acreditamos que estas três podem, de forma satisfatória, dar-nos uma dimensão sobre o perfil dos alunos com os quais o projeto de mestrado seria implementado. As respostas apresentadas nos remetem a uma profunda reflexão. Primeiramente, assim como já constatado por Ostermann (1991 e 1999), verificamos que, em nossa escola o ensino de Física na preparação de futuros docentes das séries iniciais apresentava uma tendência que, possivelmente, não contribuiria para uma melhora no ensino de Física nessas séries.

Questionamos, primeiramente, o programa de conteúdos trabalhados, principalmente, no primeiro ano. Infelizmente, ocorreu, especificamente, com esta turma, o que ocorre com uma grande parte de turmas de primeiro ano do ensino médio: a Cinemática toma a maior parte do tempo dentre os conteúdos desenvolvidos, ou seja, existiu nesta turma uma ênfase demasiada em Cinemática, conteúdo que acreditamos que foi apresentado fortemente focado na resolução de problemas numéricos.

Constatamos, também, que mesmo tendo sido realizado experimentos com estes alunos, no ano anterior, não conseguimos detectar uma aprendizagem significativa dos mesmos para estes estudantes. Vemos experimentos com fundamental importância para que

consigamos uma aprendizagem significativa, por parte de nossos alunos. Não acreditamos, no entanto, que a utilização destes estejam livres de qualquer análise mais aprofundada relativa às questões metodológicas, pedagógicas e epistemológicas antes de serem implementados. Segundo Ausubel *et al.* (1980), existem duas condições para que ocorra uma aprendizagem significativa. A primeira delas é que o material instrucional seja potencialmente significativo e, a segunda, diz que só ocorrerá a aprendizagem significativa se o aprendiz estiver pré-disposto para tal. Considerando a primeira condição, dificilmente, uma aula de laboratório alcançará o objetivo de ser potencialmente significativa sem que o docente considere o conhecimento prévio dos alunos e aspectos pedagógicos e epistemológicos.

Temos interesse de que nosso aluno seja um agente ativo na construção de seu próprio conhecimento, porém, infelizmente, encontramos muitos docentes confundindo aprendizagem por descoberta com mera manipulação de instrumentos (MOREIRA, 1999b). Segundo Carvalho *et al.* (1998), se temos a verdadeira intenção de que nosso aluno realmente construa seu conhecimento através da experimentação, devemos enfatizar elementos já presentes na estrutura cognitiva do estudante e jamais desconsiderar a presença do professor nestas atividades (*op. cit.*, p.20).

De uma perspectiva construtivista, não se espera que por meio do trabalho prático, o aluno descubra novos conhecimentos. A principal função das experiências é, com ajuda do professor e a partir das hipóteses e conhecimentos anteriores, ampliar o conhecimento do aluno sobre fenômenos naturais e fazer com que ele as relacione com sua maneira de ver o mundo.

Nessa perspectiva construtivista e com o objetivo de melhorar a formação do professor de 1ª a 4ª séries, implementamos unidades didáticas à luz do referencial teórico descrito no próximo capítulo.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A maioria dos cursos de formação de professores, tanto em nível médio como em nível superior, faz uma abordagem sobre alguns teóricos da aprendizagem. Jean Piaget e Lev Vygotsky, provavelmente, sejam os dois teóricos construtivistas mais estudados nestes cursos. Diante desta situação, resolvemos enfatizar o estudo dos princípios básicos das teorias de dois outros autores: David Ausubel e Joseph Novak. Tendo como um dos objetivos apresentar um novo referencial a estes estudantes, para que possam ampliar o conhecimento dos mesmos sobre as teorias de aprendizagem e futuramente utilizá-las. Esta, porém, não é a principal justificativa para a escolha destes referenciais.

Nosso trabalho visa uma abordagem fortemente conceitual dos tópicos de Física. Vemos, como um instrumento de avaliação de grande relevância para este tipo de enfoque, os mapas conceituais (NOVAK e GOWIN, 1989). Mais importante ainda é o fato de que, em todo momento, através de uma perspectiva construtivista, tentamos contribuir para que nossos alunos aprendessem de forma significativa. Os mapas conceituais estão fundamentados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak e são, novamente, muito úteis na avaliação de evidências de aprendizagem significativa na estrutura cognitiva do aluno (MACHADO e OSTERMANN, 2005).

Quanto à questão da visão empirista-indutivista, muito presente na estrutura cognitiva de docentes das séries iniciais (OSTERMANN e MOREIRA, 1999), escolhemos três epistemólogos modernos: Thomas Kuhn, Karl Popper e Imre Lakatos. Nossa preocupação foi utilizar uma visão contrária ao empirismo-indutivismo que estes epistemólogos apresentam. Mais importante do que mostrar aos alunos como a Ciência é construída, preocupamo-nos em promover a superação da concepção de método científico tão difundida em nosso meio.

### 3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A aprendizagem significativa é, sem dúvida alguma, um dos termos atuais mais utilizados em educação. Educadores falam que os alunos devem aprender significativamente, mas afinal, o que é realmente aprendizagem significativa?

A teoria da aprendizagem significativa foi desenvolvida pelo psicólogo americano David Ausubel na década de 60 (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a). Nesta época, estava no auge uma linha educacional que ressaltava elementos muito relacionados com o treinamento do aprendiz. Diferentemente do cognitivismo, esta corrente não se preocupava com fatores intervenientes entre um estímulo e uma resposta, baseando-se no reforço e no comportamento observável do indivíduo. Tal linha denominava-se comportamentalismo ou behaviorismo (do inglês *to behavior* que significa comportar). O comportamentalismo teve como seu principal ícone, B.F. Skinner. Foi neste contexto que Ausubel começou a desenvolver e a apresentar sua pesquisa sobre aprendizagem significativa.

Podemos admitir a existência de três tipos de aprendizagens: cognitiva, afetiva e motora. Dentre estas, a teoria de Ausubel está enfocada na aprendizagem dita cognitiva, aquela que, segundo Moreira (1999a) resulta de um armazenamento organizado de informações do ser que aprende, sendo este complexo denominado de estrutura cognitiva do indivíduo.

#### 3.1.1 Aprendizagem Significativa

Segundo Ausubel *et al.* (1980), a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação relaciona-se de modo não arbitrário com outra informação pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Desta forma, os dois conhecimentos, o novo e o antigo, relacionam-se e formam um terceiro, modificado.

Para exemplificarmos de forma simplificada tal processo, podemos lançar mão do conceito de energia cinética<sup>3</sup> já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o conceito novo de conservação de energia<sup>4</sup> lhe for apresentado, este se relacionará com o

---

<sup>3</sup> Energia cinética é a energia que está associada ao movimento de um corpo ou partícula.

<sup>4</sup> Este princípio diz que a energia não pode ser criada nem destruída, somente transformada.

conceito de energia cinética e, deste modo, será formado um terceiro conceito mais enriquecido. Cabe ressaltar que este é um processo dinâmico em que o novo conceito formado passa a ser um novo conhecimento que pode servir de futuro ancoradouro para novas aprendizagens (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a e 1999b).

Ausubel denominou este conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aluno, de *subsunçor*, ou seja, *subsunçor* é todo o conhecimento prévio do aprendiz que pode servir de ancoragem para uma nova informação relevante para o mesmo; deste modo se existir uma relação substantiva entre os dois, temos a aprendizagem significativa.

### 3.1.2 Organizadores Prévios

De acordo com a teoria de Ausubel, toda aprendizagem para ser significativa necessita de que existam conhecimentos prévios, os chamados *subsunçores*. No entanto, nem sempre estes elementos estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste caso, Ausubel propõe a utilização dos chamados *organizadores prévios*.

Organizadores prévios, segundo Moreira e Ostermann (1999) são materiais que têm por objetivo preencher uma lacuna existente entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber. Porém, não podemos confundi-los com meras introduções de determinados assuntos. Os organizadores prévios possuem um grau de generalização maior do que as introduções comumente utilizadas por muitos docentes.

### 3.1.3 Aprendizagem Mecânica

Em contraponto à aprendizagem significativa, Ausubel propôs a aprendizagem mecânica. Este tipo de aprendizagem, diferentemente do processo significativo, ocorre quando ao aprendiz é apresentado um novo conhecimento, e este, por motivos variados, não o relaciona com algum outro que já exista em sua mente; ele, simplesmente incorpora-se na estrutura cognitiva do estudante de uma forma arbitrária, não substantiva. Um exemplo de aprendizagem mecânica pode ocorrer quando, ao estudar para uma prova de Física, por exemplo, o aluno meramente decora fórmulas e processos de resolução de problemas matemáticos. É muito comum então ocorrer o chamado “branco” na hora da prova, ou então, dois dias depois de passada a avaliação, o aluno não consegue reproduzir as mesmas informações.

Podemos verificar que, neste caso, existiu apenas uma memorização dos conhecimentos. Será que este é o tipo de aprendizagem que desejamos para nossos alunos e para nós mesmos?

Cabe ressaltar que, diferentemente, do que muitos possam pensar, Ausubel não considera a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo dicotômicas. Elas fazem parte de um continuum em que, em uma extremidade temos a aprendizagem mecânica e, em outra, temos a significativa. O que devemos buscar como professores é trabalhar mais próximos possível da extremidade da aprendizagem significativa, dentro do continuum que une as duas aprendizagens. Contudo, não devemos encarar a aprendizagem mecânica como sendo “a vilã”. Em algumas situações, ela é muito útil. Basta lembrarmos da forma como muitos de nós aprendeu a tabuada, por exemplo. Para muitos ela foi meramente decorada sem nenhuma relação com algum conhecimento prévio, assim temos caracterizada a aprendizagem mecânica. Mas com o passar do tempo quando aprendemos novos conceitos matemáticos como potenciação, a tabuada serviu de subsunçor (conhecimento prévio) para a ancoragem deste novo conhecimento. Concluindo, uma aprendizagem mecânica, pode, sim evoluir para uma aprendizagem significativa.

#### 3.1.4 Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Recepção

A aprendizagem receptiva, segundo Ausubel *et al.* (1980), é aquela aprendizagem em que o material a ser aprendido é apresentado na sua forma final. Na aprendizagem por descoberta, o material ou conteúdo a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz.

Com o advento do construtivismo nos meios de ensino, muito confusão tem sido feita ao ser considerado que, somente a aprendizagem por descoberta pode ser genuinamente significativa. Para Ausubel *et al.* (1980) isto será verdade somente se o material a ser aprendido se relacionar de forma substantiva e não arbitrária com conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para muitos, uma aula centrada na manipulação de objetos por parte do aprendiz é a representação do mais puro construtivismo. Para Moreira (1999b), este erro está presente em muitas salas de aula (*op. cit.*, p.15).

Na sala de aula, o construtivismo tem sido confundido com “método construtivista”, ou “aprendizagem por descoberta”, ou ainda, o que é pior, com simples atividades manipulativa (crê-se ingenuamente, que só por estar manipulando coisas o aluno está “construindo”).



Outra visão equivocada está presente ao se pensar que toda aprendizagem por recepção será necessariamente mecânica. Moreira e Ostermann (1999) apontam que a aprendizagem receptiva está perfeitamente relacionada aos métodos que se utilizam nas aulas expositivas. No entanto, para estes autores, uma aula expositiva pode contribuir para uma aprendizagem significativa, desde que o conteúdo a ser aprendido seja exposto de forma que seja potencialmente significativo.

Definitivamente, aprendizagem por descoberta não é sinônimo de aprendizagem significativa. Assim, como a aprendizagem por recepção, aquela que ocorre predominantemente através das aulas expositivas, também não é sinônimo de aprendizagem mecânica. Para Ausubel, qualquer estratégia que seja potencialmente significativa, pode promover a aprendizagem significativa. Uma aula expositiva que contemple este requisito pode ser facilitadora de aprendizagem significativa.

Fazemos uma crítica sobre uma postura muito presente na disciplina de Física, relacionada com as aulas de laboratório. Existe a idéia de que o laboratório é a salvação do ensino de Física. Mais uma vez, se a aula de laboratório não estiver relacionando elementos, conceitos e proposições novas com aquelas já existentes na mente do aluno, esta não terá êxito na promoção da aprendizagem significativa. As aulas de laboratório são, sem dúvida alguma, muito importantes para o ensino da Física; porém, deve existir a preocupação de que estas sejam potencialmente significativas, pois somente deste modo elas contribuirão para uma aprendizagem mais relevante.

### 3.1.5 Condições para que Ocorra a Aprendizagem Significativa

Ausubel *et al.* (1980) consideram duas as condições para a ocorrência da aprendizagem significativa:

- Que o material instrucional seja potencialmente significativo;
- Que exista a pré-disposição do aprendiz para aprender.

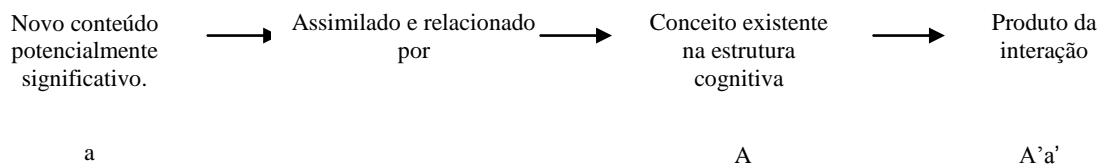
Todo o material instrucional deve ter um potencial significativo para o aprendiz. Aqui, quando falamos em todo material instrucional, estamos nos referindo a figuras, gravuras, simulações, textos, exemplos, aula de laboratório e, até mesmo à aula expositiva (condenada por muitos). Um professor pode preparar uma aula repleta de elementos bem elaborados, porém, se estes elementos não tiverem nenhuma relação com aquilo que o aluno já conhece, o

material não tem potencial significativo. Isto é, se ocorrer uma aprendizagem nesta situação é bem provável que esta seja meramente uma relação arbitrária de conceitos, uma memorização, uma aprendizagem dita mecânica.

É válido salientar que não existe material significativo. Caso alguém disser que um determinado material é significativo, segundo Ausubel *et al.* (1980), está pessoa está equivocada. Existe, sim, o material com maior ou menor potencial significativo. Tal potencialidade depende de quão relacionável ele é com aquilo que o aluno já conhece.

A pré-disposição para aprender por parte do aprendiz é algo que, segundo Ausubel, é vital para que ocorra a aprendizagem significativa. Se o estudante não quiser relacionar, de forma substantiva, o novo conhecimento com algum subsunçor já existente em sua estrutura cognitiva, nem o material com maior potencial significativo pode colaborar em prol da aprendizagem significativa.

### 3.1.6 Assimilação



O princípio da Assimilação foi criado por Ausubel para facilitar a compreensão do processo de organização de conceitos presentes na aprendizagem significativa. Para Ausubel *et al.* (1980), tal princípio pode ser apresentado através do seguinte esquema.

Com base no processo acima, podemos verificar que a assimilação ocorre quando um novo material potencialmente significativo **a** é assimilado por um conceito subsunçor **A** já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Esta interação resulta em produto **A'a'**.

É interessante ressaltarmos que, após a interação entre o novo conceito e o conceito já existente, ambos se modificam, inclusive o material **A**, já presente na estrutura cognitiva do aprendiz, pois este não existe mais. Ele passa, então, a ser um novo conceito que poderá, futuramente, servir de conceito subsunçor para outras interações.

### 3.1.7 Aprendizagem Subordinada

A aprendizagem enfatizada até o momento se baseia na relação de conceitos novos com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, através de uma interação entre os dois. Este tipo de aprendizagem recebe o nome de aprendizagem subordinada, pois dá uma idéia de subordinação do novo conceito com a estrutura cognitiva já existente na mente do aprendiz.

### 3.1.8 Aprendizagem Superordenada

A aprendizagem superordenada, segundo Ausubel *et al.* (1980) e Moreira (1999b), ocorre de forma diferente da aprendizagem subordinada. Esta não necessita de nenhum novo conceito que será assimilado por outros já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ela ocorre quando um novo conceito é adquirido a partir de conceitos subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, a interação entre conceitos subsunçores pode gerar outro conceito mais abrangente.

### 3.1.9 Aprendizagem Combinatória

Segundo Ausubel *et al.* (1980) e Moreira (1999b), a aprendizagem combinatória é a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos, sem que exista nenhuma relação de subordinação e de superordenação com proposições ou conceitos específicos, mas sim, com um conteúdo mais amplo. Este tipo de aprendizagem é também significativa, pois apresenta uma relação, não com elementos específicos da estrutura cognitiva do aprendiz, mas com a estrutura cognitiva propriamente dita.

### 3.1.10 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Segundo Ostermann e Moreira (1999), quando um novo conceito ou proposição é aprendido através da aprendizagem subordinada, temos uma ancoragem do novo conceito com aquele conceito subsunçor já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Este processo

é dinâmico, ou seja, o conceito subsunçor, quando assimila o novo conhecimento, modifica-se. Se este processo ocorre uma ou mais vezes temos, então, a chamada diferenciação progressiva do conceito subsunçor.

Quando idéias presentes na estrutura cognitiva do aprendiz forem por ele reconhecidas como relacionadas; conceitos e proposições, já existentes na estrutura cognitiva podem sofrer uma reorganização e adquirir novos significados. Este processo é denominado reconciliação integrativa. É relevante verificar que este processo ocorre quando temos a aprendizagem combinatória, ou então, a aprendizagem superordenada.

### 3.1.11 Implicações para o Ensino

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é uma teoria de sala de aula, com um potencial de aplicabilidade muito grande, e é, em uma de suas frases mais citadas que sua teoria pode ser resumida (AUSUBEL *et al.*, 1980, p.viii):

Se tivesse que resumir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra o que ele já sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

É notório que, para Ausubel, os subsunçores são fundamentais. O conhecimento prévio do aluno é fundamental para que o professor possa organizar estratégias didáticas potencialmente significativas. Mesmo que este conhecimento não exista, Ausubel propõe, então, a utilização dos organizadores prévios, que podem contribuir para que conceitos prévios passem a existir na estrutura cognitiva do aprendiz. Conhecer o que nosso aluno já sabe não é tão simples, mas podemos lançar mão de elementos, tais como, questionários e pré-testes, que podem nos indicar a direção de nossas estratégias instrucionais. Não podemos simplesmente não nos preocupar com aquilo que nosso aluno já conhece.

Em sala de aula, nossa prática docente deve permear tais princípios a fim de que possamos, concretamente, contribuir para uma desejada aprendizagem significativa por parte de nossos alunos.

## 3.2 A Aprendizagem Significativa Segundo Novak

J. D. Novak (NOVAK e GOWIN, 1989) foi colaborador de Ausubel e hoje<sup>5</sup>, o refinamento da teoria da aprendizagem significativa é feito por ele.

A visão ausubeliana da aprendizagem significativa tem um caráter estritamente cognitivo. No entanto, Novak considera elementos humanísticos, como o sentir e o agir, relevantes na aprendizagem significativa. Segundo Moreira (1999a), para Novak, uma teoria de educação deve levar em consideração que o ser humano pensa, sente e age, e que qualquer evento educativo é, na realidade, uma troca de significados e sentimentos entre professor e aprendiz.

Para Novak, a pré-disposição para aprender está intimamente relacionada com uma experiência afetiva que o aprendiz tem em um evento educativo, ou seja, se esta experiência for positiva, teremos uma facilitação da aprendizagem significativa; no entanto, quando a experiência for negativa, a pré-disposição para aprender por parte do estudante pode ser diminuída.

### 3.2.1 Os Mapas Conceituais

Segundo Moreira (1999a), os mapas conceituais foram criados por Novak e seus colaboradores, na década de 70, como uma estratégia para facilitar a aprendizagem significativa. Eles são um poderoso instrumento que podem ser utilizados no ensino, tanto como elementos auxiliares na estruturação e planejamento de currículos, bem como instrumentos de avaliação da aprendizagem significativa (NOVAK e GOWIN, 1989).

Na realidade, podemos defini-los como diagramas que mostram as relações entre os conceitos que uma pessoa pode dar para um determinado assunto. Os conceitos, normalmente, são apresentados dentro de figuras geométricas, como retângulos, círculos e elipses. Estes conceitos se apresentam relacionados através de linhas que podem conter setas ou não.

É muito comum as pessoas confundirem um mapa conceitual com um simples esquema, organograma, fluxograma ou quadro-sinótico. O mapa conceitual é muito mais do

---

<sup>5</sup> No Brasil este refinamento é feito pelo professor Marco Antônio Moreira do Instituto de Física da UFRGS. O professor Moreira foi orientando de Doutorado do professor Novak na Universidade de Cornell.

que isso. Os elementos anteriores podem representar alguma relação entre conceitos, mas não exploram a propriedade de mostrar uma rica relação entre conceitos que está na estrutura cognitiva do aprendiz e que um mapa conceitual pode apresentar. Ele pode inclusive, em uma situação de avaliação, apontar evidências de aprendizagem significativa.

### **3.3 Alguns Epistemólogos**

#### 3.3.1 Thomas Kuhn

Para Thomas Kuhn (OSTERMANN, 1996), o conhecimento científico se desenvolve através de um modelo que tem a ciência normal como o momento em que a comunidade científica adere a um paradigma. Neste período de ciência normal, o paradigma sob forma de uma teoria científica, por exemplo, é aprofundado e neste aprofundamento aparecem, então, alguns problemas que nada mais são do que anomalias no paradigma.

Em situações como estas, a própria teoria pode se encarregar de resolver os problemas surgidos. Porém, temos um momento em que a teoria não é mais capaz de resolver os problemas que surgem. Temos, então, a crise do paradigma e a ruptura do mesmo, a chamada revolução científica ou período de ciência extraordinária. Um novo paradigma surge e este acaba predominando sobre o antigo.

Kuhn é um crítico do positivismo lógico que é uma corrente defensora do empirismo-indutivismo. Esta considera que o conhecimento é baseado somente em observações, estando livre de qualquer teoria que possa interferir, ou seja, todo conhecimento seria fruto de uma observação neutra (OSTERMANN, 1996).

Outra importante consideração de Kuhn sobre a ciência é de que o conhecimento científico evolui. Para Kuhn, o conhecimento científico não é definitivo, ele está sempre em evolução e não é cumulativo ou linear, pois é uma produção humana.

#### 3.3.2 Karl Popper

O racionalismo crítico de Karl Popper (SILVEIRA, 1996a) considera que todo o conhecimento é provisório, isto é, ele é falível e corrigível. Talvez seja esta a idéia mais

conhecida deste austríaco falecido em 1994. Porém, nossa ênfase na epistemologia de Popper estará na sua crítica ao método indutivo. O indutivismo defende que há justificativa lógica para a obtenção de enunciados universais, a partir de enunciados singulares.

Este é um problema investigado pela filosofia da ciência popperiana. O método indutivo é insustentável, pois mesmo que se façam muitas confirmações acerca de uma determinada teoria, é possível que no futuro se obtenha uma conclusão que não venha a ser confirmada (SILVEIRA, 1996a). Por outro lado, um conjunto finito de dados observacionais é compatível com infinitas leis universais (SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

Para Popper, o conhecimento científico não pode ser construído indutivamente por uma série de observações neutras. Ele considera que todo o conhecimento está impregnado de teoria. Segundo Popper *apud* Silveira (1996a, p.205): “todo nosso conhecimento está impregnado de teoria, inclusive nossas observações”.

Outro aspecto relevante da sua epistemologia diz respeito ao método crítico. Para Popper, o conhecimento científico difere das pseudociências, porque este pode ser refutado. O autor estabelece um critério de demarcação que considera o conhecimento científico, potencialmente refutável.

Popper considera, ainda, que as teorias científicas são, na verdade, conjecturas, pois as mesmas não podem ser demonstradas como sendo verdadeiras. Podem, também, tais teorias serem reformuladas, pois nenhuma delas está livre de contestações. Estas mesmas teorias podem apresentar problemas e, futuramente, serem substituídas por uma outra. Vemos aqui que, para Popper, o conhecimento científico também não se apresenta como definitivo, ou seja, este sempre estará sujeito a reformulações.

### 3.3.3 Imre Lakatos

Lakatos (SILVEIRA, 1996b) assume como unidade de análise, o conceito de metodologia dos programas de pesquisa. Nesta, um programa de pesquisa tem um núcleo firme, que é o conjunto de teorias e hipóteses contra a qual não é aplicada a retransmissão da falsidade<sup>6</sup>, ou seja, o núcleo firme é convencionalmente “aceito” como irrefutável.

---

<sup>6</sup> Este princípio segundo Popper diz que se em uma dedução lógica, uma conclusão é falsa, então uma ou mais premissas são falsas.

Outra idéia de relevante importância num programa de pesquisa é o conceito de cinturão protetor, que tem como principal função proteger o núcleo firme, podendo ser constantemente modificado para que anomalias presentes venham a se tornar corroborações do núcleo firme. Os programas de pesquisa podem ser progressivos ou regressivos. Os programas progressivos são aqueles que, diante de qualquer modificação no cinturão protetor, leva a uma antecipação de um fato não observado até o momento, ou ainda uma confirmação e explicação de um fato já conhecido.

De acordo com Silveira (1996b), um programa está regredindo se somente oferece explicações de fatos antecipados e descobertas feitas por um programa de pesquisa rival. Para Lakatos, a explicação das revoluções científicas se baseia no fato da existência de dois programas rivais; enquanto um progride, o outro se degenera.

Assim como Popper, Lakatos também é um racionalista crítico, pois compartilha das mesmas idéias sobre o fato de que o conhecimento científico está sujeito a reformulações. Da mesma forma que Popper, Lakatos admite ainda que o conhecimento não se inicia com a observação de um fenômeno; ele admite também que há uma inseparabilidade entre teoria e observação.



## **4 ESTUDOS RELACIONADOS**

Em nossa pesquisa, verificamos que o número de trabalhos específicos sobre a formação em Física de docentes das séries iniciais é muito reduzido. Encontramos alguns trabalhos sobre a formação do professor de Ciências que foram, para nós, de extrema relevância. De forma mais numerosa, os trabalhos específicos sobre a inserção da Física nas séries iniciais também serviram de orientadores para nossa reflexão sobre a pesquisa realizada. Estes trabalhos, em sua maioria, apresentam-se voltados para a realização de experimentos nessas séries.

Foram alvo de nossa pesquisa documentos legais relacionados às Ciências nas séries iniciais. Estes documentos, com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) constituíram-se de publicações de grande importância para a estruturação de nossa pesquisa e a implementação de nosso projeto de mestrado.

Em nossa revisão bibliográfica, dividiremos os trabalhos pesquisados nas seguintes temáticas:

- Trabalhos sobre a formação em Física e Ciências dos docentes das séries iniciais.
- Trabalhos sobre propostas de inserção de Física no ensino fundamental.
- Publicações legais como os PCN e o PNLD.

### **4.1 Trabalhos Sobre a Formação em Física e Ciências dos Docentes das Séries Iniciais**

Apesar de observarmos que cresce o número de pesquisadores interessados na formação em Física e em Ciências dos docentes das séries iniciais, constatamos que trabalhos

específicos nesta área ainda são de número reduzido. Nossa pesquisa sobre este tópico encontrou algumas publicações, mas a maior parte dos trabalhos aparece nas revistas especializadas sobre o ensino de Física (Caderno Brasileiro de Ensino de Física e A Física na Escola) e de Ciências (Revista da ABRAPEC e Ciência e Educação) e, também, em simpósios, como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e, em encontros, como o Encontro em Pesquisa em Ensino de Física (EPEF).

Para o desenvolvimento de nossa pesquisa, sem dúvida alguma, o trabalho de Ostermann e Moreira (1999) foi o elemento norteador mais importante. A pesquisa aqui relatada se apresenta, de certa forma, como uma continuidade do estudo realizado por estes autores e, também, pelo fato de tal trabalho se constituir em um dos poucos que trata de forma específica a formação em Física do docente das séries iniciais do ensino fundamental.

Ostermann e Moreira (1999) enfocam, neste trabalho, a real e urgente necessidade de mudanças em relação ao modo de se ensinar a Física para futuros docentes das séries iniciais. Os autores apresentam um trabalho desenvolvido em uma escola pública da cidade de Porto Alegre, em que a problemática da formação inicial do docente das séries iniciais se fazia presente. É apresentada uma proposta que admite um enfoque mais conceitual dos tópicos de Física, bem como uma utilização de aulas práticas, com a preocupação de que estas tivessem um considerável potencial significativo. Textos, como os desenvolvidos nesta pesquisa, (aprendizagem significativa, mapas conceituais e elementos sobre a construção do conhecimento científico) enriquecem esta área de investigação.

É pertinente, portanto, considerar que a nossa proposta dá continuidade ao trabalho de Ostermann e Moreira (1999), visando a abordagem de tópicos de Física que não constem no referido e, também, considerando a necessidade de se produzir mais material didático de qualidade sobre o tema proposto. O trabalho de Ostermann e Moreira (1999), aborda tópicos de Física sobre energia (mecânica e térmica) e pressão. Neste trabalho os textos sobre aprendizagem significativa, mapas conceituais e método científico, servem basicamente, como referência para os docentes das séries iniciais, enquanto que o nosso também apresenta uma série de textos sobre os mesmos assuntos, mas avança, quando apresenta uma proposta de inserção destes temas para os professores das séries iniciais.

Delizoicov e Angotti (1990) apresentam, em seu trabalho, um rico material sobre a inserção de tópicos de Ciências para as séries iniciais do ensino fundamental. São apresentadas atividades detalhadas sobre tópicos que contemplam, desde o corpo humano, passando por ecologia e, também, tópicos de Física, como o ar e energia. Neste trabalho,

encontramos uma visão crítica de extrema importância e, também, uma proposta metodológica que, certamente, poderá contribuir para uma reflexão mais aprofundada e uma melhoria na formação inicial dos docentes das séries iniciais.

Carvalho e Gil-Pérez (2003) mostram uma preocupação muito grande com uma formação integral do docente de Ciências. Este trabalho não é específico para docentes das séries iniciais, porém, sua proposta não exclui tal formação; muito pelo contrário, ela apresenta profundas reflexões sobre o fazer do docente de Ciências dos dias atuais, independente do nível de atuação do mesmo. Os autores apresentam uma análise crítica da atual formação, mas não deixam de apresentar propostas sobre uma reestruturação que contemple uma melhor formação.

Lima e Alves (1997) tratam, em seu artigo “Pra Quem Quer Ensinar Física nas Séries Iniciais”, de um trabalho realizado junto a docentes das séries iniciais do Rio de Janeiro. Os autores utilizam um método muito interessante para a inserção de Física nas séries iniciais, através de histórias infantis. Os resultados apresentados mostram que os alunos das referidas séries com os quais foram utilizadas as estratégias propostas pelas autoras tiveram uma excelente receptividade em relação às mesmas.

Uma pesquisa bastante interessante sobre a Física para alunos de um curso de Pedagogia da Universidade Federal do Ceará é apresentada por Vidal *et al.* (1998). Neste trabalho os autores detectam problemas relacionados a conceitos físicos nas concepções dos futuros professores.

Zimmermann e Evangelista (2004) trabalham com uma proposta de motivar estudantes de Pedagogia para que estes insiram tópicos de Física nas aulas de Ciências. Os autores mostram, primeiramente, uma pesquisa que revela uma aversão e imprecisões conceituais por parte dos futuros docentes. Posteriormente ao levantamento feito, há um planejamento de um curso sobre metodologia do ensino de Ciências, que demonstrou sensibilizar esses futuros docentes em relação à inserção de tópicos de Física nas séries iniciais.

Longhini e Mora (2005) apontam novamente para uma deficiência sobre o conhecimento físico dos futuros docentes das séries iniciais. Em sua pesquisa, os autores percebem o livro didático como o único apoio sobre questões científicas que os futuros docentes têm na sua prática em sala de aula. Tendo em vista a baixa qualidade que os livros apresentam, essa prática acaba por ficar comprometida.

Um relato sobre uma experiência que utiliza mapas conceituais como instrumento de

avaliação em um curso da modalidade Normal é apresentado por Machado e Ostermann (2005). Neste trabalho, os autores relatam que a utilização de mapas conceituais pode fornecer um melhor diagnóstico sobre a relação entre conceitos que um aluno pode apresentar. Concluem, também, que o “medo” da Física e a concepção de uma Ciência distante das séries iniciais diminuíram consideravelmente com o auxílio de tal método de avaliação.

#### **4.2 Trabalhos Sobre Proposta de Inserção de Física no Ensino Fundamental**

Apesar de nosso trabalho ser dirigido para a formação inicial e continuada do docente para as séries iniciais, e não focar a transposição didática propriamente dita, não poderíamos deixar de pesquisar trabalhos sobre propostas de tópicos de Física para as séries referidas. Estes trabalhos nos forneceram subsídios conceituais e nos permitiram uma reflexão para definirmos pontos que, na formação do docente (em formação inicial ou continuada) poderiam ser enfatizados ou não, para facilitar que o conhecimento adquirido pudesse se aproximar da uma futura transposição didática.

Para Schroeder (2005), os conceitos físicos podem e devem ser trabalhados com crianças. Em seu trabalho, o autor apresenta experimentos que são direcionados para duas faixas de idade, entre 7 e 8 anos e entre 9 e 10 anos. Os experimentos apresentados têm um rico detalhamento. Este trabalho também tem uma preocupação séria no sentido de enfatizar a construção do conhecimento por parte da criança. O autor apresenta críticas ao ensino tradicional, mas, ao mesmo tempo, apresenta propostas que podem auxiliar o docente das séries iniciais.

Experimentos de Física para crianças é o tema do trabalho de Carvalho *et al.* (1998). Este constitui-se em um rico referencial teórico para docentes que pretendem inserir tópicos de Física nas séries iniciais. Os primeiros três capítulos tratam de uma profunda reflexão sobre a atuação do docente nas séries iniciais. Especificamente, o quarto capítulo apresenta uma orientação ao docente sobre aspectos que este deve observar ao tratar sobre tópicos de Física na sala de aula. Há a apresentação de quinze atividades para as séries iniciais, em que todo um cuidado metodológico se faz presente. No entanto, um grande diferencial deste trabalho aparece quando os autores apresentam uma discussão sobre a interdisciplinaridade no ensino de Ciências e a Língua Portuguesa. Esta relação pode ser muito útil na aprendizagem (*op. cit.*, p.24): “É importante para o ensino de Ciências que os alunos consigam se expressar

não só verbalmente, mas também por meio da escrita – este é o objetivo de toda a escola fundamental”.

Em um outro trecho deste trabalho, os autores complementam suas idéias (*op. cit.*, p.25): “A relação entre a aula de Ciências e a de Língua Portuguesa também pode ser feita quando o professor propõe aos alunos a leitura de livros paradidáticos que tratem do tema estudado nas aulas de Ciências”.

Este trabalho se mostrou de fundamental importância para o docente das séries iniciais.

Gaspar (2003) trata de experimentos para o ensino fundamental. Acreditamos que, apesar destes não estarem direcionados para as séries iniciais, alguns podem ser utilizados nas mesmas. Este trabalho apresenta, em seu capítulo inicial, uma abordagem muito interessante sobre o embasamento teórico, que é imprescindível para o desenvolvimento das atividades experimentais.

O autor faz uma discussão interessante e, ao mesmo tempo faz um paralelo sobre a visão piagetiana e a vygotskyana através de suas implicações para o ensino. Há seis capítulos sobre atividades experimentais que estão muito bem apresentadas e discutidas. No entanto, alguns poucos experimentos se mostram de difícil construção, tanto por docentes como por alunos.

O trabalho de Lima e Carvalho (2003) acompanha o comportamento de uma turma de treze alunos, mas a observação mais precisa é feita enfocando uma aluna especificamente. Basicamente, este trabalho tem por objetivo verificar a aprendizagem de tópicos de Física por parte de alunos das séries iniciais que são aprendidos, nessa proposta, através de histórias infantis.

Lopes e Vianna (2003) tratam da utilização de jogos para a prática de Física no ensino fundamental. Segundo os autores (*op. cit.*, p.2114): “Nosso objetivo é utilizar o lúdico, através de jogos, para ensinar Ciências no ensino fundamental, tornando o ato da aprendizagem natural e agradável, livre de pressões externas ou internas, discutindo todas suas variáveis”.

Vemos este trabalho como uma proposta inovadora e exequível. Os autores demonstram uma séria preocupação com a questão metodológica ao apresentar o detalhamento dos jogos, com uma parte voltada para o aluno e outra para o docente. Contudo, acreditamos que ilustrações sob forma de figuras poderiam enriquecer o detalhamento e evitar prováveis dúvidas sobre a construção dos jogos.

Padilha e Carvalho (2003) tratam da experimentação para séries iniciais do ensino fundamental. Segundo os autores, a metodologia utilizada se baseia na investigação e, também, na discussão em grupo dos fenômenos físicos.

Fatore e Ramos (2003) relatam uma experiência vivida no ano de 2002 com duas turmas das séries iniciais do ensino fundamental. A temática abordada pelos autores foi a energia elétrica e sua geração. A metodologia utilizada foi baseada em aulas expositivas e experimentais. Neste trabalho também, é tratada a problemática do ensino de Física nas séries iniciais do ensino fundamental. O referencial teórico utilizado pelos autores foi o da aprendizagem significativa de David Ausubel.

### **4.3 Publicações Legais**

Dentre as publicações legais que tratam do tema sobre a Física nas séries iniciais do ensino fundamental, ou da formação de docentes, os PCN (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS) (BRASIL,1997) são de suma importância. É neste documento que encontramos o respaldo legal para direcionar a aplicação do nosso trabalho. Os PCN para as séries iniciais do ensino fundamental são compostos por quatro volumes e o que diz respeito às Ciências Naturais é o volume de número quatro. Nesta publicação, são apresentados os dois ciclos que compõem as séries iniciais. O primeiro ciclo composto, pelas primeira e segunda séries; o segundo, pelas terceira e quarta séries.

Este documento apresenta uma ampla discussão sobre a caracterização da área de Ciências, propostas de avaliação e, obviamente, propostas de temas a serem trabalhados nessa disciplina nas séries iniciais do ensino fundamental. O documento propõe que sejam trabalhadas quatro temáticas básicas: Ambiente, Ser humano e saúde, Recursos tecnológicos; e Terra e Universo. Encontramos, também, um detalhamento de tópicos sugeridos para serem trabalhados em cada ciclo.

Apesar de nosso trabalho tratar da formação inicial e continuada do docente para as séries iniciais, o conhecimento deste documento se faz de vital importância para uma elaboração coerente de temas a serem tratados e discutidos nos cursos de formação.

Acreditamos ser de relevante importância, para a elaboração de nosso trabalho, uma pesquisa sobre livros didáticos de Ciências para as quatro primeiras séries do ensino fundamental. Para isso, buscamos o Guia de Livros Didáticos 1ª a 4ª séries (BRASIL, 2003).

Este guia traz uma análise detalhada sobre algumas coleções de livros didáticos existentes no mercado. A atual edição deste documento não busca mais os erros conceituais graves ou grandes deficiências, prática que era adotada em anos anteriores. Também, diferentemente de anos anteriores, esta publicação não faz uma análise separada de obras para diferentes anos; são analisadas e recomendadas obras completas para os quatro primeiros anos do ensino fundamental.

Nesta publicação, as coleções para os quatro primeiros anos do ensino fundamental são classificadas como: recomendadas com distinção, recomendadas e recomendados com ressalvas. Algo que nos chamou atenção foi que dentre as vinte e duas coleções de livros analisados, somente uma recebeu a classificação recomendada com distinção; oito foram recomendadas e os demais recomendadas com ressalvas. Apesar do documento enfatizar que a qualidade das publicações melhorou consideravelmente, quando comparada com anos anteriores, esta classificação só vem confirmar a necessidade de preocupação com o fato de que, em muitas situações, o livro didático é o único referencial de apoio para o docente das séries iniciais; no entanto, a maioria destes apresentam diversos problemas conceituais e, fatalmente, se utilizados sem maiores critérios, contribuirão para uma disseminação de erros conceituais e para uma proliferação de concepções alternativas, presentes nas estruturas cognitivas de docentes e alunos das séries iniciais.

Vemos como um retrocesso este documento não mais apontar erros conceituais presentes nas publicações. Esta análise poderia contribuir para que o docente das séries iniciais pudesse refletir e inteirar-se da situação real existente nas publicações de Ciências direcionadas para as séries iniciais do ensino fundamental.

Em nossa pesquisa, constatamos a escassez de trabalhos sobre Física voltados para a formação do docente das séries iniciais. Apesar de verificarmos um aumento significativo destes nos últimos anos, esta continua sendo uma área que representa um amplo campo de pesquisa e atuação por parte dos estudiosos do ensino da Física.

Acreditamos que nosso trabalho possa ajudar, não se constituindo em uma receita, mas como instrumento que possa contribuir para um avanço na formação do docente das séries iniciais.

## **5 IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS NA FORMAÇÃO INICIAL DE DOCENTES PARA AS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **5.1 Abordagem Inicial**

Este projeto foi desenvolvido, ao longo do ano de 2004, em uma turma de segundo ano do Curso Normal do Colégio Santa Catarina em Novo Hamburgo, na região metropolitana de Porto Alegre.

Nossa proposta não ocorreu durante um período do ano especificamente; ela ocupou, na realidade, todo o ano letivo de 2004. No entanto, o que temos intenção de relatar neste capítulo é somente um recorte dos assuntos que deram origem ao material educacional desenvolvido para aplicação junto a professores em formação e, também, docentes que já se encontram em atividade.

A disciplina de Física, na escola na qual foi desenvolvido nosso projeto, é trabalhada no Curso Normal nos dois primeiros anos, sendo que, em cada ano, a carga horária é duas horas/aula por semana. O programa da disciplina de Física para o primeiro e segundo ano é o seguinte:

Primeiro ano do Curso Normal

- Iniciação Científica.
- Movimento Retilíneo Uniforme.
- Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.
- Movimento Circular Uniforme.
- Composição de Forças.



Segundo ano do Curso Normal

- Iniciação Científica.
- Trabalho de uma Força e Potência.
- Energia Mecânica.
- Hidrostática.
- Termologia.

Com base nos conteúdos anteriormente relacionados, podemos verificar que o programa do primeiro ano contempla, quase que na sua totalidade, assuntos relacionados à Cinemática. Acreditamos que tal seqüência de conteúdos, da forma como é trabalhada em alguns cursos de formação inicial de docentes, não contribua para uma aproximação da formação desses com o trabalho a ser desenvolvido com crianças. Temos este ponto de vista, pois, conforme o questionário aplicado (Apêndice G) com alunos da turma em que o projeto foi implementado, a Cinemática só veio a corroborar a idéia de que a Física é por demais matematizada, extremamente descontextualizada e muito complicada.

A Cinemática não deveria deixar de ser trabalhada em cursos da modalidade Normal, porém, deveria ser desenfaturada e abordada sob um enfoque que contemple muito mais a compreensão de conceitos físicos relacionados a estes fenômenos, proporcionando, também, ao futuro docente, elementos que permitam que este enxergue a Física como uma Ciência mais bonita e com possibilidades reais de ser trabalhada nas séries iniciais do ensino fundamental.

Baseados no programa do segundo ano do Curso Normal resolvemos trabalhar com todos os conteúdos propostos pela escola. Abordamos todos os tópicos, mas esta abordagem já foi feita dentro da proposta do nosso trabalho. Todos os assuntos trabalhados tiveram uma ênfase na compreensão e relação dos conceitos físicos estudados, abandonando-se, quase por completo, a resolução de problemas numéricos. Estes tiveram, como principal objetivo, a representação da magnitude de algumas grandezas físicas estudadas; também, utilizamos experimentos e simulações computacionais. Em todo material trabalhado nas aulas expositivas, nas simulações computacionais e nos experimentos, tivemos sempre a preocupação de apresentar cada tópico baseado no conhecimento prévio dos alunos. Para tanto, tivemos o cuidado de, primeiramente, estabelecer relações entre os fenômenos físicos que seriam estudados e os elementos presentes no cotidiano e nas concepções dos alunos.

Poderíamos dizer, então, que a aplicação do nosso projeto durou, na realidade, todo o ano letivo de 2004, sendo que as unidades didáticas envolveram temas como aprendizagem significativa, mapas conceituais, método científico, eletricidade e eletromagnetismo e modelos atômicos e partículas elementares.

## **5.2 Execução das Unidades Didáticas**

O ano letivo de 2004 iniciou no final do mês de fevereiro. Na primeira aula, apresentamos um pré-teste com questões que versavam sobre método científico, eletricidade, magnetismo, modelos atômicos e partículas elementares. Optamos por questões abertas e mais gerais com o objetivo de diagnosticar conhecimentos prévios dos assuntos a serem estudados.

Obviamente, não descartamos a hipótese de que, sobre determinados assuntos, os alunos poderiam vir a ter um conhecimento nulo e, em muitas respostas, detectamos a corroboração desta hipótese. Porém, ao detectarmos tal situação, preocupamo-nos em inserir em nossa estratégia instrucional, os organizadores prévios. Estes organizadores foram os textos previamente lidos e a exposição dos conteúdos propriamente ditos. Também, aplicamos um questionário (Apêndice G) para termos uma real idéia sobre a expectativa em relação à disciplina de Física que cada aluno trazia consigo dos anos anteriores de estudo.

Estas informações serviram para conhecermos melhor a turma com a qual desenvolveríamos nosso trabalho e orientar as estratégias a serem utilizadas. Cabe também salientar que, no questionário, as respostas obtidas (algumas já foram apresentadas no capítulo 2) vieram a corroborar com nossas expectativas embasadas nas pesquisas que realizamos em função dos estudos relacionados de nosso trabalho.

### **5.2.1 Aprendizagem Significativa**

A primeira aula do ano e, também, a primeira sobre a implementação do nosso projeto foi sobre aprendizagem significativa. Este tema faz parte do mesmo, pois, segundo Carvalho e Gil-Pérez (2003), uma transformação desejada na formação de docentes de Ciências requer um profundo tratamento teórico, que está baseado na elaboração de um corpo coerente de conhecimentos que, ao nosso ver, passa pela compreensão de temas relacionados com a psicologia da educação.

Temos presente a idéia de que, se o nosso trabalho fosse desenvolvido em um curso de ensino médio convencional, tal abordagem seria desnecessária, mas, em nosso caso, temos, como público, futuros docentes e acreditamos ser muito importante que tenham conhecimentos sobre a teoria de David Ausubel.

Uma vez que nosso referencial teórico está apoiado nesta teoria, e que dentre os instrumentos de avaliação tivemos os mapas conceituais, acreditamos que tal assunto seja de relevante importância na implementação de nosso trabalho. Vemos, ainda, que conhecimentos sobre a teoria da aprendizagem significativa podem servir de referencial da futura prática do docente.

Inicialmente, um texto sobre aprendizagem significativa (Apêndice A) foi elaborado com o objetivo de servir de texto de apoio para as aulas sobre o tema. Na aula inicial, os alunos não haviam tido um contato prévio com tal texto.

Foi, para nós, notório o espanto de alguns alunos, quando estes perceberam que o assunto da primeira aula tratava de um tema que, para eles, parecia estar completamente dissociado do ensino de Física. A primeira aula abordou a importância de um docente conhecer teorias de aprendizagem. Questionamos se algum dos alunos conhecia algum teórico e obtivemos a resposta de que a maioria já havia ouvido falar em Jean Piaget e Lev Vygotsky.

Dando continuidade, apresentamos as principais características do construtivismo. Como contraponto, apresentamos as do comportamentalismo, tendo como ícone, B. F. Skinner. Também, nesta primeira aula, abordamos características do humanismo e terminamos mostrando algumas implicações de cada uma destas teorias para o ensino.

A estratégia utilizada se baseou em uma aula expositiva sobre os temas. Também, utilizamos discussões em grupo sobre o assunto. No entanto, apesar de notarmos o nítido interesse da maioria dos alunos sobre a discussão feita em sala de aula, percebemos, também, uma certa estranheza sobre o assunto abordado por parte de alguns alunos.

Ao final da primeira aula, apresentamos uma série de bibliografias sobre o tema abordado nesta e, também, apresentamos o texto específico sobre aprendizagem significativa (Apêndice A) que lhes foi disponibilizado. Pedimos, então, ao grupo que o texto fosse lido para a aula seguinte e aguardamos pela receptividade da proposta. Na realidade, nosso objetivo com a leitura do texto foi de que este pudesse fazer o papel de organizador prévio para o assunto que seria apresentado na aula seguinte.

Na segunda aula, tivemos a certeza da receptividade da proposta. As discussões surgidas causaram-nos uma boa impressão sobre o interesse dos alunos em relação ao tema. A segunda aula teve como tema a aprendizagem significativa de David Ausubel, a aprendizagem mecânica, a importância do conhecimento prévio e implicações desta teoria para o ensino. Também, utilizamos como estratégia uma aula expositiva com utilização de retro-projetor e fomentamos as discussões sobre o assunto.

Nesta aula, tivemos os primeiros comentários favoráveis a nossa proposta, no sentido de que este assunto realmente era de grande importância para a formação dos alunos em um Curso da modalidade Normal.

Concluimos, deste modo, o módulo referente à aprendizagem significativa. Utilizamos dois encontros para tal. Obviamente, não nos aprofundamos no tema; nosso intuito foi o de inserir os conceitos fundamentais sobre tal teoria e a sua importância para o ensino.

### 5.2.2 Mapas Conceituais

Na terceira aula, trabalhamos os mapas conceituais. Nossa exposição inicial teve, como referência, a história infantil Cinderela. Decidimos optar por tal elemento, pois acreditamos que a maioria dos alunos conhece a história e, desta forma, se tornaria mais fácil discutir os principais conceitos presentes na mesma.

Primeiramente, pedimos aos alunos que citassem os principais conceitos presentes nesta história. Cada conceito citado era escrito no quadro e não fazíamos nenhuma restrição a estes, ou seja, todos eram devidamente escritos no quadro negro em forma de lista. Quando o número de conceitos chegou em doze, encerramos a discussão. Em seguida, começamos a escrever os conceitos citados pelos alunos em outro espaço do quadro negro, considerando, primeiramente, os conceitos mais gerais e, posteriormente, os mais específicos. Quando todos os conceitos estavam escritos, pedimos novamente aos alunos que eles apontassem conceitos que apresentassem algum tipo de relação. Para cada relação apresentada, uma linha ligava os conceitos mencionados. Também tivemos o cuidado de não restringir nenhuma relação apresentada.

Neste momento, tínhamos então uma série de conceitos sobre a história Cinderela, bem como uma série de relações entre conceitos representados por linhas que ligavam estes. Desta feita, pedimos novamente aos alunos que encontrassem palavras, ou mesmo,

proposições que pudessem enriquecer os conceitos já relacionados. Novamente, para cada palavra ou proposição mencionada, imediatamente, a escrevíamos sobre as linhas que relacionavam os dois conceitos. Quando cessaram as participações, então, apresentamos os mapas conceituais.

Em uma aula expositiva, com ajuda do retro-projetor, mostramos o que era um mapa conceitual, quais suas aplicações no ensino, os cuidados que deveríamos tomar com sua construção e, também, o embasamento teórico existente por trás dos mapas conceituais.

Aproveitamos para expor alguns elementos da teoria de Joseph Novak. A ênfase foi dada na utilização de um mapa conceitual como instrumento de avaliação. Enfocamos toda a sua potencialidade em desvelar relações significativas entre conceitos existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e mostramos alguns exemplos de mapas conceituais.

Na seqüência, apresentamos aos alunos uma lista de referências sobre o tema e pedimos que o texto sobre mapas conceituais, que havíamos previamente elaborado, fosse lido para a aula seguinte. É importante salientar que, até o momento, nenhum tópico de Física havia sido tratado.

Na quarta aula, pedimos que os alunos formassem grupos de, no máximo, cinco componentes. Sete grupos foram então formados. A tarefa solicitada foi a de construção de um mapa conceitual sobre aprendizagem significativa. Durante o primeiro período de aula, os alunos elaboraram os mapas e, no segundo período, os mapas foram apresentados para o grande grupo com a utilização de um retro-projetor. Estas apresentações foram de extrema riqueza para o desenvolvimento dos temas apresentados, pois, ao mesmo tempo em que fazíamos uma análise da compreensão dos alunos sobre o tema, discussões surgiam e, também, aproveitamos para discutir a construção de um mapa conceitual, suas dificuldades e especificidades.

Utilizamos quatro encontros para tratarmos de temas referentes à aprendizagem significativa e mapas conceituais. Nossa avaliação foi baseada na construção e apresentação de um mapa conceitual. Tivemos uma excelente receptividade por parte dos alunos ao tratarmos dos temas anteriormente citados. Ao final do quarto encontro, fizemos um fechamento explicitando, pela primeira vez, nossa proposta e a importância que tais assuntos teriam na formação de docentes.

No quinto encontro, apresentamos o primeiro tópico sobre Física (trabalho de uma força) presente no programa da escola. Seguimos o programa e, em cada tópico trabalhado,

utilizamos, como estratégias, aulas expositivas e dialogadas e quando necessário, experimentos como demonstrações e simulações computacionais<sup>7</sup> sobre os temas estudados. Utilizamos, como recurso instrucional, aulas expositivas, pois acreditamos que mesmo uma aula expositiva pode contribuir para uma aprendizagem significativa, desde que esta tenha um considerável potencial significativo (MOREIRA, 1999a).

A avaliação dos alunos nos tópicos seguintes (presentes no programa da escola) se deu através dos seguintes instrumentos:

- Construções e apresentações de mapas conceituais em grupos.
- Construções individuais de mapas conceituais.
- Elaboração em grupos de histórias em quadrinhos sobre os temas de Física trabalhados.

### 5.2.3 O Método Científico

No final do mês de setembro de 2004, concluímos o programa proposto para a escola para o segundo ano do Curso Normal. No dia primeiro de outubro de 2004, começamos a implementar a parte do nosso projeto referente ao método científico. Acreditamos que para um docente de Ciências, independente da modalidade de ensino em que ele venha a atuar, conhecer elementos da epistemologia da Ciência é imprescindível.

Também acreditamos que o docente de Ciências deva enxergar a construção do conhecimento científico como uma construção humana. Não podemos desconsiderar que, infelizmente, a idéia de que o conhecimento científico é baseado em observações e que é um processo linear e algorítmico está presente em muitos livros didáticos de Ciências para as séries iniciais (OSTERMANN e MOREIRA, 1999). Esta concepção, provavelmente, levará docentes e alunos a acreditarem que o conhecimento começa pela observação e que um processo seguido, sequencialmente, o chamado método científico, leva ao conhecimento definitivo e imutável.

Nossa aula sobre o método científico enfocou elementos como a visão empirista-indutivista e a evolução do conhecimento científico. A aula foi expositiva com excelentes discussões sobre o tema.

---

<sup>7</sup> As simulações utilizadas estão disponíveis em: <<http://www.walter-fendt.de/ph11br/>>.

Na aula seguinte, fomos para a biblioteca da escola e lá propomos a seguinte tarefa. Os alunos deveriam formar grupos de, no máximo, cinco componentes e pesquisar em livros de Ciências das séries iniciais do ensino fundamental, elementos que evidenciassem uma visão epistemologicamente equivocada sobre a construção do conhecimento científico. O produto desta pesquisa deveria ser uma transcrição do trecho escolhido e uma análise crítica sobre o mesmo (Anexo C).

Esta pesquisa foi apresentada na terceira aula sobre o tema e discutida em grande grupo. Aproveitamos esta oportunidade para mostrar que os livros de Ciências não devem ser o único referencial de conhecimento científico para o docente, pois como mostrado nas apresentações, estes estavam impregnados de uma visão empirista-indutivista sobre a construção do conhecimento científico. No final da terceira aula sobre o método científico, apresentamos uma relação de bibliografia sobre o tema. Terminamos a unidade didática sobre o método científico com um total de três encontros. Cabe salientar que o texto desenvolvido como produto educacional sobre este tema (Apêndice C), foi elaborado a partir do trabalho desenvolvido junto aos alunos, após a implementação desta unidade didática.

Nesta mesma aula apresentamos um texto sobre os modelos atômicos e partículas elementares previamente elaborado com objetivo de que fosse lido pelos alunos para uma melhor compreensão dos mesmos quando abordados em aula.

#### 5.2.4 Modelos Atômicos e Partículas Elementares

Dentre os inúmeros tópicos de Física que poderiam ser abordados, os modelos atômicos e partículas elementares foram escolhidos, pois a idéia é inovar os conteúdos trabalhados em cursos da modalidade Normal, indo na direção da chamada atualização curricular.

Acreditamos que, se tal assunto for trabalhado de uma forma honesta, considerando conhecimentos prévios dos alunos, podemos perfeitamente inseri-los em cursos de qualquer nível.

Dentre os motivos que nos levaram a inserir este assunto em nosso programa, temos o fato de que este amplia o conhecimento dos alunos, incorporando em suas estruturas cognitivas, conceitos da Física Contemporânea, mostrando que esta não é algo inatingível de ser compreendido por um aluno do nível médio de escolaridade.

Pensamos que os conceitos sobre os modelos atômicos e Física de Partículas poderiam servir de subsunçores para assuntos relacionados com a Física Clássica, como o caso da eletricidade e o eletromagnetismo. Notadamente, resolvemos fazer o processo inverso do comumente utilizado pela maioria dos docentes que trabalham com tópicos de Física Moderna.

Não acreditamos que alunos do segundo ano do Curso Normal não consigam abstrair conceitos a ponto de não compreendê-los corretamente. Temos convicção de que qualquer assunto em Física pode ser abstrato para qualquer aluno, independentemente de seu nível de escolaridade, quando o professor não trabalha o assunto utilizando elementos potencialmente significativos. Ao mesmo tempo, acreditamos que qualquer assunto possa ser incorporado aos programas de Física das escolas de nível médio, desde que o docente trabalhe enfocando uma aprendizagem significativa.

Após termos trabalhado, em forma de unidade didática, o tópico sobre método científico, iniciamos a implementação do assunto sobre os modelos atômicos e as partículas elementares. Quando iniciamos este assunto, os alunos já haviam, em sua maioria, tido contato com o texto pré-elaborado sobre este tema (Apêndice D). Começamos nossa abordagem através de uma aula expositiva, em que estudamos a evolução dos modelos atômicos. Nossa proposta visou relacionar a evolução dos modelos atômicos com a idéia de que a Ciência, e conseqüentemente, suas teorias, evoluem e que nenhum conhecimento científico pode ser encarado como verdade absoluta.

Também apresentamos as partículas, até então, conhecidas pelos alunos (elétron, próton e nêutron) como sendo as constituintes do átomo. Salientamos elementos referentes à propriedade destas partículas.

Nesta mesma aula, utilizamos, como recurso, um projetor de imagens acoplado a um micro computador. Usamos uma apresentação de *slides* construída no programa *Power Point*. Para ilustrar o modelo atômico de Bohr e, também, o modelo da mecânica quântica, utilizamos como estratégia o *software* livre Atom10. Este *software* oferece interessantes recursos gráficos que podem contribuir para uma melhor visualização destes modelos atômicos. O programa, por nós utilizado, oferece outros recursos; no entanto, estes, para serem devidamente utilizados demandam de conhecimentos sobre o formalismo matemático da Mecânica Quântica. A Figura 1 mostra o *layout* do *software* para o a representação do átomo de Bohr. Na Figura 2, temos a representação do mesmo *software* para o modelo da Mecânica Quântica.



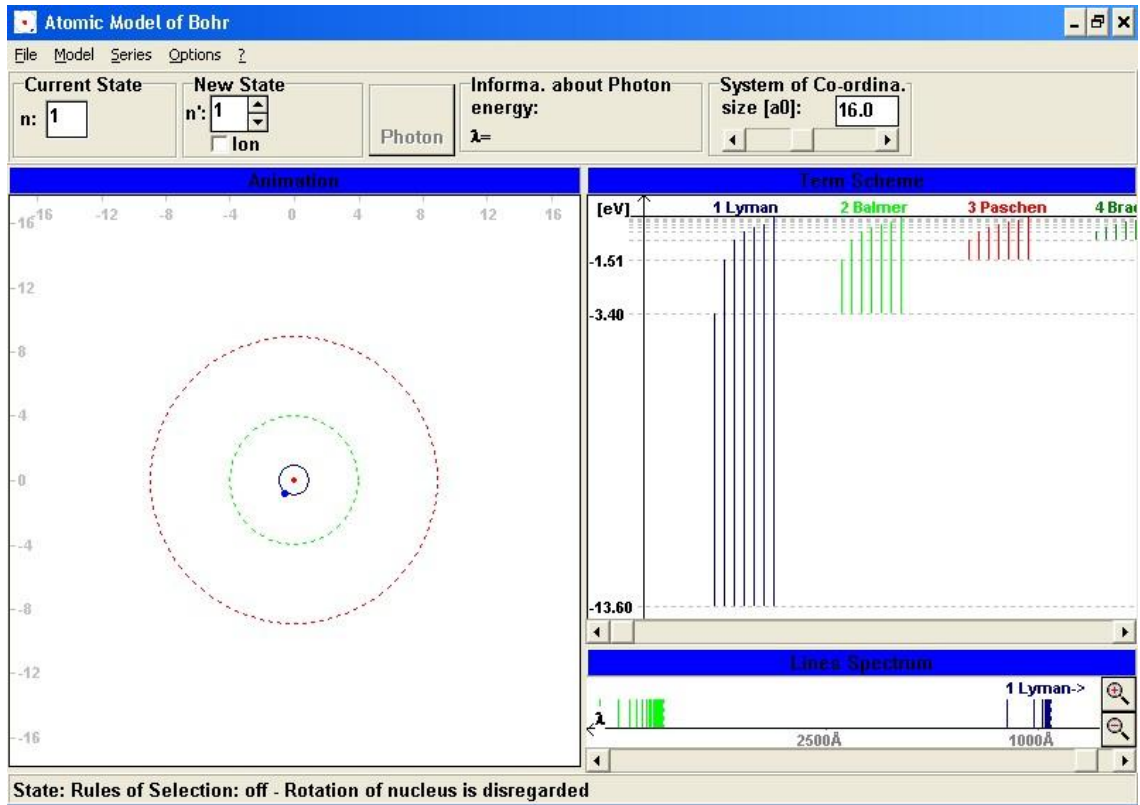


Figura 1: Layout do software Atom10 para o modelo atômico de Bohr.

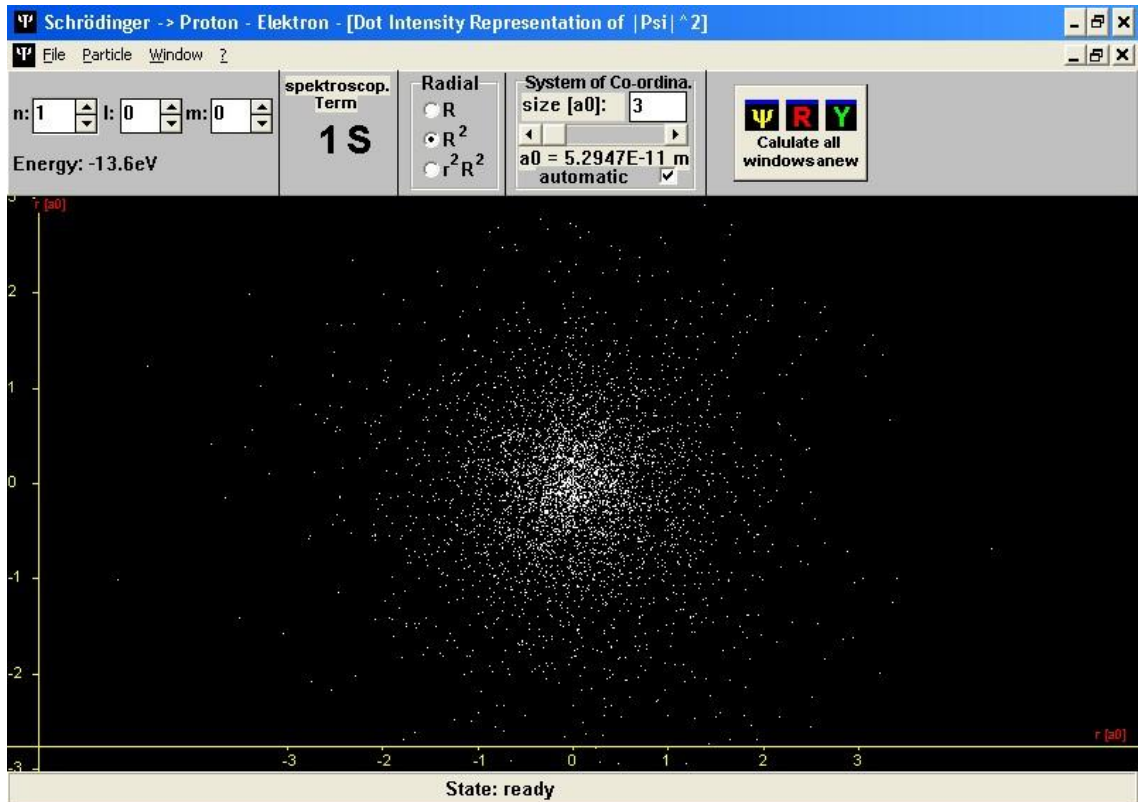
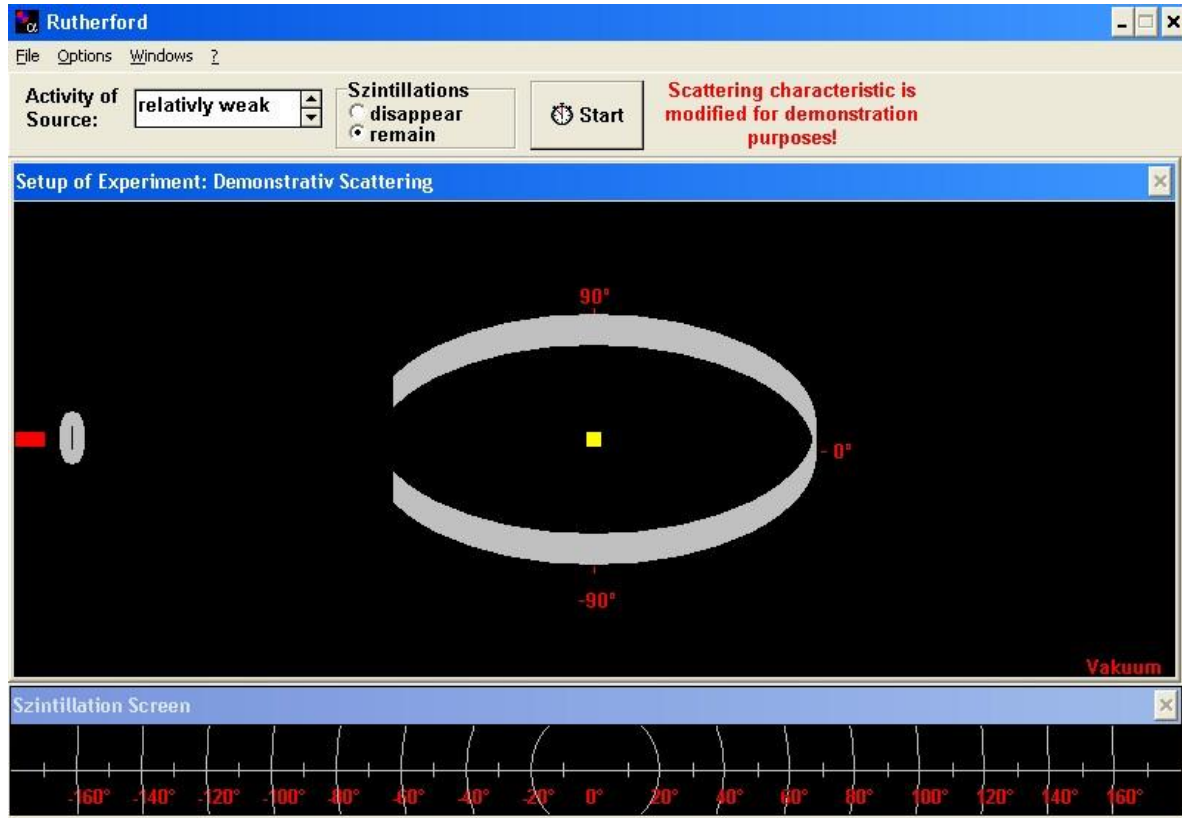


Figura 2: Layout do software Atom10 para a representação do modelo atômico da Mecânica Quântica.

Também utilizamos o mesmo *software* para demonstrar a experiência utilizada por Rutherford para a comprovação da existência do núcleo do átomo. O *layout* da representação deste *software* para a experiência de Rutherford aparece na Figura 3.



**Figura 3:** *Layout* do *software* Atom10 para a representação da experiência de Rutherford.

Após a apresentação expositiva, propomos aos alunos uma discussão sobre o tema. Esta discussão foi, sem dúvida, muito interessante, pois demonstrou todo o interesse e curiosidade gerada pelo desenvolvimento deste tópico. Ao final do encontro, sugerimos uma releitura do texto já mencionado.

No encontro seguinte, utilizando o mesmo recurso da aula anterior, apresentamos as partículas que, até então, não eram conhecidas pelos alunos. Iniciamos nossa apresentação falando dos quarks, obviamente, enfatizando a formação do próton e do nêutron. Apresentamos, também, os léptons.

Através de um mapa conceitual sobre quarks e léptons, com o objetivo de organizar os conceitos até então estudados, apresentamos a primeira família de partículas, formada pelos quarks e léptons e denominada férmions. Tivemos o cuidado de explicar o princípio de exclusão de Pauli aplicado às partículas desta família. Até este momento, nossa intenção foi apresentar as partículas elementares como os léptons, e também, as que formam as partículas

subatômicas como os núcleons (quarks).

Em seguida, utilizamos experimentos simples, como a atração gravitacional entre a Terra e uma caneta; a mesma atraindo pequenos pedaços de papel após o atrito com os cabelos de um aluno, e também, a atração entre dois ímãs. Nosso objetivo, com estas demonstrações foi mostrar aos alunos que forças presentes em seu cotidiano ocorriam sem que, necessariamente, existisse o contato entre corpos. Esta colocação causou algumas reações em alguns alunos no sentido de que estes nunca haviam refletido e observado com calma tais interações.

Esta foi a estratégia para introduzirmos o conceito de campo e, posteriormente, apresentarmos as quatro interações fundamentais existentes na natureza. Primeiramente, explicamos a interação gravitacional; em seguida, a eletromagnética. As duas interações restantes foram apresentadas com extremo cuidado, principalmente, no que se refere à interação nuclear fraca. Esta exigiu a explanação sobre alguns conceitos totalmente novos para os alunos, como o caso de decaimentos. Para o caso da interação nuclear forte, propomos o questionamento sobre o fato do núcleo ser formado somente por partículas positivas e, ainda, conseguir se manter estável.

Finalmente, apresentamos os bósons responsáveis pelas interações fundamentais: fóton, glúon, gráviton e partículas Z e W. Comparamos os bósons com os férmions e mostramos que os bósons não obedecem ao princípio de exclusão de Pauli.

Ao final da aula, apresentamos o mesmo mapa conceitual anterior, mas sendo que este agora mostrava os férmions (quarks e léptons) e bósons (fóton, glúon, gráviton e partículas Z e W). A proposta de trabalho para a aula seguinte foi que cada aluno elaborasse, em casa, um mapa conceitual sobre os conceitos estudados nos dois últimos encontros.

Na terceira aula sobre partículas elementares, propomos a divisão do grande grupo em grupos menores de, no máximo, cinco componentes. A avaliação desta unidade, além da elaboração do mapa conceitual, constituiu-se na construção de uma história em quadrinhos sobre os tópicos abordados. Solicitamos aos alunos que, ao mesmo tempo em que tivessem o devido cuidado com os conceitos físicos, estes deveriam ser apresentados de forma simples, passíveis de serem compreendidos por um aluno alfabetizado da quarta série do ensino fundamental.

Tivemos o objetivo de avaliar dessa forma, pois acreditamos que, diante de uma situação nova, os conceitos novos existentes nas estruturas cognitivas dos alunos poderiam, se aprendidos de forma significativa, serem detectados nesta avaliação. O trabalho nos foi entregue na aula seguinte, após seu início, em sala de aula. Nossa unidade didática sobre os modelos atômicos e as partículas elementares se encerrou em um total de três encontros.

É importante salientarmos que não tivemos, como objetivo, que nossos alunos apenas conhecessem e conseguissem classificar as partículas elementares. Antes disso, tivemos a intenção de que pudessem conhecer melhor a estrutura menor da matéria. Vemos esta ênfase como uma ampliação do conhecimento dos alunos. Além disto, aproveitamos este assunto para enfatizar o processo de construção do conhecimento científico, ao apresentarmos partículas previstas pela teoria, mas que ainda não foram detectadas, ou seja, o conhecimento teórico está integrado às observações para a detecção destas partículas.

### 5.2.5 Eletricidade e Eletromagnetismo

Nossa estratégia foi utilizada considerando que os conceitos sobre o átomo e partículas elementares servissem de subsunçores para novos conceitos a serem estudados. Fenômenos sobre eletricidade e eletromagnetismo estão presentes no cotidiano de qualquer pessoa, independente de região, classe social ou cultura. Vemos tais assuntos como preciosos elementos que podem abrir portas no sentido de inserção da Física nas séries iniciais. No entanto, baseados em nossas pesquisas (OSTERMANN e MOREIRA, 1999; DELIZOICOV e ANGOTTI, 1992; ZIMMERMANN e EVANGELISTA, 2004; LONGHINI e MORA, 2005), acreditamos que conceitos cientificamente aceitos sobre estes assuntos sejam quase que inexistentes na estrutura cognitiva dos docentes das séries iniciais.

Temos convicção que uma transposição didática adequada passa pela aprendizagem significativa destes conceitos por parte dos professores. Nossa proposta culmina trabalhando com tais conceitos valendo-nos de experimentos, aulas expositivas e textos, com o intuito de proporcionar o contato dos alunos com uma matéria de considerável potencial significativo.

Após encerrarmos a unidade didática sobre os modelos atômicos e as partículas elementares, na aula seguinte começamos nossa abordagem sobre tópicos e de eletricidade (Apêndices E e F). Iniciamos nossa abordagem sobre a carga elétrica<sup>8</sup>. Abordamos os tipos de eletrização e trabalhamos em um experimento simples, mas normalmente de grande impacto sobre os alunos. Este experimento apresenta manifestações do excesso de carga elétrica presente em uma caneta eletrizada quando aproximada de um filete de água que escorre em uma torneira (Apêndice F). São muito interessantes as manifestações dos alunos quando a

---

<sup>8</sup> Este conceito já havia sido trabalhado na unidade anterior, no entanto tivemos que utilizá-lo novamente, pois este é fundamental na compreensão dos fenômenos a serem estudados.

aproximação da caneta cria uma deflexão no filete de água. Falamos, novamente, no campo elétrico e sua importância na compreensão fenômenos elétricos.

No segundo encontro sobre esta unidade didática, abordamos a diferença de potencial elétrico. Utilizamos analogias com a mecânica para inserir este conceito. Desta forma, conseguimos, na seqüência, mostrar a finalidade de um gerador químico e apresentar o conceito de corrente elétrica. Este conceito, bem como os anteriores, foram amplamente discutidos e relacionados com instrumentos que estão presentes no cotidiano dos alunos. Nesta mesma aula, utilizamos um experimento muito simples e conhecido para demonstrar manifestações da corrente elétrica em líquidos. Para a demonstração deste experimento, utilizamos os seguintes componentes: um pedaço de fio de cobre, duas pilhas grandes, um copo plástico de café e dois cliques metálicos (Apêndice F). O objetivo que tivemos com este experimento foi de montar um circuito simples, com as pilhas, e observar juntamente com os alunos, as manifestações da corrente elétrica em um líquido condutor de eletricidade (água misturada com sal), como também, observar o comportamento quando o líquido em questão era não condutor (óleo).

Na realização no experimento, pedimos aos alunos que verificassem quais as diferenças entre situações em que o material contido no copo plástico era água, água contendo sal e óleo de cozinha. Após a conclusão de cada grupo, criamos um debate para ouvir algumas explicações dos alunos a respeito do experimento. Terminamos desta forma, a segunda aula sobre esta unidade didática.

Na terceira aula, mostramos inicialmente, a atração e repulsão entre dois ímãs. Questionamos os alunos sobre qual força estava presente naquela manifestação. Para nossa satisfação, obtivemos manifestações que apresentavam a resposta esperada e aceita cientificamente. Seguimos a aula falando, sobre ímãs, suas aplicações, campos magnéticos e magnetismo terrestre.

Abordamos a experiência de Oersted (Apêndice F) e enfatizamos sua importância no sentido de, finalmente, este experimento comprovar experimentalmente a teoria sobre a suposta relação entre eletricidade e magnetismo. Realizamos, então, o experimento de Oersted com o objetivo de facilitar a compreensão sobre o conceito de eletromagnetismo. Como nos demais encontros, finalizamos este com a discussão dos temas trabalhados. Propomos, como tarefa para a ser entregue na aula seguinte, um mapa conceitual sobre os conceitos estudados nesta unidade didática. Pedimos que, para o próximo encontro os alunos trouxessem uma lista de material para a realização de um experimento sobre eletromagnetismo. Esta lista de material era a seguinte:

- Seis pregos grandes.
- 20 m de fio de cobre envernizado com diâmetro de 0,3 mm.
- Fita adesiva do tipo “crepe”.
- Uma pilha grande nova.
- Alguns cliques metálicos.
- Uma faca de cozinha.

No quarto encontro, pedimos aos alunos que formassem grupos de cinco componentes e, com o material trazido, propomos a resolução do seguinte problema: erguer dois cliques metálicos, utilizando a força magnética para este fim. Orientamos os grupos no sentido de utilizar o material solicitado e os conceitos trabalhados em aula.

Não fornecemos nenhuma outra dica; nosso objetivo principal, com esta proposta, foi de verificar se o conceito de que uma corrente elétrica em um condutor cria um campo magnético estava presente em suas estruturas cognitivas e, obviamente, para isto gostaríamos que estes chegassem o mais próximo possível da construção de um eletroímã simples. Temos consciência de que a resolução esperada se valia de outras habilidades, além da relação significativa entre conceitos, e consideramos estas dificuldades na avaliação da proposta. As Figuras 5 e 6 apresentam alguns alunos juntamente com o professor, desenvolvendo esta atividade. A avaliação desta atividade foi de caráter observacional. Nos preocupamos em verificar se os alunos apresentariam uma relação entre conceitos estudados para a resolução do problema. Relatamos e descrevemos nossas observações no capítulo seguinte.



**Figura 4:** Alunos desenvolvendo a atividade relatada com a supervisão do professor.



**Figura 5:** Alunos desenvolvendo a atividade relatada com a supervisão do professor.

## **6 RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS NA MODALIDADE NORMAL**

A apresentação dos resultados da implementação das unidades didáticas é demonstrada de acordo com cada instrumento de avaliação utilizado. Exemplificando: como utilizamos mapas conceituais como instrumento de avaliação nas unidades sobre aprendizagem significativa, modelos atômicos e partículas elementares e eletricidade e eletromagnetismo, o resultado destas avaliações aparece descrito no tópico que trata especificamente de mapas conceituais. Assim, os demais instrumentos são também apresentados.

Gostaríamos, no entanto, de especificar qual instrumento foi utilizado para cada unidade didática:

- Aprendizagem Significativa: mapas conceituais.
- Método Científico: relatório sobre livros das séries iniciais do ensino fundamental, pré-teste e pós-teste.
- Modelos Atômicos e Partículas Elementares: mapas conceituais, histórias em quadrinho, pré-teste e pós-teste.
- Eletricidade e Eletromagnetismo: mapas conceituais, resolução de uma situação problema através de uma atividade prática, pré-teste e pós-teste.

### **6.1 O Pré-teste e o Pós-teste**

No início do ano letivo de 2004, elaboramos e aplicamos um pré-teste contendo quinze questões sobre os temas que fariam parte dos conteúdos trabalhados nas unidades didáticas



que foram desenvolvidas durante a implementação de nosso projeto. Este pré-teste se constituiu, então, de questões discursivas sobre os temas que seriam posteriormente trabalhados em sala de aula. Optamos por este tipo de teste, ao invés de um com questões objetivas, pois gostaríamos de poder levantar concepções que nossos alunos tivessem a respeito dos assuntos que seriam, posteriormente, trabalhados.

Sabíamos que, em determinadas questões, a possibilidade do aparecimento da resposta “não sei” poderia representar a maioria das respostas dadas. Após o levantamento das respostas, confirmamos nossas expectativas e tivemos, em muitas questões, como resposta “não sei”, sendo a de maior frequência.

Apesar de apresentarmos o pré-teste contendo a frequência de respostas semelhantes, não tivemos nenhuma intenção de fazer um levantamento estatístico comparativo entre as respostas de pré-teste e as respostas do pós-teste. Basicamente, o pré-teste serviu de diagnóstico sobre o conhecimento prévio dos alunos, sobre os temas que seriam desenvolvidos. Cabe ressaltar que nosso referencial teórico admite aquilo que o aluno conhece como fundamental para a elaboração de uma estratégia instrucional potencialmente significativa. As concepções que encontramos nas respostas, em geral, eram, em muitos casos, concepções alternativas sobre o conhecimento científico aceito.

O pós-teste serviu como elemento de diagnóstico sobre algum tipo de retenção de conhecimento e, também, como evidência de uma mudança conceitual quando um determinado conceito impregnado de erros conceituais se mostrava frequente nas respostas obtidas no pré-teste. Este não foi comparado quantitativamente com o pós-teste, pois, preferimos uma análise qualitativa das respostas obtidas.

Neste tópico, gostaríamos de, em um primeiro momento, apresentar o pré-teste contendo os tipos de resposta categorizadas em grupos, bem como a frequência do aparecimento do tipo de respostas. O pré-teste foi respondido por trinta e cinco alunos, no entanto, em algumas respostas, a frequência total somada, ultrapassa trinta e cinco. Esta diferença se deve ao fato de um mesmo aluno apresentar, para uma mesma pergunta, mais de uma resposta, classificada por nós, como pertencentes a categorias diferentes. O pré-teste é apresentado a seguir contendo as perguntas, as categorias de respostas e as frequências das mesmas, entre parênteses. Cabe salientar que escolhemos cada categoria com base em uma resposta literal dada por um aluno. Apresentamos, também, para as categorias de maior frequência (exceto quando a resposta dada foi do tipo “não sei”), exemplos de respostas literais de alguns alunos.

Questão 1 - O que é um átomo?

Categoria1: Menor partícula (11).

Exemplo: É a menor partícula que existe.

Exemplo: Menor partícula que existente.

Categoria 2: Menor partícula indivisível (1).

Categoria 3 :Menor partícula da molécula (15).

Exemplo: É a menor partícula da molécula.

Exemplo: É a menor partícula e forma a molécula.

Categoria 4:Conjunto de partículas (1).

Categoria 5: Não sei (7).

Questão 2 - Qual é a menor partícula de que você já ouviu falar?

Categoria1: Átomo (26).

Exemplo: A menor partícula é o átomo.

Exemplo: O átomo.

Categoria2: Não sei (9).

Questão 3 - O que é um elétron?

Categoria 1: Íons negativos (17).

Exemplo: São íons negativos.

Exemplo: É um íon negativo.

Categoria 2: Partícula negativa (1).

Categoria 3: Carga negativa do átomo ( 1).

Categoria 4: Doador pelo átomo (1).

Categoria 5: Íons positivos (1).

Categoria 6 :Partícula (1).

Categoria 7 Carga elétrica do átomo (1).

Categoria 8: Átomo com energia negativa (1).

Categoria 9: Não Sei (11).

Questão 4 - O que é um próton?

Categoria 1: Íon positivo (16).

Exemplo: É um íon positivo.

Categoria 2: Partícula positiva (1).

Categoria 3: Átomo de energia positiva (1).

Categoria 4: Íons positivos que estão no núcleo (2).

Categoria 5: Carga positiva (1).

Categoria 6: Partícula (1).

Categoria 7: Negativo (1).

Categoria 8: Não sei (10).

Questão 5 - O que é um nêutron?

Categoria 1: Íon neutro (9).

Exemplo: É um íon neutro.

Categoria 2: Sem carga elétrica (3).

Categoria 3: Íons neutro estão no núcleo (1).

Categoria 4: Partícula neutra (2).

Categoria 5: Positiva e negativa (1).

Categoria 6: Está no átomo (1).

Categoria 7: Não sei (14).

Questão 6 - Você conhece alguma partícula além de prótons, elétrons e nêutrons? Quais?

Categoria 1: Átomo (1).

Categoria 2: Molécula (1).

Categoria 3: Íons ânions (2).

Categoria 4: Não sei (32).

Questão 7 - Quais são as forças que você conhece?

Categoria 1: Gravitacional (10).

Exemplo: Lembro da força da gravidade.

Exemplo: Força peso.

Categoria 2 : Elétrica (2).

Categoria 3: Elástica (3).

Categoria 4 : Calor (2).

Categoria 5: Não sei (22).

Questão 8 - Como você explicaria o fato de a Terra e a Lua se atraírem?

Categoria 1: Campo gravitacional: (2)

Categoria 2: Magnetismo (1).

Categoria 3: Densidade (1).

Categoria 4: Gravidade (5).

Exemplo: É por causa da gravidade.

Exemplo: É pela força da gravidade.

Categoria 5: Não sei (26).

Questão 9 - O que é carga elétrica?

Categoria 1: Cátions e ânions (1).

Categoria 2: Energia Elétrica (3).

Exemplo: É quantidade de energia elétrica.

Exemplo: É a energia elétrica

Categoria 3: Íons (1).

Categoria 4: Positivo e negativo (1).

Categoria 5: Não sei (29).

Questão 10 - O que é corrente elétrica?

Categoria 1: Passagem de energia elétrica (1).

Categoria 2: Energia (1).

Categoria 3: Não sei (33).

Questão 11 - O que é tensão elétrica (voltagem)?

Categoria 1: Não sei (35).

Questão 12 - Como podemos obter a tensão elétrica?

Categoria 1: Ligando alguma coisa na tomada: (1).

Categoria 2 :Não sei (34).

Questão 13 - O que é magnetismo?

Categoria 1: Ímã (1).

Categoria 2: Dois pólos diferentes que se atraem (1).

Exemplo: É a atração entre dois corpos.

Exemplo: É quando dois corpos se atraem.

Categoria 3: Atração entre corpos (6).

Categoria 4: Forças que se atuam (2).

Categoria 5: Não sei (23).

Questão14 - Todo o conhecimento científico foi obtido a partir da observação de algum fenômeno?

Categoria 1: Sim: (7)

Exemplo: Sim. É assim que se descobre algo.

Categoria 2: Existem conhecimentos que são suposições (1).

Categoria 3: Não sei (28).

Questão 15 - O que é o Método Científico?

Categoria 1: Algo que envolve toda ciência (1).

Categoria 2: Não sei (34).

A análise que faremos a seguir sobre as respostas obtidas no pós-teste será qualitativa. Detemos-nos em cada uma das questões e, embasados nas respostas obtidas, faremos uma análise sobre a retenção do conhecimento do conceito presente na resposta, bem como eventuais mudanças de concepções, presentes nas respostas, caso elas existam. Também, apresentaremos alguns exemplos que possam evidenciar as conclusões feitas.

Questão 1 - O que é um átomo?

Esta questão apresenta uma série de respostas que demonstra que a concepção do átomo, como uma partícula indivisível ou como sendo a menor partícula da matéria, presente em boa parte das respostas do pré-teste, parece ter sofrido uma sensível mudança. Boa parte

das respostas mostra que a concepção de parcela considerável dos alunos, após o desenvolvimento da unidade didática sobre os modelos atômicos, foi modificada. A idéia do átomo como constituinte básico da matéria está presente; porém, o átomo não aparece mais como sendo a menor partícula.

Exemplo: É a estrutura elementar da matéria.

Exemplo: É uma pequena partícula, responsável pela existência do nosso universo. Mas não é a menor.

Questão 2: Qual é a menor partícula de que você já ouviu falar?

As respostas dadas para a questão dois corroboram a análise que fizemos anteriormente. Percebemos que a idéia das partículas elementares está presente nas concepções dos alunos. Boa parte das respostas aponta os quarks como sendo as menores partículas. No entanto, percebemos apenas três respostas apontando para os léptons como fazendo parte das partículas sem estrutura, isto é, elementares.

Exemplo: Quarks.

Exemplo: Quarks e elétrons.

Questão 3: O que é um elétron?

Não percebemos, baseados nas respostas, a idéia compartilhada de que o elétron é uma partícula elementar. Percebemos, sim, a concepção do elétron como sendo uma partícula dotada de carga elétrica negativa.

Exemplo: É uma partícula do átomo com carga elétrica negativa.

Exemplo: Eles ficam na eletrosfera. Elétrons são negativos.

Questão 4: O que é um próton?

Muito semelhante à análise anterior, esta série de respostas nos leva a crer que, para a maioria dos alunos, o próton é uma partícula dotada de carga elétrica positiva. A gama de respostas apresentadas no pré-teste para esta questão mostra que, na maioria das concepções dos alunos, o próton está relacionado com “algo” positivo. Em algumas respostas, notamos que o próton, como partícula estruturada por quarks, está presente nas concepções dos alunos.

Exemplo: É uma partícula com carga elétrica positiva.

Exemplo: É uma partícula encontrada no núcleo do átomo formada por quarks.

Questão 5: O que é um nêutron?

Também percebemos, na análise das respostas referentes à esta questão, que o nêutron é uma partícula desprovida de carga elétrica para a maioria dos alunos. Verificamos que está presente em suas concepções o nêutron como sendo formado por quarks.

Exemplo: Está no núcleo e tem carga neutra.

Exemplo: É uma partícula que também constitui o núcleo com carga elétrica nula.

Exemplo: Também está no núcleo do átomo, sua carga é neutra e também se divide em quarks.

Questão 6: Você conhece alguma partícula além de prótons, elétrons e nêutrons?

Quais?

Nesta série de respostas, temos novamente presente o quark como partícula diferente de elétron, próton ou nêutron. Constatamos apenas três respostas contendo os léptons e bósons.

Exemplo: Sim, os quarks.

Exemplo: Quarks e bósons.

Exemplo: Sim, neutrino, quarks.

Questão 7: Quais são as forças que você conhece?

Ao analisarmos esta série de respostas, percebemos que a maioria aponta as forças gravitacional e magnética como sendo de seu conhecimento. Detectamos apenas três respostas referentes à força nuclear forte e fraca. Acreditamos que os experimentos realizados em sala de aula tenham sido facilitadores de aprendizagem significativa quanto à compreensão do conceito de força magnética, uma vez que esta concepção não fez parte das respostas do pré-teste. Percebemos algumas confusões nas respostas em que partículas mediadoras das forças, como os glúons, fótons e grávitons, aparecem como representantes destas forças.

Exemplo: Força forte, força fraca, força gravitacional e força eletromagnética.

Exemplo: Além das mais comuns [...] Há os glúons (que faz com que prótons e nêutrons fiquem unidos no núcleo).

Exemplo: Eletromagnética.

Questão 8: Como você explicaria o fato de a Terra e a Lua se atraírem?

A maioria das respostas presentes neste questionamento apontam para a presença do campo

gravitacional terrestre como sendo elemento responsável pela interação entre a Terra e a Lua.

Exemplo: Força gravitacional, pois o campo gravitacional existente o atrai.

Exemplo: Pelo campo gravitacional.

Questão 9: O que é carga elétrica?

Verificamos uma série de respostas que considera a carga elétrica como uma propriedade das partículas. Em algumas respostas, no entanto, a carga elétrica aparece como sendo uma propriedade do nêutron.

Exemplo: É a propriedade das partículas.

Exemplo: É uma propriedade dos elétrons prótons e nêutrons

Questão 10: O que é corrente elétrica?

Constatamos que a concepção predominante é a de que a corrente elétrica é o movimento ordenado das cargas elétricas. Acreditamos que a estratégia utilizada para abordagem de tal tópico tenha tido um potencial significativo considerável, proporcionando, desta forma, a verificação de uma relação significativa entre os conceitos de movimento ordenado e carga elétrica.

Exemplo: É o movimento que os elétrons tem todos para o mesmo lado.

Exemplo: Quando os elétrons tem movimento ordenado.

Exemplo: É quando os elétrons migram para o mesmo lado (movimento ordenado).

Questão 11: O que é tensão elétrica (voltagem)?

Não constatamos nenhuma resposta que relacionasse o conceito de voltagem com a diferença entre dois potenciais elétricos distintos. Verificamos que o conceito foi relacionado diretamente aos elementos como geradores (pilhas e baterias) e também à ‘tomada elétrica’.

Exemplo: Tem a ver com tomadas (110-220).

Exemplo: É o que conseguimos quando ligamos algo na pilha ou bateria.

Questão 12: Como podemos obter a tensão elétrica?

Respostas como pilha, bateria e tomada elétrica se fizeram presentes nesta série. Detectamos, também, que, pela primeira vez, alguns alunos não apresentaram resposta para um questionamento.



Exemplo: Ligando algo na tomada

Exemplo: Ligando um fio em pilhas ou baterias.

Questão 13: O que é magnetismo?

Fazemos uma autocrítica sobre este questionamento. Esta é uma pergunta muito geral, que acreditamos não contribuir para um diagnóstico sobre uma relação significativa de conceitos. Uma pergunta que tentasse verificar se o aluno relaciona o conceito de corrente elétrica com campo magnético poderia ser mais eficaz neste sentido. Obtivemos muitas respostas “em branco” para este questionamento.

Em algumas respostas, constatamos confusão entre a força magnética e a força elétrica. Cabe salientar que a implementação desta unidade didática ocorreu, praticamente, ao final do ano letivo de 2004. Principalmente, a abordagem deste tópico pode ter sido comprometida, tendo em vista o acúmulo de avaliações finais e, conseqüentemente, a “canalização” de interesse por parte de alguns alunos para outras disciplinas.

Exemplo: É quando os corpos se atraem ou se repelem.

Exemplo: É a atração entre dois corpos com cargas diferentes.

Questão 14: Todo o conhecimento científico foi obtido a partir da observação de algum fenômeno?

A concepção empirista-indutivista sobre a construção do conhecimento científico parece não estar presente na estrutura cognitiva da maioria dos alunos. Esta conclusão se baseia na série de respostas que, na maioria, enfatizam que toda a observação é precedida de conhecimento teórico. A ruptura com a visão de método científico é muito importante para um docente das séries iniciais e se mostra significativa para a maioria dos alunos.

Exemplo: Não. É preciso observar, experimentar, mas antes é preciso a teoria.

Exemplo: Não, pois em primeiro lugar é a teoria. Devemos saber alguma coisa antes de fazermos a experiência.

Questão 15: O que é o Método Científico?

Apesar de algumas respostas para este questionamento aparecerem em branco, boa parte das respostas nem define o método científico. Elas apontam direto para a sua inconsistência.

Exemplo: É primeiro a teoria, depois a experiência, o conhecimento científico não é

definitivo.

Exemplo: Todos os experimento estão impregnados de teoria. Primeiro vem o conhecimento depois a comprovação.

Cabe salientar que a principal função do pré-teste foi diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos acerca dos conteúdos que seriam desenvolvidos nas unidades didáticas. Porém, aproveitamos esta ferramenta e verificamos a retenção de conhecimento por parte dos alunos e, também, possíveis mudanças nas concepções dos mesmos.

Temos consciência de que, para a função de diagnosticar conhecimentos prévios, este questionário se mostrou eficaz; no entanto, pensamos que algumas questões não sejam tão eficazes no sentido de verificar retenção de conhecimento, como o caso específico da questão treze.

## **6.2 Mapas Conceituais**

Nosso projeto visa a implementação de unidades didáticas em que o conhecimento físico é abordado sob uma ênfase conceitual. Acreditamos que, através de um enfoque conceitual de tópicos de Física, buscando sempre uma aprendizagem mais próxima da significativa do que da mecânica, fomentaremos uma possível transposição didática para as séries iniciais. Mesmo que nosso trabalho não trate da transposição didática propriamente dita, acreditamos que ela só possa ser adequada quando o docente domina, conceitualmente, o conhecimento que será transposto.

Baseados nesta premissa, acreditamos que a avaliação utilizada deva ser coerente e realmente possa ter um papel diagnosticador de aprendizagem significativa por parte dos alunos. É baseado nisto, que escolhemos os mapas conceituais como principal elemento de avaliação na implementação de nosso projeto. Pensamos que a avaliação, através de mapas conceituais, possa ser favorável no sentido de apontar evidências de aprendizagem significativa na estrutura cognitiva dos alunos (MACHADO e OSTERMANN, 2005), diferentemente de uma prova que privilegie a resolução de problemas numéricos que, obviamente, não se mostra coerente com a nossa proposta e com nosso referencial teórico.

O que buscamos na análise dos mapas conceituais foi uma relação significativa de conceitos presentes nos mesmos. Obviamente, que alguns mapas apresentavam problemas conceituais, mas em nossa avaliação, quando detectados tais problemas, conversávamos com

os alunos que elaboraram tal mapa e discutíamos os eventuais erros conceituais. Posteriormente, os mesmos alunos apresentavam um novo mapa e, então, podíamos verificar se existiu um avanço na relação entre os conceitos apresentados. Solicitamos a elaboração de mapas nas unidades sobre aprendizagem significativa, átomo e partículas elementares e eletricidade e eletromagnetismo. No Anexo A, apresentamos alguns mapas conceituais construídos pelos alunos e que tratam destes temas. Podemos verificar, na análise destes mapas, que mesmo em alguns deles existindo alguns problemas conceituais, existe uma significativa relação entre os conceitos trabalhados o que, ao nosso ver, pode indicar evidências de aprendizagem significativa.

Outro fator altamente positivo se verificou no notório temor que alguns alunos apresentavam em relação à Física, no início do ano letivo. A avaliação, através de mapas conceituais, certamente contribuiu para que nosso aluno começasse a enxergar a Física através de uma ótica que explica fatos do cotidiano e que pode ser muito agradável de ser estudada. Cremos que todo o medo dos alunos tenha uma relação direta com o processo avaliativo, através de provas que são basicamente constituídas de problemas numéricos.

Não somos contra a utilização de problemas nas aulas de Física e em avaliações; acreditamos que, devidamente elaborada, uma prova composta de problemas pode diagnosticar a aprendizagem significativa. Sabemos, também, que o insucesso na resolução de um problema não significa que o aluno não tenha aprendido significativamente determinado assunto, pois a resolução de problemas, a nosso ver, vale-se de mais habilidades. O que gostaríamos de salientar é que, em muitas salas de aula, a resolução de problemas numéricos se tornou sinônimo de ensino de Física, o que pode privilegiar muito mais conhecimentos matemáticos do que físicos propriamente ditos (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

### **6.3 Histórias em Quadrinhos**

Apesar dos mapas conceituais serem nosso principal elemento de avaliação, optamos por utilizar um instrumento que nos possibilitasse a utilização do conhecimento trabalhado nas unidades didáticas em uma situação nova para os alunos. Esta situação, também, pode apontar uma aprendizagem significativa por parte do aluno, caso este passe a utilizar os conceitos aprendidos na elaboração de algo novo. Se existiu uma mera memorização do conhecimento, possivelmente, o aluno encontrará dificuldades na realização da tarefa e esta

será explicitada durante sua elaboração.

A utilização de histórias em quadrinhos como instrumento de avaliação se insere perfeitamente nesta proposta. Em nossa avaliação, pedimos aos alunos em grupos que construíssem histórias em quadrinhos sobre o átomo e as partículas elementares. Solicitamos ainda, que a linguagem utilizada fosse simples, mas que não dispensasse o rigor físico que o assunto exige.

No Anexo B, apresentamos algumas histórias elaboradas pelos alunos. Notamos que, em algumas histórias, a questão gráfica da representação do átomo não foi considerada; no entanto, mesmo nestas histórias, muitas concepções conceitualmente corretas sobre o átomo são apresentadas, evidenciando uma aprendizagem significativa dos conceitos cientificamente aceitos.

Evidenciamos, em algumas histórias, a concepção da evolução das teorias científicas trabalhadas na unidade didática sobre o método científico, o que nos deixou muito satisfeitos, especificamente neste aspecto. Este instrumento de avaliação mostrou-se muito útil e, novamente, assim como os mapas conceituais, pôde avaliar e diagnosticar evidências de aprendizagem significativa. Segundo Pena (2003), as histórias em quadrinhos, no ensino de Física, podem também nos auxiliar da seguinte forma:

Em suma, a história em quadrinhos é uma poderosa linguagem para o ensino das ciências. Um recurso que pode ser utilizado em sala de aula de diversas maneiras. Uma forma divertida de incentivar o aluno a aprender Física e de mostrar que a Física é bem diferente da disciplina “maçante”, “decoreba”, “bicho de sete cabeças”, descontextualizada e aterrorizante que é ensinada em muitas das instituições de ensino fundamental, médio e superior (PENA, 2003, p. 20).

#### **6.4 Aula Experimental**

Apesar de um dos nossos textos elaborados tratar dos experimentos utilizados na implementação da unidade didática sobre eletricidade e eletromagnetismo (Apêndice F), em nossas aulas experimentais não preocupamo-nos em apresentar um roteiro para a elaboração dos mesmos. Antes disso, apresentamos os experimentos como demonstrações, juntamente com questionamentos e observações, com o intuito de que estas demonstrações tivessem considerável potencial significativo para o aluno, e o auxiliasse na construção de seus conceitos de forma significativa.

Novamente, tivemos a intenção de verificar a utilização dos conceitos estudados como explicação dos fenômenos presentes nos experimentos e, conseqüentemente, observar as respostas dos alunos diante de uma nova situação. Nossa avaliação, referente a esta proposta, é positiva, pois boa parte dos alunos apresentou uma considerável desenvoltura na elaboração das respostas referentes aos questionamentos feitos. Ao todo realizamos cinco experimentos sobre eletricidade e eletromagnetismo (Apêndice F). Os quatro primeiros foram apresentados como demonstração, com o objetivo de facilitar a compreensão dos fenômenos estudados.

Os dois primeiros experimentos sobre eletrização (Apêndice F), são experimentos extremamente simples, mas que causaram um grande impacto nos alunos, quando apresentados. Notamos que poucos foram os que pediram explicação sobre os fenômenos visualizados, embora uma boa parte dos alunos de forma espontânea, admitisse que estes dois experimentos eram excelentes para serem aplicados nas séries iniciais.

O terceiro experimento sobre condutibilidade de líquidos, também chamou a atenção dos alunos. Muitos foram os questionamentos feitos acerca do motivo pelo qual as bolhas eram formadas ao redor de apenas um clipe (Apêndice F). No entanto, quando fizemos um questionamento sobre o motivo da formação de bolhas, todas as respostas apontaram para os elétrons como os portadores de carga elétrica.

O quarto experimento teve o objetivo de mostrar que uma corrente elétrica gera um campo magnético (Apêndice F). Nesta apresentação percebemos muitas respostas corretas sobre o motivo pelo qual a agulha da bússola sofria um desvio.

Quanto ao experimento referente à construção do eletroímã, foi o único apresentado em forma de situação-problema. Apenas observamos o desenvolvimento dos trabalhos nos grupos, sendo esta a nossa avaliação da atividade. Verificamos que alguns grupos tinham uma dificuldade inicial em relacionar a corrente elétrica com o aparecimento do campo magnético mas, aos poucos, observamos que os grupos com mais dificuldade observavam outros grupos que utilizaram a relação dos conceitos quase que imediatamente. Não fizemos nenhuma restrição a estas observações, mas permanecemos atentos ao comportamento de todos os grupos.

Até um determinado momento, a solução de todos os grupos não utilizava os pregos como núcleo. Desta feita, intervimos e sugerimos aos alunos que os pregos estavam presentes na solução. Quase que de forma imediata, um grupo iniciou a resolução correta; no entanto, a tentativa de erguer os cliques não funcionou. Neste momento, os demais grupos já haviam

adotado a mesma solução, mas sem sucesso. Intervimos novamente e sugerimos que os grupos passassem a dar mais voltas com o fio no núcleo de pregos, e tal sugestão foi atendida.

Após algumas tentativas, ainda sem sucesso, um grupo conseguiu finalmente erguer um clipe. Também tivemos uma avaliação positiva em relação ao comportamento dos alunos, pois, além destes demonstrarem muito interesse na resolução do problema proposto e descrito no capítulo cinco deste trabalho, a utilização das relações entre os conceitos estudados foi perceptível em, pelo menos, quatro grupos no total de seis.

### **6.5 Relatório Sobre a Pesquisa Realizada em Livros de Ciências das Séries Iniciais**

Utilizamos, como avaliação da unidade didática sobre o método científico, um relatório sobre uma pesquisa realizada por grupos em livros de Ciências das séries iniciais. Nesta avaliação, o principal objetivo era que os alunos apontassem e criticassem a abordagem do método científico presente nestas publicações. Tivemos grande satisfação em perceber que boa parte dos relatórios continha concepções corretas acerca deste tema. No Anexo C, são apresentados alguns relatórios elaborados pelos alunos.

### **6.6 Análise do Questionário de Atitudes Aplicado após a Realização das Unidades Didáticas**

Dentre os resultados apresentados, as respostas dadas pelos alunos no questionário aplicado após a implementação de nosso projeto, apontam para uma evidente aceitação do mesmo, bem como uma considerável mudança na concepção dos futuros professores em relação à Física. Nosso questionário apresenta algumas questões repetidas em relação ao questionário aplicado no início do ano letivo. Tivemos, por objetivo, detectar alguma mudança sobre as concepções que os alunos poderiam vir a apresentar sobre a importância da Física no ensino fundamental, aliada à viabilidade da inserção da mesma nestas séries.

Apresentaremos os cinco questionamentos feitos e, em seguida, as respostas de alguns alunos na íntegra, sendo que não retiramos respostas negativas. Nosso critério foi a escolha aleatória das mesmas. Ressaltamos que cada travessão corresponde a resposta de um aluno diferente.

Pergunta: Você continua enxergando a Física da mesma forma após este ano? Se não, o que mudou?

- Não, o que mudou foi os conceitos que conseguimos trazê-los para o dia-a-dia de uma forma muito mais interessante.
- Agora as aulas são muito legais, são interessantes e, quanto mais aprendemos mais queremos aprender, pois é englobado coisas do nosso dia-a-dia. É uma aprendizagem significativa. Aprendemos e entendemos as coisas, sem toda aquela calculeira.
- Com certeza não! Agora vejo que a maioria entende o que é explicado; as aulas são legais, [...] Se o prof. é tão gênio quanto o outro eu não sei, mas este sabe explicar e se fazer entender.
- Sim. Mas este ano foi completamente diferente, eu percebi que ela pode ser ensinada de várias formas.
- Com certeza não. Agora eu entendo e aproveito as aulas e por incrível que pareça, nem durmo mais nas aulas [...] Mas falando sério, vejo a Física com outros olhos, não como uma disciplina que “quer me devorar”, mas algo que me faz crescer, e me ajudará muito em sala de aula.
- Não continua do mesmo jeito, agora sei que física não é só calculo, e sim muito mais que isso. E agora adoro acordar pensando:”que bom que hoje eu vou ter aula de física”.
- Não, mudou bastante, pois antes achava que era só cálculos, não sabia nada dessas teorias e conceitos.
- Este ano a situação mudou, pois agora com as suas explicações tudo ficou mais fácil. E os testes dos outros anos era praticamente todo de fórmulas, e os desse era mais de escrever e pensar. Vamos levar para a vida os ensinamentos desse ano.
- Sem brincadeiras, este ano a Física foi gostosa de se aprender, pois tu deste as tuas aulas de uma forma interessante que me instigou a estudar. Os mapas conceituais foram ótimas opções, pois muita coisa que aprendi foi por fazê-los. As tuas aulas não se resumiram só em passar a matéria, deu pra perceber uma grande preocupação sua em saber se realmente nós havíamos aprendido o conteúdo! Resumindo, foi ótimo.

- Mudei meus conceitos e agora adoro as aulas, pois entendo o que estou fazendo e as aulas não são cálculos, são conceitos.
- Não. Este ano a matéria está sendo bem mais e melhor explicada fazendo com que me interessasse bem mais, chegando até a “decidir” fazer Física na faculdade.
- Com certeza que minha visão mudou! E não foram algumas coisas [...] foi tudo! Passei a enxergar a Física não mais como cálculos e fórmulas complicadas, mas sim como a explicação de tudo que acontece.
- Não. Aprendi que o importante não é decorar, é entender porque se utiliza a fórmula, para que a utilizamos, primeiro devemos entender a teoria.
- Agora são outros quinhentos, você é muito show, explica muito bem a matéria, não obriga a gente a decorar fórmula. Gosto muito do seu método de ensino.
- Este ano, ao invés de decorávamos fórmulas, tivemos trabalhos em que conseguimos compreender a matéria. O uso de mapas conceituais nos trouxe uma maneira fácil de compreensão da matéria.

De acordo com a série de respostas, podemos admitir que o enfoque conceitual utilizado em nossa estratégia foi muito bem aceito pelos alunos. Estas respostas reforçam a idéia de que, na formação de docentes que atuarão junto às séries iniciais, o ensino de Física deve primar pela compreensão significativa de conceitos, em detrimento de um ensino extremamente matematizado. Vemos que o ensino de Física que privilegia a resolução de problemas numéricos pode contribuir para uma aversão à Física, distanciando estes professores do conhecimento físico e de uma possível transposição destes conhecimentos nas séries iniciais do ensino fundamental.

Pergunta: Você acredita que a Física possa ser inserida no conteúdo de Ciências do ensino fundamental? Justifique sua resposta.

- Sim. A Física está em tudo, e deve ser ensinada de maneira simples, para que se tenha introdução da matéria que mais tarde será complementada.
- Sim, pois está relacionado com tudo da vida dos alunos.
- Claro. Ao menos alguns conceitos básicos para os alunos compreender melhor a matéria quando chegar na 8ª série.



- Acho que sim, claro que de uma maneira simplificada e delicada, mas com certeza ela pode ser trabalhada e seus resultados serão positivos.
- Se soubermos explicar de uma forma que eles entendam, acho que não tem problema nenhum.
- Sim. Só que deve ser adaptada às crianças.
- De certa forma, mas não teoria e sim apenas a prática, exemplo experiências.
- Sinceramente só o básico, acho muito complicado para elas entenderem.
- Com certeza, pode dar noções às crianças, sim até é melhor para quando entrarem na 8ª série elas possam relacionar com o que aprendeu quando era pequeno.
- Deveria ser ensinado no Normal, como podemos aplicar a Física desde o 2º ano do fundamental, experiências que podemos praticar com eles, formas variadas e fáceis de as crianças entenderem e gostarem da física.
- Sim. Introduzida de modo sutil ensinando de maneiras criativas, que elas possam levar para sua vida. Aprender a observar melhor as coisas que acontecem ao seu redor (método científico).
- Sim, se for ensinada com o grau de conhecimento dos alunos que serão ensinados.
- Com certeza. A Física é importante em todas as séries.
- Mesmo sendo pouco abordada, eu acho que a Física pode ser ensinada nas séries iniciais.
- Aprendi contigo que tudo pode ser ensinado a uma criança, desde que seja de uma maneira adequada.
- Sim. Mas com uma linguagem mais fácil, e com experiências legais e ao mesmo tempo interessantes.

Se compararmos esta série de respostas com a série referente à mesma questão constante no questionário aplicado no início do ano letivo, veremos um sensível avanço na concepção dos alunos, no que diz respeito à viabilidade de inserção da Física nas séries iniciais do ensino fundamental. No questionário inicial, apesar de já percebermos alguns alunos favoráveis à inserção da Física nas aulas de Ciências, verificamos, também, que alguns apresentam uma

nítida resistência a tal prática. Acreditamos que tal fato se deva ao trauma presente nos primeiros anos de estudo em que estes docentes tiveram os primeiros contatos com a matéria.

Pergunta: Em sua opinião, a Física deve ser ensinada da mesma forma no Curso Normal e no ensino médio regular?

- Por um lado sim, pois quase todos irão fazer um vestibular e devemos saber o mais importante, mas por outro lado não, pois nós como seremos professoras (es) de pequenos, não precisamos da parte mais difícil da Física, que são os cálculos.
- Não, porque o médio cobra muito os cálculos, já no normal somos cobrados mais a aprender do que só calcularmos, usar fórmulas e obtermos resultados numéricos.
- Acho que até pode, mas nós do Curso Normal temos uma direção (enfoque) mais “importante”, que seriam as crianças e a nossa maior preocupação é com que elas entendam da melhor maneira possível.
- Não, pois além de aprendermos o conteúdo temos que aprender como ensinar para as crianças.
- Acho que não, pois nós somos futuras professoras e teremos que saber como ensinar as crianças.
- Não, a Física para o Curso Normal deve ser diferenciada e voltada para a educação das crianças.
- Um pouco sim, para estarmos mais preparados para o vestibular, mas como estamos cursando o normal deveria ser didático para que possamos aprender para ensinar.
- Não, pois nós do Curso Normal temos que ensinar para as crianças então devemos ter um conhecimento maior.
- Não, pois apesar de ambos desejarem passar no vestibular, no Curso Normal iremos lecionar. Sem dúvidas, deve haver uma preparação especial.
- Deve ser ensinada da mesma forma sim, pois nós também vamos prestar vestibular.
- Acho que não sempre. Temos que saber um pouco do convencional, para nós mesmos; mas, acima disso, temos que estar preparadas para ensinar os “pequenos”.

Novamente, percebemos uma mudança na concepção dos alunos, baseadas nas séries de respostas da mesma questão quando aplicada no questionário inicial. Percebemos que boa

parte dos alunos permanece com a preocupação em relação ao vestibular; no entanto, verificamos uma notória preocupação em relação à formação em Física do futuro docente.

Pergunta: O que você achou da avaliação através de mapas conceituais?

- Muito legal, pois em primeiro lugar aprendemos a fazer um mapa conceitual e, em segundo lugar, fazendo o mapa conseguimos “entender” melhor a matéria, relacionando as coisas.
- Muito legais, porque é uma outra forma de utilizarmos os conceitos aprendidos.
- É uma das formas de ensinar que não existe só provas, mas sim outros métodos de avaliação.
- Eu achei muito interessante, pois é uma maneira de compreendermos melhor a matéria através de “esquemas” e é uma forma de resumo para conseguirmos estudar para as provas.
- Gostei muito das atividades, pois pude expressar aquilo o que eu realmente sabia.
- Ótimas, pois um mapa conceitual é muito mais importante do que uma prova.
- Uma forma criativa de avaliação.
- Bastante interessante é fácil e mais simples de entender, pois para montar um temos que ter muita atenção.
- Gostei, achei uma ótima idéia, muito melhor do que uma prova ou outro método de avaliação.
- É uma ótima forma de avaliação. Adorei de verdade, é uma coisa muito boa.
- Achei muito legal, pois é fácil de fazer e conseguimos entender melhor o conteúdo.
- Achei muito legal, pois aprendemos de uma maneira bem mais fácil e significativa.
- Acho que foi bem legal, porque colocamos no papel aquilo que temos na cabeça, ou seja, algo que não seja decorado.
- Muito positivas, porque desta forma posso aprender e entender melhor. Hoje eu uso mapas conceituais em outras matérias.
- Para mim foi ótimo, aprendi muito através deles, facilitou a aprendizagem. Comecei a fazer nas outras matérias para estudar.

- Achei bem legal, entendi melhor a matéria e ficou melhor para estudar.

Os mapas conceituais, dado o seu caráter idiossincrático e baseados na teoria da aprendizagem significativa, constituíram-se no mais importante instrumento de avaliação de nosso projeto.

Baseados na série de respostas podemos perceber que eles contribuíram para a facilitação da aprendizagem dos alunos e, também, para diminuir o temor que muitos alunos apresentaram inicialmente em relação à Física a às avaliações no formato de provas que privilegiavam a resolução de problemas numéricos.

Pergunta: Você pretende inserir tópicos de Física em suas aulas? Quais?

- Sim. Não pensei ainda sobre quais, mas penso que posso ver quais os interesses das crianças e elaborar minhas aulas em cima disto fazendo com que elas se interessem assim como eu me interessei.
- Sim, tudo que for possível englobando as matérias curriculares.
- Sim. Em aulas de Ciências, com experiências.
- Sim. O básico: medidas, peso energia elétrica e o átomo que eu achei bem legal lembrar. Foi diferente de quando eu aprendi.
- Sim, um pouco, o básico dos básicos. Não sei ainda o que!!! Tem que ver que nível as crianças se encontram.
- Sim. Corrente elétrica, magnetismo, átomo [...] vários outros.
- Acho que sim, energia, força mas na linguagem deles.
- Claro. Ensinar que até sem querer usamos a física. Procurarei inserir muitas aulas práticas porque as crianças se interessam, gostam e se envolvem mais com o conteúdo.
- Sim, introduzindo a idéia de que a física é muito mais do que fórmula e cálculos.
- Sim, vou usar a vida deles para ensinar muitas coisas.
- Sim, depois desse ano de aulas de Física diferentes, pretendo inserir, não sei quais, mas vou.
- Sim com certeza. E vou aproveitar as tuas aulas.

Esta série de respostas talvez represente um dos maiores avanços que a nossa proposta poderia conseguir. Notamos que existe, por parte dos alunos, uma aceitação muito grande em relação à Física como possível de ser inserida nas aulas. Pelos relatos, notamos que conseguimos fazer com que os alunos passassem a enxergar a Física não como uma disciplina sem vínculo com as séries iniciais. Muito pelo contrário, observamos que estes passaram a ver a Física como disciplina imprescindível de ser estudada pelas crianças, dado o caráter explicativo que apresenta aos alunos sobre fenômenos de seu cotidiano.

## **7 IMPLEMENTAÇÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS PARA A FORMAÇÃO CONTINUADA DE DOCENTES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **7.1 A Utilização de um Ambiente Virtual Construtivista**

Nossa proposta de trabalho visa melhorar a formação do docente das séries iniciais, tanto do ponto de vista inicial, como de forma continuada. No entanto, na formação continuada de docentes, optamos por usar uma metodologia totalmente baseada na utilização de um ambiente virtual de aprendizagem construtivista, elaborado especialmente para essa formação. A utilização da formação continuada à distância pode, a nosso ver, contribuir para que, mesmo os docentes que não possuam acesso facilitado aos centros de formação, possam utilizar tal tecnologia. Segundo Rezende *et al.* (2003), esta prática pode ser uma alternativa para os docentes que residem distantes dos grandes centros (*op. cit.*, p.374):

A Educação à Distância mediada pelas Tecnologias da Informação e da Comunicação, nesse contexto, apresenta-se como alternativa atraente para atender à formação continuada do professor, tanto das grandes cidades quanto do interior, já que torna possível alcançá-lo em suas localidades, na escola, em suas residências ou em qualquer lugar onde tenha acesso à Internet.

Não foi nosso objetivo implementar um curso usando tal ambiente; preferimos apresentar nosso produto educacional: os textos criados e elaborados antes, durante e após a implementação do projeto junto à turma de formação inicial. Apresentamos, também, uma série de referências sobre o tema e uma proposta de situação-problema específica sobre a formação em Física do docente de Ciências das séries iniciais que já se encontra em atividade.

Acreditamos na utilização desta proposta baseados, dentre outros fatores, no que

Rezende *et al.* (2003, p.374) apontam:

O processo de elaboração destes ambientes pode incorporar novas concepções que ajudem a mudar a tradição dos processos formativos autoritários de transmissão do conhecimento, favorecendo a atitude reflexiva do professor, a troca de experiências e a colaboração entre professores e especialistas.

Vemos, ainda, que estes ambientes devem colaborar para uma verdadeira construção do conhecimento por parte do aluno e toda sua concepção deve, obviamente, ter esta preocupação. O construtor destes ambientes deve ter um profundo conhecimento da proposta construtivista e saber transpor a mesma, utilizando estes recursos de novas tecnologias no ensino. Com base nestes cuidados, Rezende (2000, p.82) escreve o seguinte:

Na perspectiva construtivista, o tecnólogo educacional deve ter todo o cuidado para que o desenho instrucional dos ambientes de aprendizagem atenda aos seus pressupostos teóricos, pois, sendo a informática uma ferramenta que funciona segundo uma linguagem binária, ela se ajusta muito mais facilmente a pressupostos comportamentalistas do tipo “sim/não”, “certo/errado”, “seguir/voltar” do que a padrões de interação criativos que explorem o raciocínio e a criatividade do estudante.

Um ambiente virtual construtivista, segundo Rezende *et al.* (2003), deve, também, considerar que o mais importante em seu desenho instrucional é que este ofereça experiências que possam servir de base para que o docente possa construir seu próprio conhecimento e, também, refletir sobre o conteúdo propriamente dito.

## **7.2 Elementos de um Ambiente Virtual Construtivista**

Partindo da estrutura de uma sala de aula tradicional, que conta com professores, alunos, carteiras, livros, quadro-negro, cadernos e lápis, Perkins *apud* Rezende *et al.* (2003) estabelece conceitos que são a base de um ambiente de aprendizagem:

- Bancos de informação.
- Utensílios para processamento de símbolos.
- Ferramentas de construção.
- Bancos de fenômenos.
- Gerenciador de tarefas.

Passamos, então, a descrever cada um destes elementos anteriormente citados. Bancos de informações, como o próprio nome aponta, é um depósito de informações como livros, textos, ou mesmo, um banco de dados informatizado. Os utensílios para o processamento de símbolos são os processadores de textos ou imagens. Ferramentas de construção são conjuntos de elementos que permitam que algo seja construído e, como exemplo, temos as linguagens de programação. Bancos de fenômenos exemplificam os fenômenos a serem estudados. Gerenciadores de tarefas definem-as para a aprendizagem, e avaliam o progresso do aluno. Rezende *et al.* (2003) apontam que, quando um dos elementos anteriormente citado é enfatizado, podemos ter diferentes configurações de ambientes de aprendizagem. Para um ambiente construtivista, seja ele virtual ou não, o elemento a ser enfatizado, segundo Rezende *et al.* (2003), vêm a ser as ferramentas de construção e a interação do estudante com uma realidade simulada, podendo este, a partir desta nova experiência, ser um agente ativo na construção de seu próprio conhecimento.

### 7.3 O InterAge

O ambiente virtual construtivista utilizado neste estudo, é denominado InterAge. Este ambiente é composto por um conjunto de páginas, objetos de navegação e mecanismos de comunicação (REZENDE *et al.*, 2003). Encontramos, neste ambiente, situações que correspondem a problemas comuns presentes em práticas pedagógicas e a interação do docente pode ocorrer através de um planejamento devidamente elaborado por parte do mesmo, com o objetivo de resolver as situações-problema apresentadas.

Cabe salientar que um banco de informações pertinente a cada situação-problema faz parte do InterAge. Neste banco, uma série de textos sobre o tema em questão se encontra disponibilizada para que o docente possa buscar o embasamento teórico necessário. O InterAge também oferece ferramentas de interação *on-line* para que o docente possa discutir com outros profissionais os problemas e práticas de seu cotidiano escolar.

A Figura 6, segundo Rezende *et al.* (2003), mostra relações entre os elementos presentes em um ambiente de aprendizagem e suas relações com elementos específicos do InterAge.



Elementos de um Ambiente de Aprendizagem	Desenho Instrucional do InterAge
Banco de fenômenos	Situações-problema da prática pedagógica
Banco de informações	Recursos pedagógicos disponíveis
Utensílios para processamento de símbolo	Bloco de Notas
Ferramentas de construção	Planilha de Planejamento

**Figura 6:** Relação entre os Elementos do InterAge e os Elementos de um Ambiente de Aprendizagem.

### 7.3.1 Situações-problema

Nossa situação problema existente no InterAge mostra o questionamento de um aluno de quarta série do ensino fundamental em que este demonstra toda curiosidade inerente a tal faixa etária. Adotamos uma situação totalmente fictícia, inclusive quanto aos nomes da professora e do aluno. Com base em nossas pesquisas, admitimos que a professora de nome Cristina, presente em nossa situação, tem sua formação através do Curso Normal de nível médio e possui formação superior em Pedagogia, com ênfase voltada para atuação nas séries iniciais do ensino fundamental (Apêndice H).

Nossa intenção foi mostrar que, mesmo tendo uma formação de nível superior, a professora Cristina possui conhecimentos específicos sobre Física que são quase que desconsideráveis, pois seu contato com a Física no ensino médio ocorreu somente no primeiro ano de estudo e a matéria lhe parecia muito complicada. O professor de Cristina enfocava a resolução de muitos problemas numéricos voltados para o movimento de um corpo. Para Cristina, a Física era muito complicada e, conseqüentemente, muito distante de ser trabalhada nas séries iniciais do ensino fundamental.

Já na faculdade, Cristina teve somente uma disciplina de Ciências denominada “Metodologia do Ensino de Ciências”, em que o conteúdo era, basicamente, voltado para assuntos relacionados com a Biologia.

Em sua prática docente, a professora Cristina utilizava, como referência, livros de Ciências existentes na biblioteca da escola. Com base nestes livros, ela realizava alguns experimentos práticos com seus alunos.

Certo dia, durante uma aula, o aluno Cleber questionou o seguinte:

“Professora, ontem assisti um programa de televisão em que o homem dizia que a corrente elétrica é formada por elétrons. A senhora sabe me explicar isto?” Neste momento alguns colegas de Cleber também começaram a questionar vários fenômenos de seu cotidiano

relacionados à eletricidade.

Diante desta situação, a professora Cristina, em uma situação delicada, resolveu combinar com seus alunos que, na semana seguinte, eles abordariam tal tema através de experimentos. Em uma reflexão, a Professora Cristina lembrou que nunca havia estudado tópico sobre eletricidade e deveria, então, pesquisar sobre o assunto e como ensiná-lo.

Nesta situação-problema, apontamos uma série de elementos que, baseados em nossas pesquisas, podem representar uma situação muito comum nas salas de aula das séries iniciais do ensino fundamental. Em nosso exemplo, utilizamos um questionamento referente à eletricidade; porém, sabemos que diversos são os questionamentos de alunos desta faixa etária (CARVALHO *et al.*, 1998).

### 7.3.2 Recursos Pedagógicos

O InterAge disponibiliza um banco de recursos pedagógicos que é composto por textos de apoio sobre a situação problema . Estes textos podem ser resumos ou na íntegra. Eles podem ser lidos na tela do computador, impressos ou, então, serem salvos em forma de arquivos.

Também são disponibilizados materiais educativos que podem ser simulações computacionais, bem como pôsteres, vídeos ou software livres, sendo que todos os materiais citados são de domínio público. Ainda fazem parte deste banco, os endereços de sites que podem ser acessados através dos *links* existentes.

O InterAge oferece, também, as chamadas boas práticas que são resoluções de situações problemas elaboradas por usuários deste ambiente. Diferentemente das boas práticas, temos os problemas resolvidos, que são da prática pedagógica, resolvidos, não por usuários do ambiente, mas por especialistas na área de concentração dos mesmos.

Para implementação de nossa proposta, usamos os textos elaborados no âmbito deste estudo. Estes textos, voltados exclusivamente para a formação do docente, têm o objetivo de dar o embasamento teórico necessário ao professor, tanto na especificidade do conteúdo de Física, como na questão epistemológica e teórica, no que diz respeito à concepção da aprendizagem. Os textos disponíveis são sobre as seguintes unidades didáticas: aprendizagem significativa, mapas conceituais, método científico, o átomo e as partículas elementares, eletricidade e eletromagnetismo. Cabe salientar que estes mesmos textos foram utilizados na

implementação de nosso projeto junto aos professores em formação inicial.

Utilizamos, ainda, uma série de trabalhos publicados em revistas de ensino de Ciências e de Física e, também, em encontros e simpósios sobre o ensino de Física. Nestes trabalhos podemos encontrar uma série de propostas de transposição didática de vários temas de Física.

Nos *links*, apresentamos sites em que estão disponíveis, gratuitamente, simulações sobre modelos atômicos e um *software* livre sobre modelos atômicos e a experiência de Rutherford.

### 7.3.3 Outros Recursos

O InterAge também possui um blocos de anotações que pode ser utilizado pelo professor para que este possa anotar e registrar suas idéias acerca das situações-problema, recursos pedagógicos e discussões com outros profissionais.

Muito importante, na concepção construtivista do InterAge, é a ferramenta denominada planilha para planejamento. Este espaço permite que o professor elabore a sua solução para situação-problema, podendo seguir ou não as etapas indicadas.

Os principais recursos de comunicação presentes no InterAge são o fórum de discussão que permite interações on-line assíncronas. O *chat* permite interações *on-line* síncronas, sendo muito útil em cursos oferecidos através deste ambiente, uma vez que oferece uma comunicação entre o tutor e os participantes dos cursos.

### 7.3.4 Utilização do InterAge

O docente que pode utilizar o InterAge simplesmente acessando o *site* <<http://nutes2.nutes.ufrj.br/interage/>>. Primeiramente, o professor encontrará a página de apresentação do ambiente. Para acessar a página em se encontram as situações-problema, denominada Laboratório Pedagógico, basta que o docente preencha uma ficha simples com informações básicas sobre sua atividade profissional. Nesta página, o docente poderá encontrar as situações-problema e poderá ser redirecionado para a página em que constam os recursos didáticos disponíveis, referentes às situações-problema.

Caso o docente queira postar um planejamento sobre a resolução de uma situação-problema, ele precisa cadastrar-se através do preenchimento de uma ficha mais completa. Desta feita, ele passa a poder acessar uma página denominada Laboratório Interativo que possui, praticamente, a mesma configuração da página Laboratório Pedagógico, com uma diferença básica que é a possibilidade de maior interação. O docente passa, então, a também poder acessar, tanto o fórum de discussões, como o *chat*.

Na Figura 8, temos a página inicial do Laboratório Interativo, contendo uma situação-problema como exemplo.

**Figura 8:** Layout do laboratório interativo InterAge.

Acreditamos que a utilização deste recurso possa contribuir para uma significativa melhoria no conhecimento físico dos docentes das séries iniciais em atividade, dada, segundo Rezende e Ostermann (2004, p.15), a essência da proposta educacional deste ambiente:

A proposta educacional do InterAge tem como princípios estimular a reflexão do professor sobre sua prática, promover a interatividade e incentivar a colaboração entre os participantes de modo a desenvolver seu conhecimento profissional.

Conseqüentemente, cremos que a utilização de um ambiente virtual construtivista possa contribuir para uma aprendizagem significativa, tanto pela concepção deste ambiente, como pelo potencial significativo do material de apoio disponibilizado.

A organização de uma situação-problema sobre Física na formação de professores para as séries iniciais e a disponibilização de recursos pedagógicos no InterAge, também, constitui-se em um produto educacional desenvolvido no âmbito do estudo aqui relatado.

## 8 CONCLUSÕES

Em nossa pesquisa, verificamos a urgente necessidade de uma completa reformulação na disciplina de Física na formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental, tanto na formação em nível médio, como na formação superior (Normal Superior e Pedagogia). Infelizmente, verificamos que o ensino de Física, nestes cursos, quando existe, não contribui para uma aprendizagem significativa e, muito menos, aproxima esse conhecimento do docente das séries iniciais do ensino fundamental. Esta mudança, porém, não pode estar embasada no “achismo” e, muito menos, estar relacionada com a falsa idéia de que a mera inserção ou o aumento do número de aulas de laboratório pode contribuir para tal.

Esta modificação deve sim, estar fundamentada, teoricamente, tanto em teorias de aprendizagem, como orientada pela epistemologia da Ciência, no sentido de problematizar a visão empirista-indutivista de conhecimento científico. Também não podemos desconsiderar pesquisas sobre o tema, presentes em trabalhos de encontros e simpósios de ensino de Física, Ciências e, também, em revistas e periódicos sobre o ensino da área.

Vemos, também, que existe um verdadeiro retrocesso quanto à formação do docente das séries iniciais em nível superior, se comparada à formação do docente do Curso Normal de nível médio. No nível superior, a formação em Física é quase que desconsiderada, o que contribui para a não introdução de tópicos de Física nas aulas das séries iniciais do ensino fundamental.

O resultado desta situação se reflete em uma extrema “biologização” dos conteúdos das aulas de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental, que é reflexo de um total despreparo destes docentes no que diz respeito à formação em Física.

Acreditamos que um enfoque conceitual que não privilegia a mera resolução de

problemas numéricos, mas sim, um forte embasamento conceitual, apoiado na utilização de materiais com considerável potencial significativo, como textos introdutórios, discussões em grupos, aulas expositivas, simulações computacionais e aulas práticas, podem contribuir para que o conhecimento do docente das séries iniciais se aproxime da realidade da sala de aula.

Nosso trabalho visa uma melhor formação do docente das séries iniciais, e não a problemática da transposição didática dos temas estudados. Pensamos, porém, que esta só poderá ocorrer, de forma adequada, se o docente se apropriar do conhecimento físico, isto é, que ele seja um agente ativo na construção de seu conhecimento e que sua aprendizagem esteja muito mais próxima do extremo da aprendizagem significativa do que do extremo da aprendizagem mecânica, dentro do continuum que une estas duas aprendizagens.

Pensamos, também, em atingir o docente que já se encontra em atividade. Nossa estratégia, para tal, está baseada na utilização de um ambiente virtual construtivista denominado InterAge. Resolvemos utilizar esta estratégia por consideramos que, se valendo de tal ferramenta, poderíamos atingir o docente, mesmo que este esteja distante dos centros de formação. cremos, também, que ferramentas que envolvam novas tecnologias no ensino devam ter um cuidado muito grande na sua concepção, pois a nova tecnologia, por si só, constitui-se em uma mera ferramenta que, se não devidamente concebida com os cuidados e pressupostos construtivistas, pode ser desprovida de qualquer potencial significativo.

Nossa proposta, também, valeu-se de instrumentos de avaliação que pudessem fornecer um bom diagnóstico da estrutura cognitiva do aluno, tais como os mapas conceituais. Utilizamos, também, a construção de histórias em quadrinhos sobre alguns temas estudados, com o objetivo de verificarmos a aplicação do conhecimento dos alunos em uma situação diferenciada.

Os resultados obtidos com docentes em formação inicial nos mostram que um enfoque conceitual sobre os fenômenos físicos estudados, aliados a uma ênfase na formação epistemológica e teórica sobre o ensino de Ciências, com a preocupação de que o material instrucional tivesse um considerável potencial significativo, podem contribuir para:

- Diminuição do estigma da Física como Ciência complicada e sem significado prático.
- Mudança da concepção de que a Física não pode ser inserida nas aulas de Ciências do ensino fundamental por parte do futuro docente.
- Aceitação de que a Física é uma Ciência extremamente instigante e bonita.

- Mostrar que o conhecimento físico é imprescindível na formação de um docente das séries iniciais do ensino fundamental.

Nosso trabalho, também, preocupou-se em focar conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Abordamos um tópico específico sobre o átomo e as partículas elementares, com o intuito principal, não de uma futura transposição didática por parte do docente, mas de ampliar o conhecimento do nosso aluno e mostrar que mesmo tópicos de Física Moderna e Contemporânea podem ser perfeitamente inseridos nos currículos escolares.

Também consideramos que, em pleno século XXI, não podemos nos deter somente em assuntos da Física Clássica, como o caso da Cinemática, por exemplo, que em nossa pesquisa se mostrou como assunto base do primeiro ano do Curso Normal na escola em que desenvolvemos nosso projeto. Nossa vivência mostrou que assuntos de Física Moderna são motivadores de aprendizagem nos alunos e isto não pode ser desconsiderado em nossa prática docente.

Nosso trabalho não tem por objetivo fornecer receitas prontas para a formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental e docentes de Física e Ciências que atuam junto à formação em nível médio e nível superior deste profissional. Acreditamos que ele pode apontar caminhos a serem seguidos por estes profissionais. Enxergamos, também, que nosso trabalho possa vir a contribuir para uma profunda reflexão em relação à atual formação em Física do docente das séries iniciais do ensino fundamental, tanto em nível médio, como em nível superior.

Nossa proposta é de que os cursos de formação em nível médio possuam, pelo menos, dois anos de Física, com uma carga didática mínima de duas horas aula por semana em cada ano. E que os cursos de formação superior, como Normal Superior e a Pedagogia, possuam, pelo menos, uma disciplina específica voltada para cada um dos componentes: Física, Química e Biologia. Desta forma, acreditamos que poderemos caminhar para uma formação séria e adequada deste docente.



## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, D.; HENESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

BRASIL. LDBN. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 28p. Disponível em:  
<[http://www.mec.gov.br/seesp/pdf/lei9394\\_ldbn1.pdf](http://www.mec.gov.br/seesp/pdf/lei9394_ldbn1.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais**. Ciências naturais: ensino de primeira à quarta série. Brasília: Secretaria da Educação Fundamental, 1999. 136p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Programa nacional de livros didáticos 2004**: matemática e ciências: 1ª a 4ª séries. Brasília: 2003. 276p. Disponível em:  
<<http://www.mec.gov.br/sef/fundamental/avaliv.shtm>>. Acesso em: 10 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Resolução CEB nº 2, de 19 de abril de 1999. Institui diretrizes curriculares nacionais para a formação de docentes da educação infantil e dos anos iniciais do ensino fundamental, em nível médio, na modalidade normal. 3p. Disponível em:  
<<http://www.mec.gov.br/cne/pdf/CEB0299.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2004.

\_\_\_\_\_. Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. 7p. Disponível em:  
<[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/doc/rcp01\\_02.doc](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/doc/rcp01_02.doc)>. Acesso em: 25 jan. 2004.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 252, de 5 de janeiro de 2000, processo CEED Nº 62/27.00/00.6. Estado do Rio Grande do Sul. Conselho Estadual de Educação. Fixa normas complementares, para o sistema estadual de ensino, à implementação das diretrizes curriculares para a formação de docentes da educação infantil e dos iniciais do ensino fundamental. Porto Alegre: Serpro. 6p.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998. 199p.

CARVALHO JÚNIOR, G. D. As concepções de ensino de física e a construção da cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, n.1, p.53-66, abr. 2002.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez, 2003. 120p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **A metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990. 207p.

FATORE, E. R.; RAMOS, E. M. F. R. Física para crianças no ensino elementar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. **Atas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003. p. 2032-2044. Disponível em: <http://www.Sbf1.if.usp.Br/eventos/snef/xv/atas/index1.htm>. Acesso em: 16 dez. 2004.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2003. 328p.

INEP. Ministério da Educação. **Estatísticas dos professores no Brasil**. Brasília: 2003. 53p.

LIMA, M. C. B.; CARVALHO, A. M. P. de. Linguagem e o ensino de física na escola fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n.1, p. 86-97, abr. 2003.

LIMA, M. C. B.; ALVES, L de. A. Prá quem quer ensinar física nas séries iniciais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 2, p. 146-159, ago. 1997.

LONGHINI, D. M.; MORA, I. M. A aprendizagem de conteúdos científicos na formação do professor de 1ª a 4ª série do ensino fundamental: um processo de reflexão conjunta. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0194-1.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2005.

LOPES, L. A.; VIANNA, D. M. Utilização de jogos para a prática de física no ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. **Atas**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003, p. 2114-2127. Disponível em: <http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/snef/xv/atas/index1.htm>. Acesso em: 16 dez. 2004.

MACHADO, M. A.; OSTERMANN, F. A utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação na disciplina de física na modalidade normal: relato de uma experiência em sala de aula. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2005, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/sys/resumos/T0439-1.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2005.

MELLO, L. S. Curso complementar: uma análise histórica. 1995. 152 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Pedagogia, Universidade do Vale do Rio do Sinos, São Leopoldo, 1995.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999a. 129p.

\_\_\_\_\_. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1999b. 195p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas.** Porto Alegre: Instituto de Física/ UFRGS, 1999. 56p. (Textos de apoio ao professor de física, v. 10).

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn.** New York: Cambridge University Press, 1989. 199p.

OSTERMANN, F. **A física na formação de professores para as séries iniciais:** um estudo de caso. 1991. 157 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

\_\_\_\_\_. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 13, n. 3, p.184-196, dez. 1996.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

PADILHA, N. P.; CARVALHO, A. M. P. A experimentação nas aulas do ensino fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. **Atas.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2003. p. 2011-2020. Disponível em: <<http://www.Sbfl.if.usp.Br/eventos/snef/xv/atas/index1.htm>>. Acesso em: 16 dez. 2004.

PENA, F. L. A. Como trabalhar com “tírinhas” nas aulas de física. **Física na Escola,** São Paulo, v. 4, n. 2, p. 20-21, out. 2003.

REZENDE, F. As novas tecnologias na prática pedagógica sob a perspectiva construtivista. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências,** São Paulo, v. 2, n. 1, p. 75-98, 2000.

REZENDE, F.; BARROS, S. S.; LOPES, A. M. A.; ARAÚJO, R. S. Um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 20, n. 3, p. 372-390, dez. 2003.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. Formação de professores de física no ambiente virtual interAge: um exemplo voltado para a introdução da FMC no ensino médio. **Física na Escola,** São Paulo, v. 5, n. 2, p. 15-19, out. 2004.

SCHROEDER, C. **Atividades experimentais de física para crianças de 7 a 10 anos.** Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 2005. 59p. (Textos de apoio ao professor de física, v. 16, n. 1).

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 197-218, dez. 1996a.

\_\_\_\_\_. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996b.

SILVEIRA, F. L. A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 19, p.7-27, jun. 2002. n. especial.

VIDAL, E. M.; ANDRÉ, A. C. M.; MOURA, F. M. T. Os conceitos físicos na formação de professores de 1<sup>a</sup> à 4<sup>a</sup> séries no curso de pedagogia da Universidade Estadual do Ceará. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 179-191, ago. 1998.

ZIMMERMANN, E.; EVANGELISTA, P. C. Q. Motivando pedagogos a ensinar física nas séries iniciais do ensino fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0033-1.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2005.

## APÊNDICE A - APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM TEXTO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL<sup>9</sup>

### A.1 Introdução

A aprendizagem significativa é, sem dúvida alguma, um dos termos atuais mais utilizados em educação. Educadores falam que os alunos devem aprender significativamente, mas afinal, o que é realmente aprendizagem significativa?

A teoria da aprendizagem significativa foi desenvolvida pelo psicólogo americano David Ausubel na década de 60 (MOREIRA, 1999a). Nesta época, estava, no auge, uma linha educacional que ressaltava elementos muitos relacionados com o treinamento do aprendiz. Diferentemente do cognitivismo, esta corrente não se preocupava com fatores intervenientes entre um estímulo e uma resposta dada pelo aluno; era baseada no reforço e no comportamento observável do indivíduo. Tal linha denominava-se comportamentalismo ou behaviorismo (do inglês *to behavior*, que significa comportar). O comportamentalismo teve como seu principal ícone, B.F. Skinner. Foi neste contexto que Ausubel começou a desenvolver e a apresentar sua pesquisa sobre aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação relaciona-se de modo não arbitrário com outra informação pré-existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Desta forma, os dois conhecimentos, o novo e o antigo, relacionam-se e formam um terceiro, modificado. Para exemplificarmos de forma simplificada tal processo, podemos lançar mão do conceito de energia cinética<sup>10</sup> já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o conceito novo de conservação de energia<sup>11</sup> lhe for apresentado, este se relacionará

---

<sup>9</sup> Texto elaborado para aplicação em uma turma do segundo ano do Curso Normal do Colégio Santa Catarina em Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.

<sup>10</sup> Energia cinética é a energia que está associada ao movimento de um corpo ou partícula.

<sup>11</sup> Este princípio diz que a energia não pode ser criada nem destruída, somente transformada.

com o conceito de energia cinética e, deste modo, será formado um terceiro conceito mais enriquecido. Cabe ressaltar que este é um processo dinâmico em que o novo conceito formado passa a ser um novo conhecimento que pode servir de futuro ancoradouro para novas aprendizagens (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1999a, 1999b).

Este conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva do aluno, Ausubel denominou subsunçor, ou seja, subsunçor é todo o conhecimento prévio do aprendiz que pode servir de ancoragem para uma nova informação relevante para o mesmo; deste modo, se existir uma relação substantiva entre os dois, temos a aprendizagem significativa.

## **A.2 Aprendizagem Mecânica**

Em contraponto à aprendizagem significativa, Ausubel colocou a aprendizagem mecânica. Este tipo de aprendizagem, diferentemente do processo significativo, ocorre quando ao aprendiz é apresentado um novo conhecimento, e este, por motivos variados, não o relaciona com algum outro que já exista em sua mente; ele, simplesmente, incorpora-se na estrutura cognitiva do estudante de uma forma arbitrária, não substantiva. Um exemplo de aprendizagem mecânica pode ocorrer quando, ao estudar para uma prova de Física, por exemplo, o aluno meramente decora fórmulas e processos de resolução de problemas matemáticos. É muito comum, então, ocorrer o chamado “branco” na hora da prova, ou então, dias depois de passada a avaliação, o aluno não consegue reproduzir as mesmas informações.

Podemos verificar que, neste caso, existiu apenas uma memorização dos conhecimentos. Será que este é o tipo de aprendizagem que desejamos para nossos alunos e para nós mesmos? Cabe ressaltar que, diferentemente do que muitos possam pensar, Ausubel não considera a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo dicotômicas. Elas fazem parte de um continuum em que, em uma extremidade, temos a aprendizagem mecânica e, em outra, temos a significativa. O que devemos buscar, como professores, é trabalhar mais próximos possível da extremidade da aprendizagem significativa. Contudo, não devemos encarar a aprendizagem mecânica como sendo “a vilã”. Em algumas situações, ela é muito útil. Basta lembrarmos da forma como muitos de nós aprenderam a tabuada, por exemplo. Para muitos, ela foi meramente decorada sem nenhuma relação com algum conhecimento prévio; assim, temos caracterizada a aprendizagem mecânica. Mas, com o passar do tempo, quando aprendemos novos conceitos matemáticos, como potenciação, a tabuada serviu de subsunçor (conhecimento prévio) para a ancoragem

---

deste novo conhecimento. Concluindo, uma aprendizagem mecânica pode, sim, evoluir para uma aprendizagem significativa.

### **A.3 Organizadores Prévios**

De acordo com a teoria de Ausubel, toda aprendizagem para ser significativa necessita que existam conhecimento prévio, os chamados subsunçores. No entanto, nem sempre estes elementos estão presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste caso, Ausubel propõe a utilização dos chamados organizadores prévios.

Organizadores prévios, segundo Moreira (1999a), são materiais que têm por objetivo preencher uma lacuna existente entre o que o aprendiz sabe e o que ele precisa saber. Porém, não podemos confundi-los com meras introduções de determinados assuntos. Os organizadores prévios possuem um grau de generalização maior do que as introduções comumente utilizadas por muitos docentes.

### **A.4 Condições para Existir a Aprendizagem Significativa**

Ausubel (AUSUBEL *et al.*, 1980) considera duas as condições para a ocorrência da aprendizagem significativa:

- Que o material instrucional seja potencialmente significativo.
- Que exista a pré-disposição do aprendiz para aprender.

Todo o material instrucional deve ter um potencial significativo para o aprendiz. Aqui, quando falamos em todo material instrucional, estamos nos referindo a figuras, gravuras, simulações, textos, exemplos, aula de laboratório e, até mesmo, a aula expositiva (condenada por muitos). Um professor pode preparar uma aula repleta de elementos bem elaborados; porém, se estes elementos não tiverem nenhuma relação com aquilo que o aluno já conhece, o material não tem potencial significativo. Isto é, se ocorrer uma aprendizagem nesta situação, é bem provável que esta seja meramente uma relação arbitrária de conceitos, uma memorização, uma aprendizagem dita mecânica. É válido salientar que não existe material significativo; se alguém quiser lhe vender um livro significativo, não compre (é engodo); existe sim, o material com maior ou menor potencial significativo. Tal potencialidade depende de quão relacionável ele é com aquilo que o aluno já conhece.

A pré-disposição para aprender, por parte do aluno, é algo que, segundo Ausubel, é vital para que ocorra a aprendizagem significativa. Se o estudante não quiser relacionar de forma substantiva o novo conhecimento com algum subsunçor já existente em sua estrutura

cognitiva, nem o material com maior potencial significativo pode ajudar. É interessante ouvir como muitos profissionais da educação tratam este item. Para muitos, a falta de vontade do estudante em aprender determinado conteúdo ou disciplina é culpa apenas do professor. Tal visão é, no mínimo, ingênua. É claro que, como professores, devemos utilizar recursos elaborados (potencialmente significativos), mas, muitas vezes, o desinteresse ou a falta de disposição para aprender por parte do estudante têm causas que transcendem a competência do professor em sala de aula. Não estamos aqui isentando o professor de toda e qualquer culpa em relação ao fracasso escolar. Mas, também, não considerar a posição e concepção dos teóricos de aprendizagem (os chamados construtivistas: Piaget, Vygotsky, Bruner, Ausubel, Kelly, Gowin, Novak, entre outros) neste aspecto, é pura falta de visão.

### **A.5 Aprendizagem por Descoberta e Aprendizagem por Recepção**

Este texto foi concebido para formação de professores das séries iniciais do ensino fundamental, tanto para a formação inicial como para a continuada; deste modo, tal tópico se faz imprescindível. Neste nível de ensino, é comum a preocupação de muitos educadores em trabalhar com o “concreto”, pois desta forma estarão sendo construtivistas. Para muitos, trabalhar com o “concreto”, principalmente nos períodos de desenvolvimento mental em que se encontram as crianças das séries iniciais, significa que a aprendizagem por descoberta é fundamental para que a criança, através de mera manipulação de objetos lúdicos, possa construir seu próprio conhecimento. Infelizmente, esta prática é proveniente de uma leitura equivocada que muitos educadores fazem sobre o que é construtivismo. Segundo Ausubel, mesmo por descoberta, a aprendizagem pode ser mecânica. Se a estratégia de ensino e os materiais não se relacionarem de forma substantiva com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, não ocorrerá a aprendizagem significativa.

Definitivamente, aprendizagem por descoberta não é sinônimo de aprendizagem significativa. Assim como a aprendizagem por recepção, aquela que ocorre, predominantemente, através das aulas expositivas; também não é sinônimo de aprendizagem mecânica. Para Ausubel, qualquer estratégia que seja potencialmente significativa, pode promover a aprendizagem significativa. Uma aula expositiva que contemple este requisito pode ser facilitadora de aprendizagem significativa.

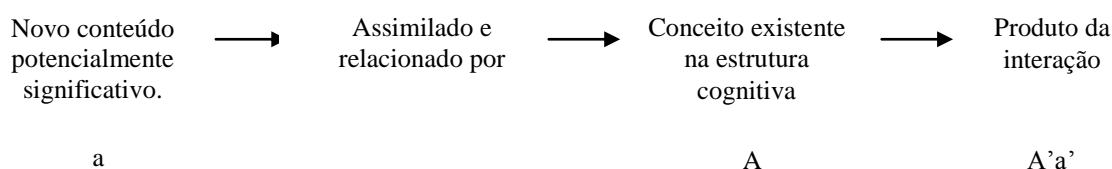
Outra crítica pertinente muito presente nas disciplinas de Física está relacionada com as aulas de laboratório. Existe a idéia de que o laboratório é a salvação do ensino de Física. Mais uma vez, se a aula de laboratório não estiver relacionando elementos, conceitos e proposições novas com aquelas já existentes na mente do aluno, esta não terá êxito na



promoção da aprendizagem significativa. As aulas de laboratório são, sem dúvida alguma, muito importantes no ensino da Física; porém, deve existir a preocupação de que estas sejam potencialmente significativas, pois somente deste modo, elas contribuirão para uma aprendizagem mais significativa.

## A.6 Assimilação

O princípio da Assimilação foi criado por Ausubel para facilitar a compreensão do processo de organização de conceitos presentes na aprendizagem significativa. Para Ausubel *et al.* (1980), tal princípio pode ser apresentado através do seguinte esquema.



Com base no processo acima, podemos verificar que a assimilação ocorre quando um novo material, potencialmente significativo **a**, é assimilado por um conceito subsunçor **A**, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Esta interação resulta em produto **A'a'**.

É interessante ressaltarmos que, após a interação entre o novo conceito e o conceito já existente, ambos se modificam, inclusive o material **A**, já presente na estrutura cognitiva do aprendiz, pois este não existe mais. Ele passa, então, a ser um novo conceito que poderá, futuramente, servir de conceito subsunçor para outras interações.

## A.7 Tipos de Aprendizagem Significativa

### A.7.1 Aprendizagem Subordinada

A aprendizagem enfatizada, até o momento, baseia-se na relação de conceitos novos com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, através de uma interação entre os dois. Este tipo de aprendizagem recebe o nome de Aprendizagem Subordinada, pois dá uma idéia de subordinação do novo conceito com a estrutura cognitiva já existente na mente do aprendiz.

### A.7.2 Aprendizagem Superordenada

A aprendizagem superordenada, segundo Moreira (1999b), ocorre de forma diferente da aprendizagem subordinada. Esta não necessita de nenhum novo conceito que será assimilado por outros já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ela ocorre quando um novo conceito é adquirido a partir de conceitos subsunçores já existentes na estrutura

cognitiva do indivíduo, ou seja, a interação entre conceitos subsunçores pode gerar outro conceito mais abrangente.

### A.7.3 Aprendizagem Combinatória

Segundo Ausubel *et al.* (1980) e Moreira (1999b), a aprendizagem combinatória é a de proposições e, em menor escala, de conceitos, sem que exista nenhuma relação de subordinação e de superordenação com proposições ou conceitos específicos, mas sim, com um conteúdo mais amplo. Este tipo de aprendizagem é aprendizagem significativa, pois apresenta uma relação, não com elementos específicos da estrutura cognitiva do aprendiz, mas com a estrutura cognitiva propriamente dita.

### A.8 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Segundo Ostermann e Moreira (1999), quando um novo conceito ou proposição é aprendido através da aprendizagem subordinada, temos uma ancoragem do novo conceito com aquele conceito subsunçor já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Este processo é dinâmico, ou seja, o conceito subsunçor, quando assimila o novo conhecimento, modifica-se. Se este processo ocorre uma ou mais vezes temos, então, a chamada diferenciação progressiva do conceito subsunçor.

Quando idéias presentes na estrutura cognitiva do aprendiz forem reconhecidas como relacionadas; conceitos e proposições já existentes na estrutura cognitiva podem sofrer uma reorganização e adquirir novos significados. Este processo é denominado reconciliação integrativa. É relevante verificar que este processo ocorre quando temos a aprendizagem combinatória ou, então, a aprendizagem superordenada.

### A.9 Implicações para o Ensino

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é uma teoria de sala de aula, com um potencial de aplicabilidade muito grande, e é em uma de suas frases mais citadas que sua teoria pode ser resumida (*op. cit.*, 1980, p. viii): “Se tivesse que resumir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo”.

É notório que, para Ausubel, os subsunçores são fundamentais. O conhecimento prévio do aluno é fundamental para que o professor possa organizar estratégias didáticas potencialmente significativas. Conhecer o que nosso aluno já sabe não é tão simples, mas podemos lançar mão de elementos que podem nos indicar a direção de nossas estratégias

instrucionais. Não podemos, simplesmente, não nos preocupar com aquilo que nosso aluno já conhece. Em sala de aula, nossa prática docente deve permear tais princípios, a fim de que possamos, concretamente, contribuir para uma desejada aprendizagem significativa por parte de nossos alunos.

### **A.10 A Aprendizagem Significativa Segundo Novak**

J. D. Novak foi colaborador de Ausubel e, hoje<sup>12</sup>, o refinamento da teoria da aprendizagem significativa é feito por ele.

A visão ausubeliana da aprendizagem significativa tem um caráter estritamente cognitivo. No entanto, Novak considera elementos humanísticos, como o sentir e o agir, relevantes na aprendizagem significativa. Segundo Moreira (1999a), para Novak, uma teoria de educação deve levar em consideração que o ser humano pensa, sente e age. Moreira (1999a) considera que, para Novak, qualquer evento educativo é, na realidade, uma troca de significados e sentimentos entre professor e aprendiz.

Para Novak, a pré-disposição para aprender está intimamente relacionada com uma experiência afetiva que o aprendiz tem em um evento educativo, ou seja, se esta experiência for positiva, teremos uma facilitação da aprendizagem significativa; no entanto, quando a experiência for negativa, a pré-disposição para aprender por parte do estudante pode ser diminuída.

### **A.11 Conclusão**

Este texto tem o objetivo de apresentar, de forma introdutória, o conceito de aprendizagem significativa para professores das séries iniciais do ensino fundamental. Não existiu a preocupação de discussão de todos os elementos presentes nesta teoria. Tais elementos podem ser buscados nas referências bibliográficas; no entanto, ao ler este material, o professor pode construir o conceito de aprendizagem significativa, relacionando-o com o conceito de aprendizagem pré-existente em sua estrutura cognitiva que, dentro de um processo dinâmico, pode servir, futuramente, de conhecimento prévio para novas incursões no assunto.

Também não temos o intuito de “catequizar” o professor, mas de apresentar um conceito que acreditamos ser de muita relevância para o ensino em nossos dias.

### **A.12 Referência complementar**

---

<sup>12</sup> No Brasil este refinamento é feito pelo professor Marco Antônio Moreira do Instituto de Física da UFRGS. O professor Moreira foi orientando de Doutorado do professor Novak na Universidade de Cornell.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, D.; HENESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da Unb, 1999a. 129p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1999b. 195p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 1999. 56p. (Textos de apoio ao professor de física, v. 10).

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press, 1989. 199p.

OSTERMANN, F. **A física na formação de professores para as séries iniciais**: um estudo de caso. 1991. 157p. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

\_\_\_\_\_. O ensino de física na formação de professores de 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> série do 1<sup>o</sup> grau: entrevistas com docentes. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.171-182, dez. 1990.

## **APÊNDICE B - MAPAS CONCEITUAIS: UM INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO NA DISCIPLINA DE FÍSICA DA MODALIDADE NORMAL**

### **B.1 Introdução<sup>13</sup>**

Não é novidade que o ensino de Física, em todos os níveis, carece de urgentes modificações. Uma reestruturação na forma de se trabalhar a Física e na estrutura curricular de nossos cursos, quer seja no nível fundamental, médio e superior, urge. São inúmeros os problemas que fazem necessárias estas reformulações. Dentre vários, pode-se citar: a excessiva matematização da Física, a completa descontextualização da mesma, a falta de reciclagem de docentes e a disseminação de erros conceituais por muitos professores, que podem gerar concepções alternativas que, muitas vezes, permanecem arraigadas na estrutura cognitiva do estudante. Acredita-se que tais modificações devem começar desde as séries iniciais do ensino fundamental e que, a formação dos docentes deste nível de ensino deve ser fortemente repensada.

O ensino de Física, para futuros docentes das séries iniciais do ensino fundamental, deve ser completamente diferenciado das demais modalidades de nível médio, pois, nesta modalidade, existe a preparação de um docente que vai introduzir os primeiros conceitos físicos no ensino fundamental. É imprescindível que se evite a disseminação de erros conceituais e, também, que não sejam ensinados apenas conteúdos relacionados à Biologia nas aulas de Ciências, como comumente acontece. Este docente, também, deve ser preparado para fazer uma transposição didática adequada a tais níveis de ensino.

Também é necessário que o futuro docente não encare a Física como uma ciência fria, pesada, extremamente difícil e muito distante de poder ser inserida no programa de Ciências das séries iniciais. Porém, o que ocorre é justamente o contrário (OSTERMANN e

---

<sup>13</sup> Esta Introdução é parte do trabalho “Utilização de Mapas conceituais como Instrumento de Avaliação na Disciplina de Física na Modalidade Normal: Relato de uma Experiência em Sala de Aula” (MACHADO e OSTERMANN, 2005), apresentado no XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, ocorrido no Rio de Janeiro em janeiro de 2005.

MOREIRA, 1999). Os futuros docentes das séries iniciais, ao passarem pela disciplina de Física, em sua maioria, levam adiante os estigmas anteriormente citados, pois, quando a estudaram, tiveram sua aprendizagem muito mais próxima da aprendizagem mecânica do que da significativa, dentro do continuum que liga estas duas (MOREIRA, 1999a).

O que se verifica no ensino de Ciências nas séries iniciais é uma extrema “biologização”, em detrimento da Física e da Química. Esta tendência é acentuada pela falta de conhecimento em Física que os docentes destas séries possuem. Estes não trabalham com tópicos de Física porque não compreendem determinados fenômenos físicos e, quando o fazem, muitas vezes, apresentam os conceitos impregnados de erros conceituais (OSTERMANN e MOREIRA, 1999).

Acreditamos que uma forma de diminuir tais problemas seja ensinando Física a partir daquilo que o aluno já conhece. Desta forma, tem-se a intenção de que o aluno construa uma aprendizagem muito mais próxima da significativa. Conforme visto anteriormente, devemos reestruturar o ensino de Física para professores das séries iniciais do ensino fundamental. Para isto, a utilização de problemas de Física, com pouco ou nenhum significado para o aluno desta modalidade, pode representar uma continuidade de uma prática docente equivocada. Acreditamos que, nesta etapa, o ensino através de conceitos possa ser muito útil no sentido de se obter e verificar uma aprendizagem muito mais significativa e muito mais livre de erros conceituais.

Uma ênfase conceitual dos temas estudados pode contribuir para melhoria do ensino de Física em cursos de formação de docentes das séries iniciais, tanto em nível médio como em nível superior (OSTERMANN e MOREIRA, 1999). Uma vez que a intenção do docente deve ser o de proporcionar uma aprendizagem significativa, a avaliação e diagnóstico de tal aprendizagem pode estar fundamentada na construção de mapas conceituais por parte dos alunos. Estes se constituem em uma forma de avaliação muito interessante, pois permitem que relações significativas existentes nas estruturas cognitivas dos alunos sejam desveladas em sua construção (MACHADO e OSTERMANN, 2005).

Por outro lado, se queremos facilitar a aprendizagem do futuro professor, estimulando-o a pensar a introdução dos primeiros conceitos físicos nas séries iniciais, então, uma abordagem conceitual/qualitativa lhe será muito mais útil do que a mera resolução de problemas numéricos, uma vez que a real necessidade deste docente consiste em compreender corretamente, os fenômenos físicos que venha a abordar.

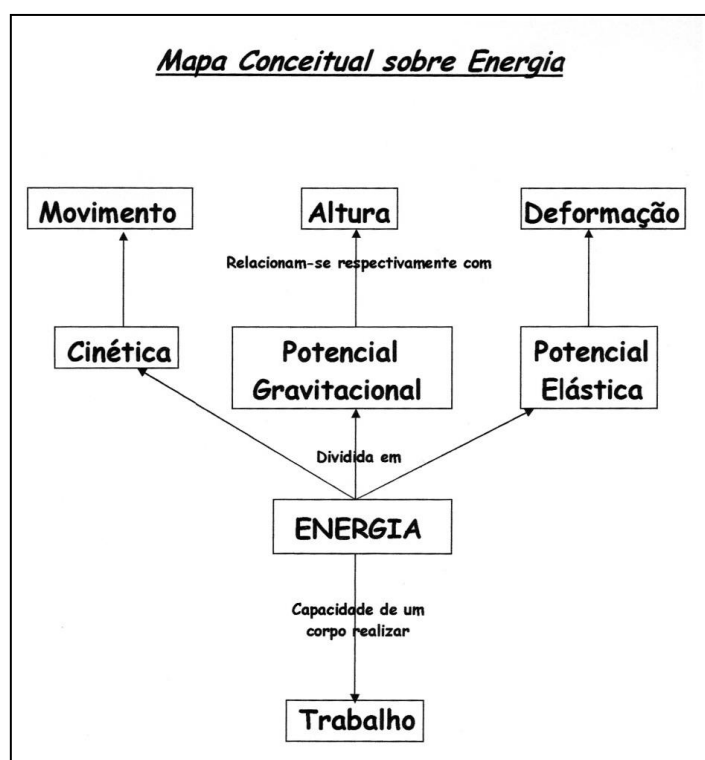
## **B.2 O que são mapas conceituais?**

Apesar dos mapas conceituais estarem intimamente relacionados com a teoria da

aprendizagem significativa de Ausubel, este nunca fez referência aos mapas em sua teoria. O criador da técnica foi Joseph Novak, na década de 70, na Universidade de Cornell (NOVAK e GOWIN, 1989; OSTERMANN e MOREIRA, 1999; MOREIRA, 1990).

Os mapas conceituais se caracterizam em um poderoso instrumento, que podem ser tanto utilizados no ensino, como elementos auxiliares na estruturação e planejamento de currículos e, também, como instrumentos de avaliação da aprendizagem significativa.

Na realidade, podemos defini-los como diagramas que mostram as relações entre os conceitos que uma pessoa pode dar para um determinado assunto (NOVAK e GOWIN, 1989). Os conceitos, normalmente, são apresentados dentro de figuras geométricas, como retângulos, círculos e elipses. Estes conceitos se apresentam relacionados através de linhas que podem conter setas ou não. É muito comum as pessoas confundirem um mapa conceitual com um simples esquema, organograma, fluxograma ou quadro-sinótico. O mapa conceitual é muito mais do que isso. Os elementos anteriores podem representar alguma relação entre conceitos, mas não exploram a propriedade de mostrar uma rica relação entre conceitos que está na estrutura cognitiva do aprendiz e que um mapa conceitual pode apresentar. Apresentamos, a seguir (Figura 1) um mapa conceitual sobre energia mecânica, construído por uma aluna do segundo ano do Curso Normal do Colégio Santa Catarina.



**Figura 1:** Mapa Conceitual sobre Energia Mecânica.

Podemos verificar que, sobre algumas linhas, existem uma ou mais palavras escritas. Tais palavras têm o objetivo de enriquecer a relação entre os conceitos. Juntamente com os conceitos, estas palavras formam proposições que ressaltam o significado das relações existentes.

### **B.3 Os Mapas Conceituais como Instrumentos de Avaliação**

Os mapas conceituais, dentro da proposta de um ensino de Física mais conceitual que objetive uma aprendizagem mais significativa, representam uma ferramenta de fundamental importância, tanto como instrumento instrucional, como instrumento de avaliação. Porém, neste texto, será enfocada a importância dos mapas conceituais como instrumentos de avaliação.

Quando construímos um mapa conceitual, estamos mostrando os tipos de relações que fazemos entre conceitos. Desta forma, mostramos o quão ricas são as relações entre os conceitos presentes em nossa estrutura cognitiva, ou seja, ele pode explicitar o quanto aprendemos significativamente um determinado assunto. É na relação entre os conceitos e, também, na organização dos mesmos, que está a riqueza em se avaliar valendo-se de tal técnica.

Dada a idiosincrasia de um mapa conceitual, é importante salientarmos que não existe “o mapa conceitual”, mas sim, o mapa que cada um pode construir. Não existe o mapa correto. É claro que esperamos encontrar uma evolução na relação entre os conceitos apresentados na construção de um mapa conceitual, dado que, na grande maioria das vezes, o primeiro mapa que construímos sofre várias modificações. Também é importante lembrar que um mapa conceitual não é auto-explicativo; ele necessita ser explicado através de um texto complementar, ou mesmo, através de uma explicação oral.

Acreditamos que a utilização de mapas conceituais, como instrumento de avaliação na disciplina de Física, requer um abandono por completo de um ensino de Física extremamente matematizado e sem vínculo com o cotidiano do aluno. Devemos esquecer, por completo, o modelo de avaliação classificatória, no formato de nota. Avaliar a aprendizagem significativa não é algo simples, mas técnicas de avaliação, como os mapas conceituais, podem contribuir muito para tal intuito.

### **B.4 Como Construir um Mapa Conceitual**

A seguir, apresentamos alguns passos que, em um momento inicial, podem auxiliar na construção de mapas conceituais (adaptado de OSTERMANN e MOREIRA, 1999 e 1990):

- Identifique os conceitos mais relevantes e liste-os.
- Ordene os conceitos, colocando os mais gerais no topo do mapa e os mais inclusivos

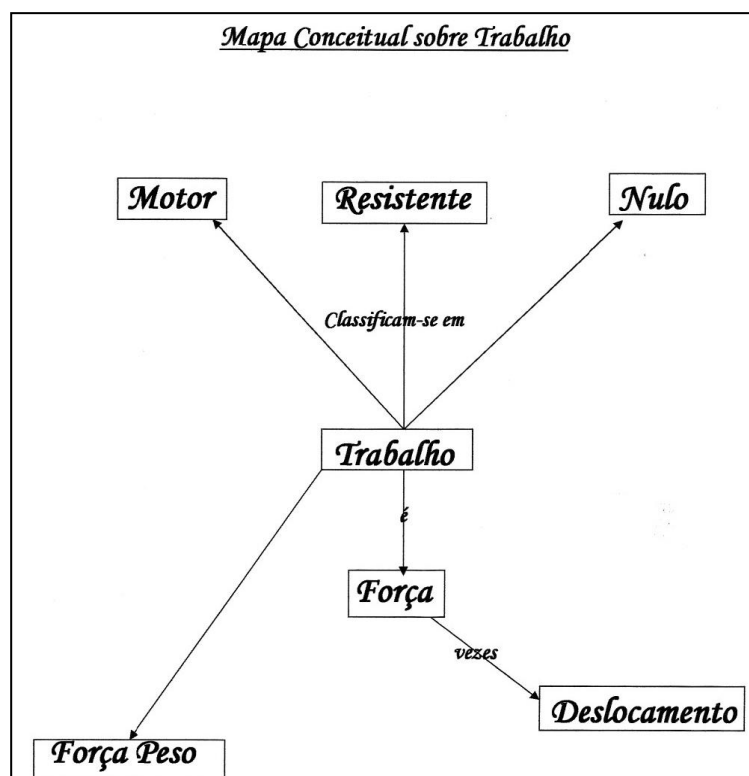


abaixo, até que todos os conceitos, anteriormente listados, estejam escritos.

- Conecte os conceitos com linhas e, posteriormente, utilize palavras-chave escritas sobre estas linhas, com o objetivo de enriquecer a relação entre os conceitos conectados.
- Evite utilizar palavras que expressem relações triviais entre conceitos, como palavra do tipo: e, do, da.
- Normalmente, o primeiro mapa construído pode ser melhorado.
- Lembre que não existe o mapa correto ou o mapa errado; existe, sim, o seu mapa conceitual, que representa as relações que você faz para um determinado grupo de conceitos.
- Mostre seu mapa aos seus colegas e discuta sobre ele, troque idéias, compartilhe seu mapa com mais pessoas.

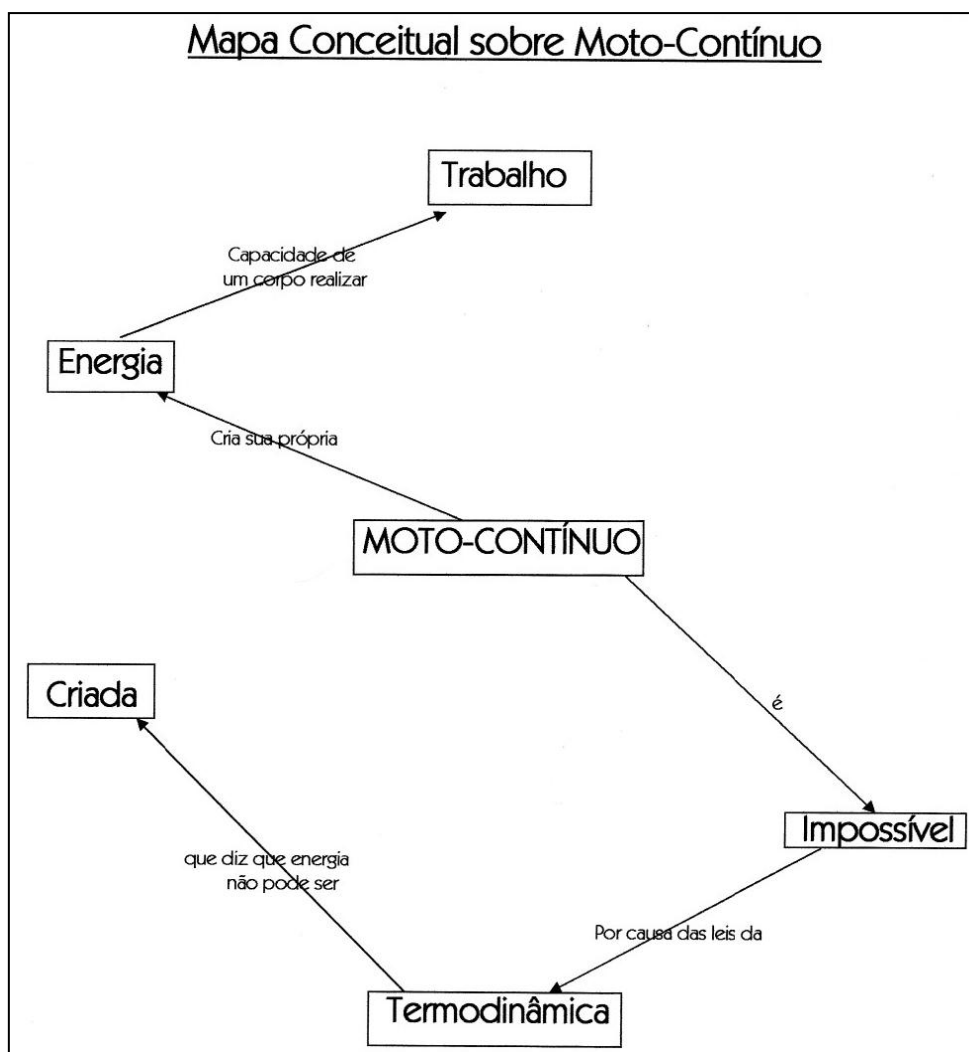
### B.5 Exemplos

Apresentamos dois exemplos de mapas conceituais, nas figuras 2 e 3; construídos por uma aluna do segundo ano do Curso Normal do Colégio Santa Catarina (MACHADO e OSTERMANN, 2005).



**Figura 2:** Mapa Conceitual sobre o Trabalho de uma Força.

O primeiro mapa é sobre o tema “Trabalho de uma Força”. Neste mapa, verificamos uma relação entre conceitos força, deslocamento e, também, a classificação do trabalho. No mapa conceitual seguinte, o tema é moto-contínuo. Neste mapa conceitual, podemos verificar o conceito de trabalho inserido em um contexto maior. Observamos, também, uma maior riqueza na relação entre os conceitos apresentados (MACHADO e OSTERMANN, 2005).



**Figura 3:** Mapa Conceitual sobre Moto-Contínuo.

## B.6 Conclusão

A utilização de mapas conceituais, como instrumentos de avaliação na disciplina de Física da modalidade Normal representam um avanço. O ensino de Física, para docentes das séries iniciais do ensino fundamental, precisa urgentemente ser repensado e tratado com maior seriedade. Para tanto, devemos buscar uma Física mais contextualizada e conceitual no ensino destes docentes, e a utilização de mapas conceituais pode ser muito útil neste sentido. Este texto é de caráter introdutório; mais informações sobre mapas conceituais podem ser

encontradas nas referências bibliográficas. Esperamos que este texto possa contribuir, como um elemento auxiliar, em uma melhor formação em Física para docentes das séries iniciais do ensino fundamental.

### **B.7 Referência complementar**

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, D.; HENESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

MACHADO, M. A.; OSTERMANN, F. **A utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação na disciplina de física na modalidade normal**: relato de uma experiência em sala de aula. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16, 2003, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/sys/resumos/T0439-1.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999a. 129p.

\_\_\_\_\_. **Mapas conceituais no ensino de física**. Porto Alegre: Instituto de Física/ UFRGS, 1992. 44p. (Textos de apoio ao professor de física, n. 3).

\_\_\_\_\_. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1999b. 195p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 1999. 56p. (Textos de apoio ao professor de Física, v. 10).

NOVAK, J.D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press, 1989. 199p.

OSTERMANN, F. **A física na formação de professores para as séries iniciais**: um estudo de caso. 1991. 157p. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p. (Coleção educação continuada).

\_\_\_\_\_. O ensino de física na formação de professores de 1ª a 4ª série do 1º grau: entrevistas com docentes. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p.171-82, dez. 1990.

## **APÊNDICE C - O MÉTODO CIENTÍFICO: UM TEXTO INTRODUTÓRIO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **C.1 Introdução**

Uma discussão sobre o que é o método científico, a sua utilização por parte dos professores das séries iniciais do ensino fundamental e os equívocos epistemológicos a seu respeito, muito difundidos em nossas salas de aula e publicações, é o que este texto se propõe a tratar. Um embasamento sobre tal assunto é imprescindível na formação de docentes das séries iniciais do ensino fundamental. Acreditamos que muito se tem escrito sobre uma real interpretação do método científico, mas verificamos que a maioria dos artigos, livros e hipertextos sobre tais assuntos, em sua maioria, privilegia um público mais próximo da universidade, tanto na forma de pesquisadores, como estudantes de pós-graduação. Alguns destes textos são direcionados à formação inicial e continuada de professores (OSTERMANN e MOREIRA, 1999), mas a continuidade de discussão de tais materiais vem contribuir para sua maior difusão.

Mas qual a razão de tanta preocupação com o método científico? Primeiramente, cabe salientar que muitos docentes da área de Ciências acreditam que o método científico é a forma de se fazer Ciência, mesmo sem ter uma noção mais completa a seu respeito. O método científico faz parte de uma área da ciência que, para muitos docentes e leigos, é pouco conhecida: a filosofia da ciência (epistemologia da ciência). Conhecer a filosofia da ciência, que trata, dentre outros assuntos, de como o conhecimento científico é construído, em nosso ponto de vista, é tão importante quanto às teorias de ensino-aprendizagem na formação geral de docentes. Segundo Matthews (1995, p.165):

A história, a filosofia e a sociologia da ciência... podem humanizar as ciências e aproximá-las de interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico.

O método científico, então, está inserido nesta área de conhecimento e é, por motivos como estes, que o seu estudo se faz necessário.

## **C.2 O que é o Método Científico?**

O método científico defende a idéia de que a construção do conhecimento científico segue um processo seqüencial. Este se apresenta em um formato algorítmico, uma espécie de receita que todos os cientistas devem seguir para que o conhecimento científico seja obtido de forma correta. Este processo de obtenção de conhecimento possui várias etapas. Estas, etapas normalmente seguem um formato não muito diferente desta seqüência (OSTERMANN e MOREIRA, 1999):

1. Observação de um fenômeno.
2. Construção de hipóteses com base no que se observou.
3. Teste das hipóteses (experimentos).
4. Coleta de dados.
5. Representação das relações encontradas.
6. Conclusão.
7. Estabelecimento de leis e teorias científicas.

Alguém pode, então, perguntar: mas o conhecimento científico não é obtido através destas etapas? Primeiramente é preciso dizer que o conhecimento científico é uma produção humana e, como tal, está sujeita a todas as emoções, erros, acertos, dúvidas e certezas que qualquer ser humano pode ter. Segundo Peduzzi e Köhnlein (2002, p.1): “Em seu trabalho, o cientista está sujeito tanto às virtudes quanto aos defeitos que caracterizam o envolvimento do ser humano em qualquer atividade que realiza”.

A construção do conhecimento científico não é linear; um pesquisador não segue, necessariamente, esta seqüência apresentada. Ele pode acertar, errar, voltar atrás, abandonar suas idéias iniciais, tornar a utilizá-las. O método científico apresentado em um formato algorítmico sugere a qualquer pessoa que, seguindo todas suas etapas, o conhecimento em sua forma de teoria ou lei científica é, inevitavelmente, o produto final deste processo.

Mas, será somente esta a limitação do método científico? Seria correto dizer que o método científico como tal não possui limitações, mas sim, equívocos epistemológicos. Um outro problema em relação a esta visão é o seu caráter empirista-indutivista<sup>14</sup>. Acreditamos que muitos docentes de disciplinas científicas (em todos os níveis) concordem com esta

---

<sup>14</sup> Empirismo: defende que a fonte do conhecimento é a experiência sensível. Indutivismo: defende que há justificativa lógica para a obtenção de enunciados universais a partir de enunciados singulares.

posição; porém, esta concepção de que o conhecimento começa pela observação é, no mínimo, ingênua. Qualquer cientista, quando resolve observar um fenômeno, só o faz porque sua mente está impregnada de conhecimento sobre o que ele está tentando observar; foi este conhecimento prévio que direcionou sua observação. Um biólogo só pode descobrir uma espécie de planta porque ele conhece plantas e consegue diferenciar esta espécie das demais. Para qualquer leigo, esta mesma planta poderia não despertar interesse algum (a não ser o de caráter meramente estético). Podemos concluir, então, que todo o conhecimento está impregnado de teoria, e que esta vem antes de qualquer observação. Não podemos descobrir nada se não tivermos um conhecimento prévio daquilo que vamos estudar ou observar.

Uma implicação muito séria para o ensino (principalmente no de Física), em relação à concepção empirista-indutivista, está nas aulas de laboratório. É comum encontramos docentes utilizando experimentos para mostrar aos seus alunos que alguma lei ou relação matemática pode ser facilmente obtida através de uma simples prática no laboratório. Isto é um erro! Mais uma vez, em qualquer experimento que se possa utilizar nas aulas de laboratório temos presente o conhecimento teórico antes de qualquer coisa. A famosa aprendizagem por descoberta em que o aluno supostamente descobre algo manipulando materiais (experimentos), também pode ter contribuído para uma leitura equivocada da utilização das aulas de laboratório no ensino de Física. Infelizmente, esta visão está presente na concepção de docentes de todos os níveis, particularmente, nos docentes das séries iniciais do ensino fundamental (OSTERMANN e MOREIRA, 1999).

O método científico também possui caráter indutivo. No laboratório, muitas vezes, ao observar um determinado fato ocorrendo, o aluno, se não for orientado pelo professor (infelizmente por muitas vezes o aluno é estimulado a pensar desta forma), pode acreditar que, a partir destas observações, ele pode elaborar leis gerais sobre o fenômeno observado. No entanto, sabemos que a indução não se sustenta. Imagine o seguinte fato fictício. Um peru é alimentado todos os dias às 9 horas da manhã. Como bom indutivista que é, antes de formular qualquer conclusão, observa os mais variados dias: chuvoso, ensolarado, quente, frio e finalmente resolve formular sua teoria: “serei alimentado todos os dias às 9 horas da manhã”. Porém, ele conclui isto na manhã do dia vinte e quatro de dezembro (CHALMERS, 1993).

A observação de um fenômeno não pode nos dar certeza que ele sempre será válido em todas as circunstâncias. Em alguma situação, ele pode não se confirmar.

Outro erro epistemológico presente nesta concepção de método científico está relacionado à verdade absoluta que um conhecimento científico possa apresentar. A ciência não é constituída

de teorias e leis que são conhecimentos finais. As teorias evoluem. O que é verdade científica hoje, aceita inclusive pelo meio científico, pode não passar de uma teoria ultrapassada amanhã. O conhecimento científico, segundo os filósofos da ciência contemporâneos, não é definitivo e, muito menos, verdade absoluta (KUHN, 2003; POPPER, 1985).

### **C.3 Relato de uma Experiência em Sala de Aula**

Acreditamos que podemos contribuir no real entendimento de como o conhecimento científico é construído. Infelizmente, não temos o apoio da maioria dos livros de Ciências (Ciências, Física, Biologia e Química). Não são poucas as vezes que estes contribuem para disseminação da concepção empirista-indutivista em nosso ensino (OSTERMANN e MOREIRA, 1999; PEDUZZI e KÖHNLEIN, 2002). Mas, acreditamos que, tanto na formação inicial de docentes das séries iniciais do ensino fundamental, como na continuada, algo possa ser feito.

Pensamos que a abordagem deste tema deva ser feita, tanto na formação inicial, como na formação continuada de docentes das séries iniciais do ensino fundamental. A inserção de uma unidade didática sobre este tema fez parte de um projeto implementado junto a alunos de um Curso da Modalidade Normal em uma escola de Novo Hamburgo no Rio Grande do Sul.

Nossa aula sobre o método científico enfocou elementos como a construção do conhecimento científico, a visão empirista-indutivista e a evolução do conhecimento científico. Nossa aula foi expositiva, com excelentes discussões sobre o tema. Ao final dela, propomos, como tarefa, a construção e apresentação em grupo de um mapa conceitual sobre os tópicos discutidos em aula.

Na aula seguinte, fomos para a biblioteca da escola e lá propomos a seguinte tarefa. Os alunos deveriam formar grupos de, no máximo, cinco componentes e pesquisar em livros de Ciências das séries iniciais do ensino fundamental, elementos que evidenciassem uma visão epistemologicamente equivocada sobre a construção do conhecimento científico. O produto desta pesquisa deveria ser um relatório sobre o trecho do livro escolhido e uma análise crítica sobre a o trecho descrito.

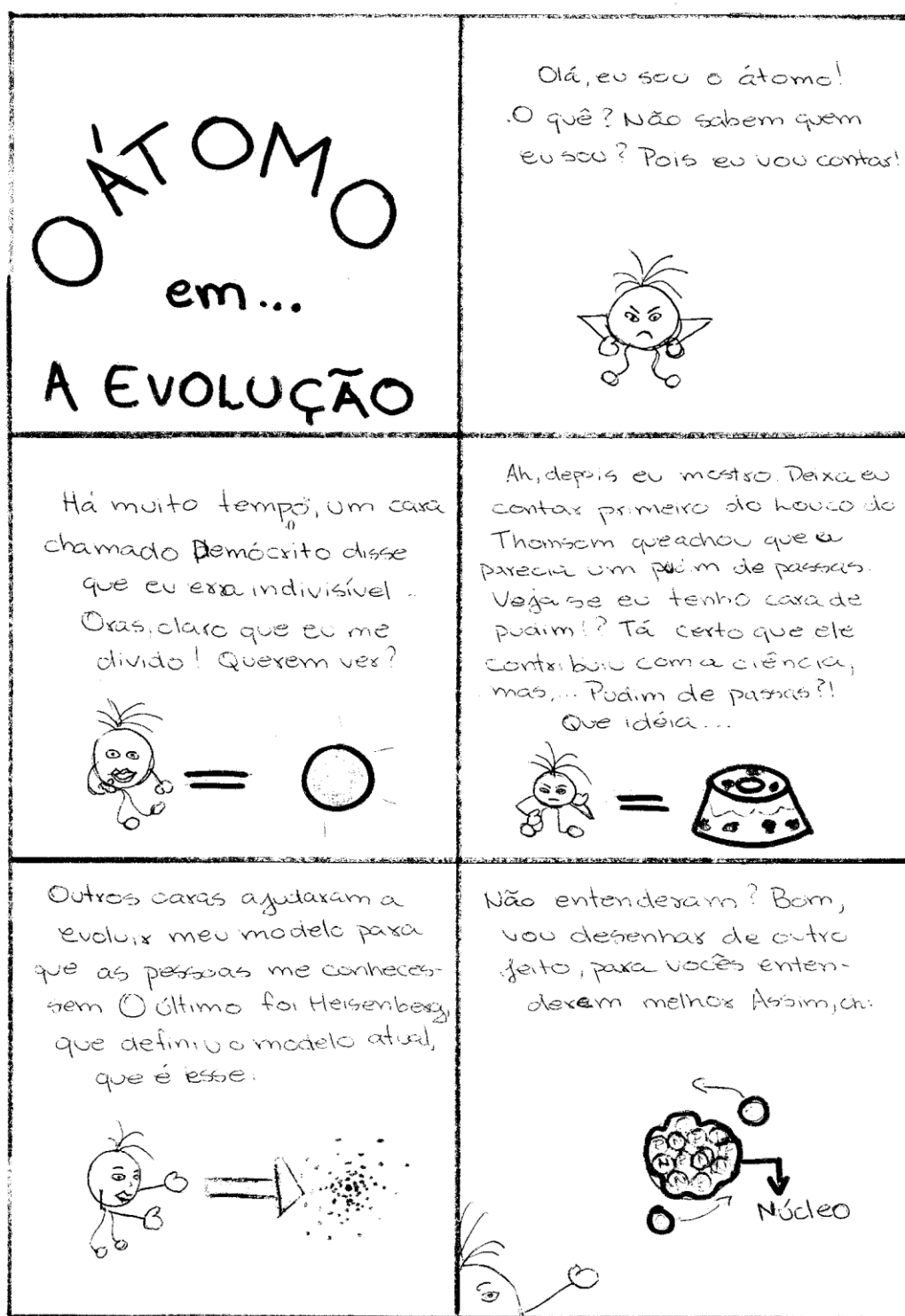
Esta pesquisa foi apresentada, na aula seguinte, e discutida em grande grupo. Aproveitamos esta oportunidade para mostrar que os livros de Ciências não devem ser o único referencial de conhecimento científico para o docente, pois como mostrado nas apresentações, estes estavam impregnados com a visão empirista-indutivista sobre a construção do conhecimento científico.

Nós, como professores, podemos lançar mão de recursos na forma de textos, reflexões sobre o método científico e, também, discussões sobre o tema. Acreditamos ser imprescindível

que uma visão crítica ao empirismo-indutivismo seja feita na formação de qualquer docente de Ciências, mas principalmente, na formação de docentes das séries iniciais.

Esta experiência demonstrou que a discussão de elementos relacionados com a construção do conhecimento científico, bem como uma crítica ao empirismo-indutivismo em sala de aula, na formação de docentes, é viável e passível de ser compreendida, de forma significativa, por parte dos alunos. Abaixo, segue uma história em quadrinhos elaborada por alunos desta turma. Nesta história, é notória a reflexão sobre o desenvolvimento da Ciência feita por parte de seus autores. As Figuras 1 e 2 apresentam a história supracitada.





**Figura 1:** História sobre a evolução dos modelos atômicos, desenvolvidas por alunos do Curso Normal.

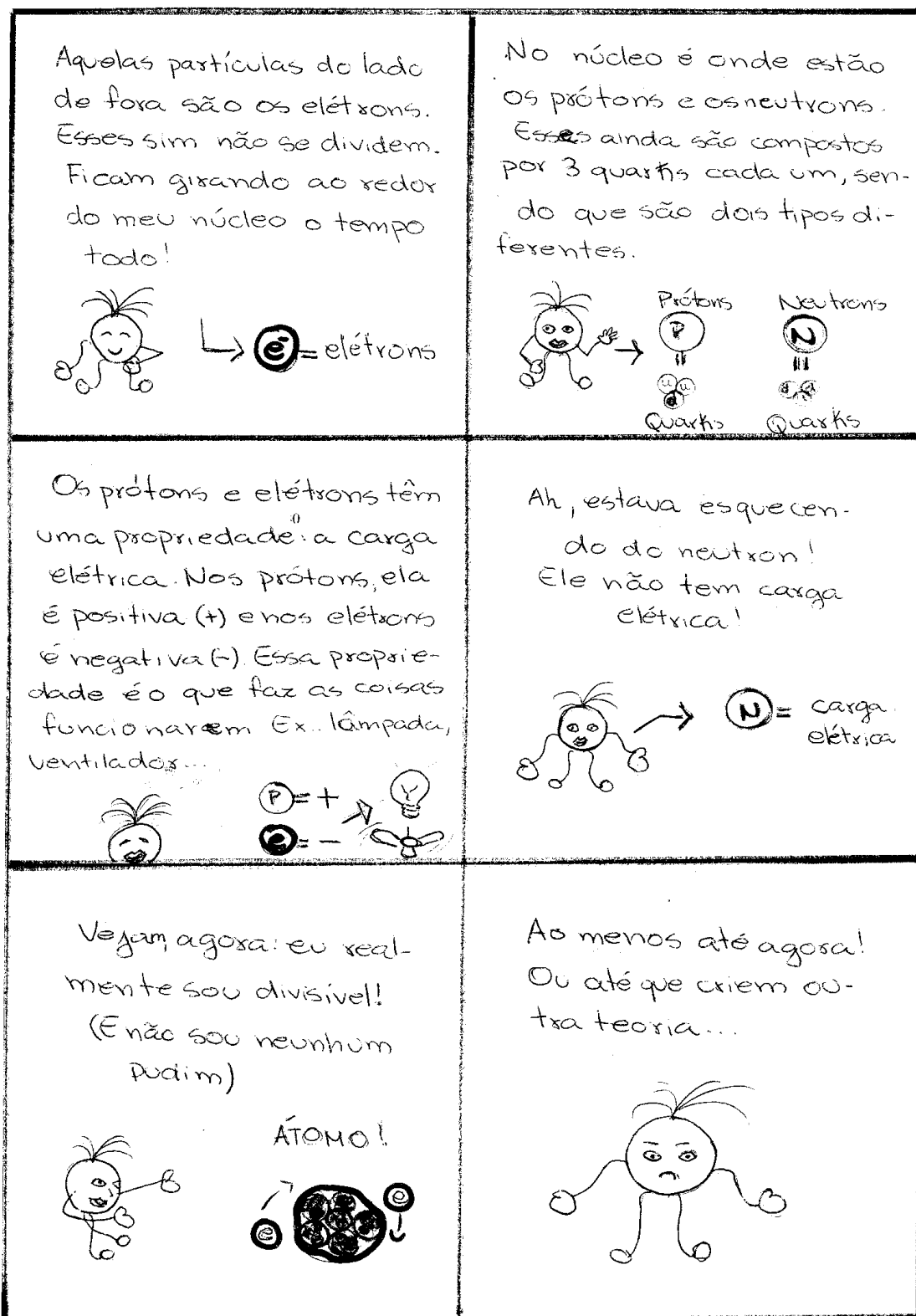


Figura 2: História sobre a evolução dos modelos atômicos, desenvolvidas por alunos do Curso Normal.

## C.4 Conclusão

A visão empirista-indutivista da Ciência está bastante presente na estrutura cognitiva de muitos docentes. Acreditamos que algo precisa ser feito. Este texto tem a intenção de contribuir para tal, quer na formação inicial, continuada e, mesmo, como material de apoio para docentes destes níveis. É imprescindível que docentes de Ciências compreendam, de forma adequada, a construção do conhecimento científico, que pode contribuir para a construção de um pensamento crítico. Este texto não tem a intenção de ser completo. Ele tem a intenção de ser introdutório e contribuir para uma reflexão por parte daqueles que possam lê-lo. Uma pesquisa mais completa pode ser feita consultando as referências bibliográficas.

## C.5 Referência complementar

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. 230p.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 2003. 260p.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-241, dez. 1995.

OSTERMANN, F. **A física na formação de professores para as séries iniciais:** um estudo de caso. 1991. 157p. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

\_\_\_\_\_. O ensino de física na formação de professores de 1ª a 4ª série do 1º grau: entrevistas com docentes. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 171-182, dez. 1990.

PEDUZZI, L. O. Q.; KÖHNLEIN, J. F. K. **Sobre a concepção empirista-indutivista no ensino de ciências.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8., 2002. 18p. Disponível em: <[http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/PA3\\_01.pdf](http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/PA3_01.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2004.

POPPER, K. L. **A lógica da pesquisa científica.** São Paulo: Cultrix, 2003. 556p.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p.197-218, dez. 1996a.

\_\_\_\_\_. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996b.

SILVEIRA, F. L. A insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, p. 7-27, jun. 2002. n. especial.

## **APÊNDICE D - UM TEXTO SOBRE FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **D.1 Introdução**

O ensino de Física na modalidade Normal do ensino médio carece de muitas modificações. É inadmissível que se ensine somente tópicos de Física que, em sua maioria, pertençam ao século XIX ou, até mesmo, a anteriores. Assuntos como: Relatividade, Mecânica Quântica, Plasma, Cosmologia e Física de Partículas podem, e devem, ser inseridos nos programas de Física das escolas de nível médio. Tais assuntos se constituem em elementos que podem contribuir para a melhoria do ensino de Física, uma vez que são intrigantes e, se inseridos nas aulas de Física, podem despertar a curiosidade de nossos alunos.

É com o objetivo de apresentar aos alunos da modalidade Normal do ensino médio o tema Física de Partículas que este texto foi escrito. Acredita-se que este intrigante assunto possa ser perfeitamente incorporado às aulas. Acredita-se, também, que este texto possa contribuir para que eventuais conceitos sobre partículas, já existentes na estrutura cognitiva de nossos alunos, possam ser enriquecidos de forma correta e significativa.

Fala-se muito na elaboração de novos currículos para a Física no ensino médio, em que a Física Moderna e Contemporânea esteja presente. Mas, por que não falar em Física Moderna e Contemporânea na modalidade Normal, tanto em nível médio como em superior? Acreditamos que estes temas possam, de uma forma honesta, serem devidamente trabalhados em cursos desta modalidade. Neste contexto, não podemos desconsiderar a possibilidade de articulação entre estes temas e tópicos de Física Clássica, como a eletricidade e o eletromagnetismo, e, também, uma possível transposição didática deste tema para as séries iniciais.

## D.2 Modelos Atômicos

O homem sempre tentou entender melhor o mundo em que vive, e, conseqüentemente, compreender a natureza. A busca de uma explicação para se entender de que a matéria era constituída aparece já mesmo antes de Cristo. Foi Demócrito (585 a.C.) quem, primeiramente, elaborou uma teoria para explicar a essência da matéria. Ele elaborou o conceito de átomo, como algo que era indivisível<sup>15</sup>. Tal idéia persistiu até o final de século XIX.

No final do século XIX e início do XX, algumas evidências levaram os estudiosos a, gradativamente, abandonar a idéia do átomo como elemento indivisível, isto é, sem estrutura. Mendeleev, considerado o “pai” da tabela periódica, observou os elementos químicos conhecidos na época, e constatou que os elementos semelhantes possuíam uma certa periodicidade (este era o nascimento da tabela periódica dos elementos químicos). Tal periodicidade poderia ser mera semelhança; porém, sabemos hoje que ela era devido ao fato dos átomos não serem elementos sem estrutura, e sim, compostos por partículas denominadas elétrons.

Thomson, em 1897, talvez tenha sido o primeiro a elaborar um modelo atômico; seu modelo ficou conhecido como “pudim de passas”. A idéia consistia em aceitar o átomo como uma massa de carga elétrica positiva, onde partículas negativas, os elétrons, estariam inseridos. Rutherford, em 1891, propôs um modelo mais elaborado. Seu modelo admitia o átomo neutro contendo elétrons e um núcleo atômico que se constituía em uma região positivamente carregada, muito densa, porém muito pequena, onde quase toda a massa do átomo estaria concentrada. Com estas novas descobertas, o modelo passou a admitir uma analogia com o sistema solar; assim, se admitia o núcleo do átomo como sendo o Sol, e os elétrons orbitando ao redor do núcleo como se fossem os planetas<sup>16</sup>.

Tal modelo esbarrou em leis da Física Clássica, pois um elétron orbitando ao redor de um núcleo emitiria energia e acabaria “caindo” no núcleo. A Física Clássica, então, não conseguia explicar o comportamento de corpos microscópicos. Surge, então, uma nova Física: a Física Quântica. Os cientistas, a partir de então, tinham em mãos uma importante ferramenta e, em 1913, Niels Bohr propõe um modelo atômico, onde os elétrons passariam a ter uma órbita definida, com uma energia definida, isto é, sua órbita estaria quantizada.

É importante notar que, até então, o núcleo atômico é apenas uma porção do átomo com carga elétrica positiva. Foi somente em 1932, que apareceu a previsão de Chadwick,

---

<sup>15</sup> Em recente pesquisa realizada com alunos do 3º ano do Ensino médio, em três escolas da região metropolitana de Porto Alegre, o conceito de átomo como algo indivisível foi detectado nas concepções de alguns alunos.

<sup>16</sup> Tal concepção de modelo atômico também foi detectado na pesquisa supracitada.

admitindo a existência de uma partícula com carga elétrica neutra: o nêutron.

O modelo atômico atualmente aceito é o dos orbitais atômicos, regiões onde a probabilidade de se encontrar um elétron não é nula, isto é, se admite-se uma idéia de incerteza concebida por Heisenberg em 1928. Tal modelo não é definitivo, pois, como a Física já mostrou, as teorias evoluem. A idéia de uma teoria como verdade definitiva e absoluta é um dos pontos que epistemólogos contemporâneos são unânimes em rejeitar (SILVEIRA, 1996a, 1996b).

Até então, temos três partículas: nêutron, próton e elétron. Mas será que existem somente três partículas na natureza? Em 1930, Wolfgang Pauli teoriza a existência de uma nova partícula: o **neutrino**. Tal partícula foi primeiramente postulada, isto é, admitiu-se sua existência e, somente depois, comprovada através de experimentos. Aqui podemos ver claramente que, diferentemente do que muitos professores e livros didáticos ensinam, todo conhecimento está impregnado de teoria. Esta, não nasce com a observação de um fenômeno, ela é apenas corroborada pelas observações.

Primeiro vem o conhecimento; depois, sua comprovação. Alguém poderia contra argumentar, dizendo que um biólogo, por exemplo, só pode formular uma teoria sobre o crescimento de uma determinada planta se observá-la esquece-se, porém, que, para analisar, teorizar e concluir, ele precisa ter conhecimentos prévios sobre o crescimento de plantas, ou seja, o conhecimento novo não pode existir sem conhecimentos prévios. Devemos, portanto, abandonar a visão empirista-indutivista que é ensinada, equivocadamente, em livros e difundida por muitos professores de Ciências.

### **D.3 Férmions**

Há muito tempo, já se acreditava que os prótons e os nêutrons apresentavam uma estrutura elementar. Atualmente, a Física de Partículas Elementares utiliza um modelo chamado Modelo Padrão, segundo o qual a matéria é constituída, basicamente, de dois tipos de partículas: os quarks e léptons. Estes são considerados férmions, pois têm spin fracionário e obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli.

Você deve se lembrar que o seu professor de Química deve ter alertado que os elétrons de um átomo, não podem ocupar o mesmo estado quântico. Ou seja, dois elétrons podem ocupar o mesmo estado de energia, porém necessitam de uma propriedade que os diferencie, para que obedeçam ao Princípio de Exclusão de Pauli.

Tal propriedade é o chamado spin do elétron. Um deles deverá apresentar um spin  $1/2$

e o outro deverá ter um spin - 1/2. Só desse modo podemos ter dois elétrons em um mesmo nível quântico. Isso explica, por exemplo, porque algumas estrelas emitem cada vez menos radiação, pois à medida que os elétrons excitados (em níveis mais altos de energia) emitem partículas, eles caem para níveis de energias menores, a fim de obedecer o Princípio de Conservação de Energia, preenchendo os “espaços” disponíveis, impedindo, assim, que outros elétrons possam emitir fótons, pois não existem níveis mais baixos de energia disponíveis. Assim, um elétron é um férmion, como toda a partícula que possui spin fracionário.

Os quarks nunca são encontrados isoladamente na natureza; estes, juntam-se e formam os chamados hádrons, como por exemplo, o nêutron (hádron constituído por um quark *up* e dois quarks *down*) e o próton (hádron constituído por um quark *down* e dois *up*). Como podemos notar, os quarks se dividem em tipos, assim poderíamos pensar que, se eles fossem uma civilização tipo “indígena, veríamos que os quarks são formados por seis “tribos”: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*. Os físicos chamam essas “tribos” de “sabores” de quarks.

Quarks e léptons obedecem ao princípio de exclusão de Pauli; portanto, são férmions. Como quarks experimentam a força forte<sup>17</sup>, e elétrons e neutrinos não, concluiu-se, então, que os quarks devem apresentar uma propriedade que elétrons e neutrinos não apresentam (léptons): a carga-cor (uma idéia, um tanto original também para classificação, que nada tem haver com as cores da óptica). Estas cargas são: vermelho, azul e verde, as quais representam uma propriedade muito difícil de ser detectada, porém, tendo um papel importante na teoria de forças. Assim, os hádrons possuem uma estrutura interna formada por partículas mais elementares: os quarks, que Interagem entre si por ação de uma força extraordinária chamada de força “forte”, a qual confina os quarks.

Os léptons, como já foi visto no caso do elétron, são também fermiônicos. Além disso, não possuem estrutura interna, ou seja, não são formados por quarks, mas também possuem seis “sabores” diferentes ou, como dissemos anteriormente, são formados por seis “tribos” diferentes : elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau e neutrino do tau. Os léptons não possuem “cores”, o que corresponde a não sofrerem interações do tipo forte. O elétron é o lépton mais conhecido, sendo o responsável pelas ligações químicas entre os átomos e moléculas. O neutrino não possui carga elétrica e é muito difícil de ser observado.

O Modelo Padrão, também, prevê a existência de antipartículas, antiquarks e antiléptons. Uma antipartícula tem a carga elétrica oposta à da partícula, para o caso dos

---

<sup>17</sup> A força forte é uma das quatro interações existentes na natureza, e é responsável pela estabilidade do núcleo do átomo.



quarks e do lépton carregado, e se aniquila ao se chocar com seu parceiro, transformando massa em energia. Assim, as antipartículas da primeira geração são os antiquarks - *antiup* e *antidown* - e os antiléptons - antielétron (também chamado pósitron) e antineutrino. Da mesma forma que os quarks se agregam constituindo hádrons, que, por sua vez, formam átomos se juntando a elétrons, os antiquarks podem constituir anti-hádrons e antiátomos.

As tabelas abaixo mostram uma classificação de quarks (Tabela 1) e léptons (Tabela 2)

Partícula	Símbolo	Carga
up	u	+2/3
down	d	-1/3
charm	c	+2/3
strange	s	-1/3
top	t	+2/3
bottom	b	-1/3

**Tabela 1:** Mostra os seis quarks, seus símbolos e suas cargas elétricas

Partícula	Símbolo	Carga
Elétron	e	-1
Neutrino do elétron	$\nu_e$	0
Múon	$\mu$	-1
Neutrino do múon	$\nu_\mu$	0
Tau	$\tau$	-1
Neutrino do Tau	$\nu_\tau$	0

**Tabela 2:** Mostra os seis léptons, seus símbolos e suas cargas elétricas

#### D.4 Algumas Questões que a Mecânica Clássica não Explica

- Como ocorre a interação gravitacional entre duas partículas que possuem massa sem que ocorra contato entre estes corpos?
- Existe alguma forma de comunicação entre os corpos, para que saibam da existência um do outro?
- Sabe-se que cargas de sinais contrários atraem-se e cargas de sinais iguais repelem-se. Então, como explicar a permanência dos prótons no núcleo do átomo, já que possuem carga de mesmo sinal?
- Como é que ocorre o decaimento<sup>18</sup> nuclear?

Estas e outras respostas relacionadas com interação entre partículas podem ser explicadas por uma categoria de partículas denominados bósons.

<sup>18</sup> O decaimento ocorre, por exemplo, quando um nêutron dentro do núcleo atômico se transforma em um próton, criando, ao mesmo tempo, um elétron e uma outra partícula conhecida como antineutrino, ambas lançadas para fora do núcleo.

## D.5 Bósons<sup>19</sup>

Podemos começar a definir bósons como partículas que são gregárias e que têm uma preferência por atuar em conjunto, diferentemente dos férmions, que são intolerantes com seus semelhantes, ou seja, os bósons, por serem formados por partículas que possuem seu spin inteiro (1,2,3...), não obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli. Os bósons são denominados, também, de partículas mediadoras ou partículas mensageiras. Cabe salientar que os bósons mediadores não possuem estrutura interna.

Na natureza, existem quatro grandes interações, que são: a força gravitacional, eletromagnética, força forte e força fraca. Para que ocorra qualquer uma destas interações, existem partículas de trocas, que nada mais são do que partículas “mensageiras”, ou seja, partículas que comunicam a existência de outras partículas.

São quatro as partículas mediadoras, uma para cada tipo de interação:

- Interação Gravitacional é o gráviton.
- Interação eletromagnética é o fóton.
- Interação nuclear forte são os glúons.
- Interação nuclear fraca são as partículas W e Z.

### D.5.1 Interação Gravitacional

Se dois ou mais corpos possuírem massa, eles irão se atrair mutuamente. Esta interação é proporcional à massa dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância de separação dos corpos. É uma interação de longo alcance, que rege o movimento de todos os corpos celestes no universo.

A interação entre dois corpos com massa se dá através da partícula prevista teoricamente chamada **gráviton**. O gráviton é a partícula mensageira entre os corpos que possuem massa. A interação gravitacional atua em todas as dimensões; porém, em certas situações, existem interações que prevalecem sobre ela, como a interação eletromagnética e força forte. É importante salientar que o gráviton ainda não foi detectado.

### D.5.2 Interação Eletromagnética

Duas partículas com carga exercem, mutuamente, forças eletromagnéticas. Partículas

---

<sup>19</sup> Os bósons aqui mencionados serão somente as partículas mediadoras de força. Não abordaremos os mésons, que também são bósons.

com cargas de mesmo sinal (por exemplo, dois prótons) terão uma força de repulsão entre elas, e partículas com cargas de sinais diferentes (prótons e elétrons) terão uma força de atração mútua. Já partículas que não possuem carga não experimentarão a interação eletromagnética.

Podemos dizer que cada partícula detecta a outra pela troca de **fótons**<sup>20</sup>. Os fótons são os quanta do campo eletromagnético.

Não podemos perceber estes fótons, pois são emitidos por um elétron e absorvido por outro, em curto intervalo de tempo e, também porque não possuem massa. Devido a sua existência transitória, podemos chamá-los de fótons virtuais. Este fóton possui uma função de partícula mensageira, ou seja, de comunicação entre duas partículas carregadas.

A interação eletromagnética entre partículas é proporcional às cargas das partículas e inversamente proporcional à distância de separação entre as mesmas. Assim, como a interação gravitacional, a eletromagnética é de longo alcance.

### D.5.3 Interação Forte

Como podemos explicar a existência de prótons no núcleo do átomo, já que possuem cargas elétricas de mesmo sinal?

Para explicar por que o núcleo se mantém coeso, os físicos formularam a hipótese de uma nova força da natureza, já que as forças gravitacionais, que Newton formulou, e, a eletromagnética, não explicavam a estabilidade do núcleo.

A força nuclear deve ser mais forte do que a força elétrica, de modo a manter os prótons juntos, apesar de sua repulsão eletrostática. Contudo, na escala macroscópica – nas distâncias maiores - os prótons se separam. Assim, supõe-se que a força nuclear forte domina quando os prótons estão muito próximos, como no núcleo, mas se torna desprezível em distâncias maiores. Para explicar esta estabilidade do núcleo, temos que recorrer à força nuclear forte, que é superior à interação eletromagnética, em um raio de atuação muito limitado, na ordem de  $10^{-15}$  m.

A força forte, além de manter prótons e nêutrons juntos nos núcleos atômicos, é responsável pela própria existência de prótons e nêutrons. As partículas responsáveis pela interação nuclear forte são os **glúons**.

---

<sup>20</sup> Os fótons são as partículas mediadoras da força eletromagnética.

Os glúons, também, são partículas mensageiras responsáveis pela interação entre os quarks, já que estes formam os prótons e nêutrons. A interação entre quarks ocorre no interior dos hádrons, porque aqueles estão constantemente intercambiando suas cores via troca de glúons.

#### D.5.4 Interação Fraca

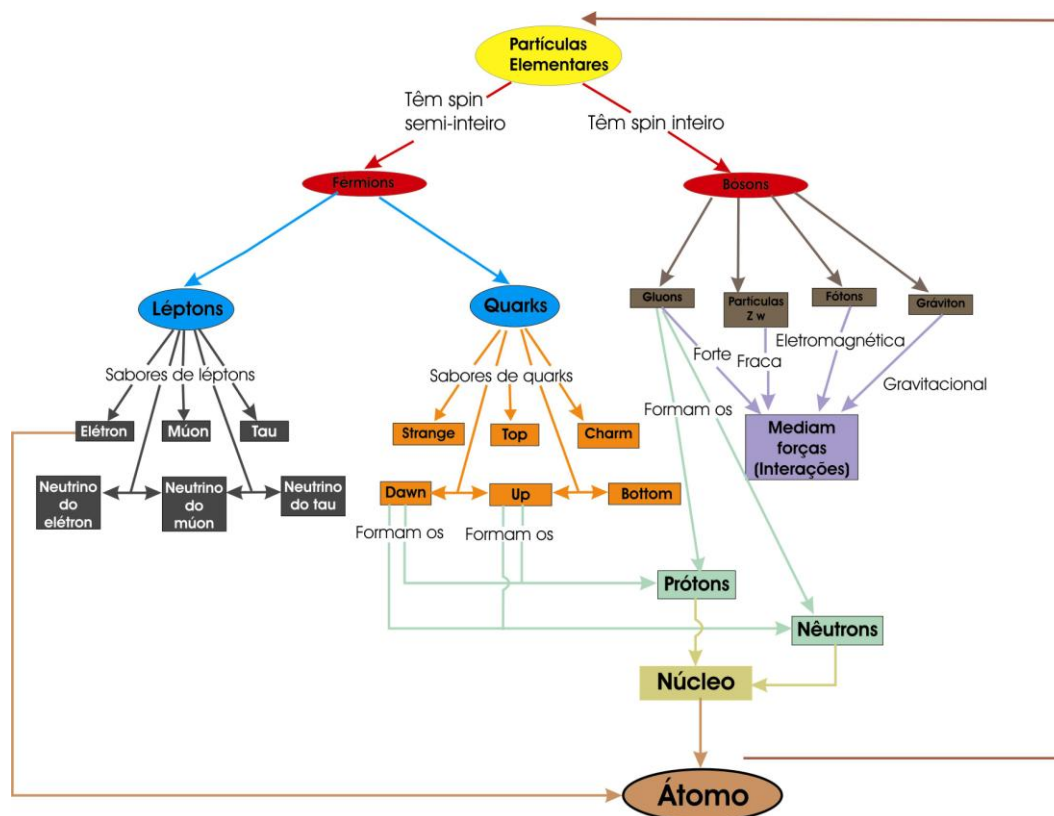
Henry Becquerel foi quem obteve os primeiros indícios da força nuclear fraca na descoberta da radioatividade. Nos anos 30, houve um grande impulso no entendimento desta força: naquele tipo particular de radioatividade descoberto por Becquerel, um nêutron dentro do núcleo atômico se transforma em um próton, criando, ao mesmo tempo, um elétron e uma outra partícula conhecida como antineutrino, ambas lançadas para fora do núcleo. Esse evento, conhecido como decaimento beta, não podia ser consequência de outros tipos de forças. A força nuclear forte mantém os prótons e nêutrons juntos no núcleo, e a eletromagnética tenta separar os prótons. A força gravitacional tem uma intensidade desprezível na escala microscópica.

Sugeriram, então, que, além dos fótons, existiam outras partículas, tipo fótons, que eram previstas teoricamente: partículas  $W$  eletricamente carregadas, positivamente e negativamente, cuja troca é responsável pela força fraca que governa o decaimento beta, e partículas  $Z$ , neutras. O  $W$  significa fraco, em inglês, *weak*. A partícula irmã foi batizada de  $Z$ , por Weinberg, porque tinha carga zero e por ser  $Z$  a última letra do alfabeto. (Weinberg esperava que esta fosse a última partícula da família).

As forças fracas são aquelas que explicam os processos de decaimento radiativo, tais como o decaimento beta nuclear, o do múon e de várias partículas "estranhas". É interessante notar que esta força não era conhecida pela Física Clássica e que sua formulação, como teoria, é estritamente quântica.

#### D.6 Mapa Conceitual sobre Partículas Elementares

Este mapa conceitual representa uma visão geral da Física de Partículas (Moreira, 1989). É importante salientar que a matéria é constituída por átomos, e estes são constituídos por prótons, nêutrons e elétrons. Os elétrons são partículas elementares, isto é, não possuem estrutura interna. Diferentemente dos prótons e nêutrons, que são constituídos de partículas elementares, denominadas quarks.



## D7. Conclusão

Entender a natureza, com certeza, não é uma tarefa fácil, mas certamente é uma “viagem” impressionante. O ser humano, num período breve da Ciência está desmitificando, o mundo microscópico das partículas. Essas partículas na verdade, referem-se a estados de energia-matéria possíveis em todo este Universo, apesar de que nesse pequeníssimo ponto em que vivemos, o planeta Terra, não existem a maioria das partículas e das formas de matéria prevista pela Física de Partículas.

Foi um grande trabalho para a ciência classificar e ordenar estas partículas, e este trabalho que ainda não está completo chama-se *Standard Model* (Modelo Padrão). Há, ainda, muita coisa a ser descoberta e teorias precisam ser melhoradas.

## D.8 Referência complementar

CLOSE, F. **The cosmic onion: quarks and the nature of the universe**. New York: American Institute of Physics, 1983. 180p.

MOREIRA, M. A. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 11, p. 114–129, dez. 1989.

OKUN, L. B.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ... Z: a primer in particle physics. Chur: Harwood Academic, 1987. 112p.

OSTERMANN, F. **Partículas elementares e interações fundamentais**. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 2001. (Textos de apoio ao professor de física, n. 12).

\_\_\_\_\_. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 415-436, set. 1999.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar física de partículas na escola. **Física na Escola**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 11-18, maio 2001.

PARTICLE DATA GROUP. **A aventura das partículas**. Disponível em: <<http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br>>. Acesso em: 20 mar. 2004.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 197-218, dez. 1996a.

\_\_\_\_\_. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996b.

## **APÊNDICE E - TÓPICOS INTRODUTÓRIOS SOBRE ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **E.1 Introdução**

Este texto tem, por objetivo, introduzir temas sobre eletricidade e eletromagnetismo para professores das séries iniciais do ensino fundamental em formação inicial e continuada. O texto não tem o objetivo de ser completo; pelo contrário, ele é introdutório, mas objetiva fornecer um embasamento mínimo sobre fenômenos elétricos e eletromagnéticos. Tivemos a intenção de construir este texto com um caráter fortemente conceitual, sem formalismo matemático. Escolhemos essa ênfase, pois acreditamos que, para tais docentes o estudo de Física sob um enfoque conceitual/qualitativo, pode proporcionar uma maior aproximação do conhecimento deste docente do trabalho nas séries iniciais. Além do que acreditamos ser de grande importância esta abordagem, no sentido de contribuir para a construção de uma aprendizagem significativa.

Este tema foi escolhido, pois verificamos que a maioria dos docentes em formação, ou mesmo os já em atuação, têm ou tiveram pouco ou nenhum contato com tal assunto. Esperamos que ele possa contribuir para a inserção de conceitos sobre Física nas aulas de Ciências, livres de erros conceituais e de forma lúdica e agradável.

### **E.2 A Carga Elétrica**

Sabemos que o átomo é o constituinte básico da matéria. Os átomos, por sua vez, agrupados, formam as moléculas. Diferentemente do que muitos possam pensar, o átomo não é a menor partícula da matéria. Ele é constituído por partículas ainda menores.

O átomo possui duas regiões distintas: uma mais interna, denominada núcleo, em que se concentra a massa do átomo quase em sua totalidade. No núcleo temos os núcleons, que

são os prótons e os nêutrons. Estes, porém, são constituídos por partículas menores ainda, denominadas quarks<sup>21</sup>. Ao redor do núcleo, temos uma região denominada eletrosfera; a eletrosfera é uma região imensamente maior do que o núcleo. Para termos uma idéia de proporção, podemos imaginar o estádio do Maracanã. Se considerarmos o ponto central do círculo do meio do campo do estádio como o núcleo, o restante do estádio seria a eletrosfera.

Se abandonarmos uma maçã, esta certamente cairá, pois será atraída<sup>22</sup> (assim como também atrairá a Terra) por uma força denominada força peso. Esta força é de origem gravitacional e só existe devido à presença de um campo gravitacional em torno de todo o corpo que possui massa. Então, podemos concluir que a força peso é uma força que existe devido à presença de um campo gravitacional ao redor dos corpos massivos, e este existe devido à propriedade dos corpos denominada massa.

Você pode estar se perguntando: o que isto tem a ver com o átomo? As partículas como prótons e elétrons, quando separadas por uma certa distância, atraem-se. Esta atração é análoga ao caso da Terra e da maçã. Então, poderíamos pensar que esta atração é devido à massa destas partículas, pois, por menor que sejam, elas possuem massa. Porém, se aproximarmos dois prótons ou mesmo dois elétrons, verificaremos que também existirá uma força entre eles; mas, neste caso, teremos uma força de repulsão e não de atração. Mas, entre nêutrons nenhuma força é verificada. Apesar de terem massa, não existem forças da mesma natureza que as anteriores para dois nêutrons. Isto prova que, neste caso, as partículas possuem uma outra propriedade que não é a massa. Esta nova propriedade é, de certa forma, responsável por estas interações entre algumas partículas atômicas.

Esta propriedade é a carga elétrica, que é medida no sistema internacional de unidades (SI), através de uma unidade de medida denominada **coulomb**, representada simbolicamente por **C**.

Desta forma, convencionou-se que, como as forças entre partículas podem ser ora de atração ora de repulsão, a carga elétrica pode ser positiva ou negativa. Assim:

- Prótons possuem carga elétrica positiva.
- Elétrons carga elétrica negativa.
- Nêutrons não possuem carga elétrica.

---

<sup>21</sup> Os prótons são constituídos por três quarks, dois quarks do tipo *up* e um do tipo *down*. Um nêutron é também constituído por três quarks, porém dois do tipo *down* e um do tipo *up*.

<sup>22</sup> A maçã será atraída pela Terra, mas também atrairá a mesma, pois de acordo com a terceira lei de Newton: para toda ação realizada corresponde uma reação, de mesma intensidade, mesma direção, mas de sentido contrário.



Desta forma, podemos concluir que:

- Cargas elétricas com o mesmo sinal se repelem (dois prótons ou dois elétrons).
- Cargas elétricas com sinais contrários se atraem (um próton e um elétron).

### **E.3 Condutores e Isolantes**

Alguns materiais são constituídos por átomos que possuem elétrons livres nas regiões mais externas de seus átomos. Estes elétrons estão fracamente ligados ao átomo e podem facilmente circular entre outros átomos que constituem este material; neste caso, os materiais são denominados condutores. Os metais são ótimos exemplos de corpos condutores.

Outros materiais não têm os mesmos elétrons livres nas regiões mais externas de seus átomos; os elétrons, neste caso, estão fortemente ligados aos átomos e não podem circular por outros átomos que constituem este material. Um ótimo exemplo de material isolante é a borracha. Com certeza você já deve ter ouvido falar que a borracha é um ótimo isolante; agora você sabe o porquê.

### **E.4 A Eletrização**

Inicialmente, podemos considerar que todos os átomos possuem o mesmo número de prótons e elétrons. Se isto acontecer, dizemos que este átomo se encontra eletricamente neutro, pois existirá o mesmo número de cargas elétricas positivas (prótons) e cargas elétricas negativas (elétrons).

Se um átomo perde ou ganha um elétron<sup>23</sup>, existirá uma disparidade entre o número de cargas positivas e negativas. Assim, podemos dizer que o átomo se encontrará eletrizado. Um átomo, inicialmente neutro, estará eletrizado positivamente quando perde, pelo menos, um elétron, ficando assim com falta de cargas negativas. Por outro lado, um mesmo átomo, inicialmente neutro torna-se negativamente carregado recebe pelo menos um elétron livre; assim ele ficará com excesso de cargas negativas.

A idéia de eletrização de um átomo pode ser perfeitamente aplicada a um corpo de maiores dimensões, ou seja, um corpo que possui falta de elétrons se encontra positivamente carregado e, o mesmo corpo, com excesso de elétrons, está negativamente carregado.

---

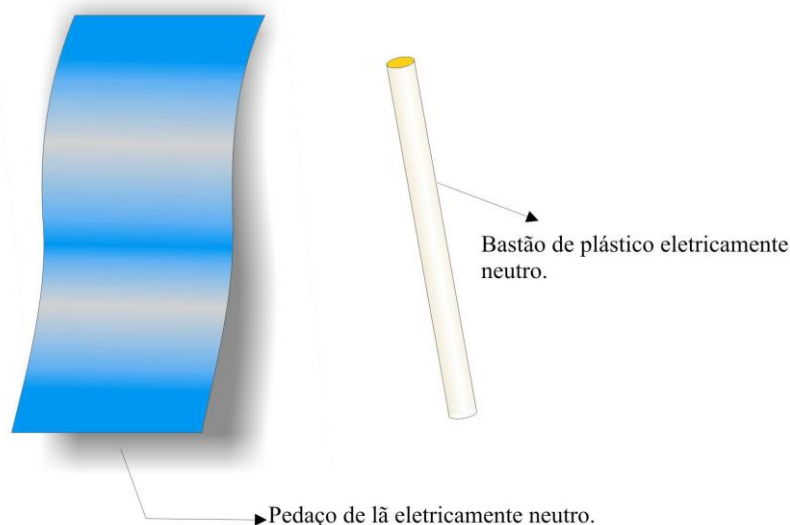
<sup>23</sup> Um átomo só pode perder e ganhar elétrons. Os chamados elétrons livres que se encontram na eletrosfera. A força de natureza elétrica existente entre estes elétrons e o núcleo do átomo (que é positivo) não é suficientemente grande para manter o elétron na eletrosfera original. Portanto, átomos, através de fenômenos elétricos não podem ter modificados o número de prótons em seu núcleo. Estes se encontram fixos no núcleo, pois a força que os mantém lá é mais intensa do que a força de natureza elétrica.

Existem três formas de eletrizarmos um corpo que se encontra inicialmente neutro:

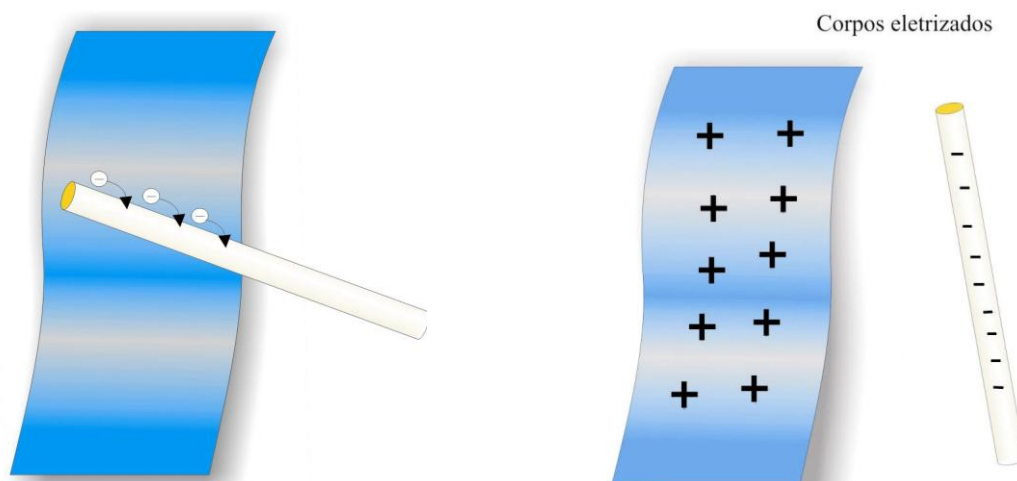
- Eletrização por atrito.
- Eletrização por contato.
- Eletrização por indução.

#### E.4.1 Eletrização por Atrito

Se atritarmos um bastão de plástico com um pedaço de lã, ou mesmo com nosso cabelo, poderemos verificar que ela passará a atrair pequenos pedaços de papel. Mas, por que isto ocorre? O plástico atritado com a lã ou com nosso cabelo recebe elétrons livres existentes nos mesmos. Este processo se dá basicamente pela fricção ou atrito existente entre dois corpos. Assim, a caneta fica eletrizada negativamente e atrai os pequenos pedaços de papel através de uma força de natureza elétrica. O esquema de uma eletrização por atrito é representado seqüencialmente a seguir pelas figuras 1, 2 e 3.



**Figura 1:** Inicialmente o bastão e a lã se encontram neutros.



**Figura 2:** Elétons livres da lâ passam para o bastão. **Figura 3:** Após o atrito, a lâ e o bastão estão eletrizados.

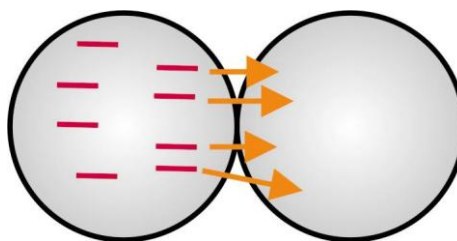
#### E.4.2 Eletrização por Contato

Se colocarmos em contato um corpo inicialmente carregado com um outro corpo inicialmente neutro (considere os dois corpos condutores), verificaremos que, após a separação, o corpo que se encontrava neutro, passa a atrair pequenos pedaços de papel da mesma forma que no exemplo dado anteriormente. Porém, neste caso, a eletrização não ocorreu pelo atrito entre os dois corpos, mas por contato.

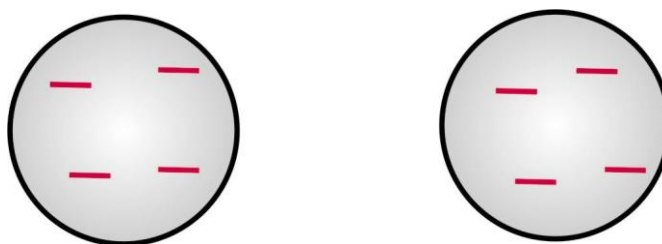
Este tipo de eletrização ocorre porque no corpo eletrizado temos um excesso de elétrons (admitiremos que o corpo está negativamente carregado). Estes elétrons se repelem, pois possuem cargas elétricas de mesmo sinal. Quando colocamos o corpo neutro em contato com o corpo eletrizado, alguns dos elétrons livres que se encontram em excesso no corpo eletrizado se repelem e passam para o corpo neutro. Ao receber elétrons, o corpo neutro fica, então também negativamente carregado, ou seja, eletrizado. O esquema que segue representa uma eletrização por contato. As Figuras 4, 5 e 6 representam o processo de eletrização por contato.



**Figura 4:** Inicialmente um corpo se encontra eletrizado e o outro neutro.



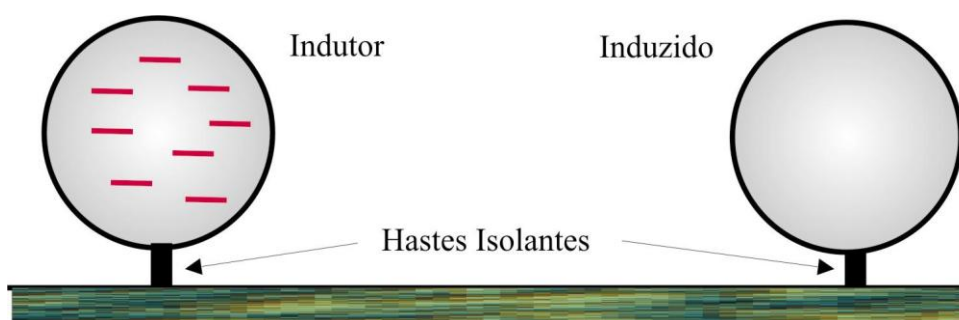
**Figura 5:** No contato, elétrons em excesso do corpo eletrizado se repelem e passam para o corpo neutro.



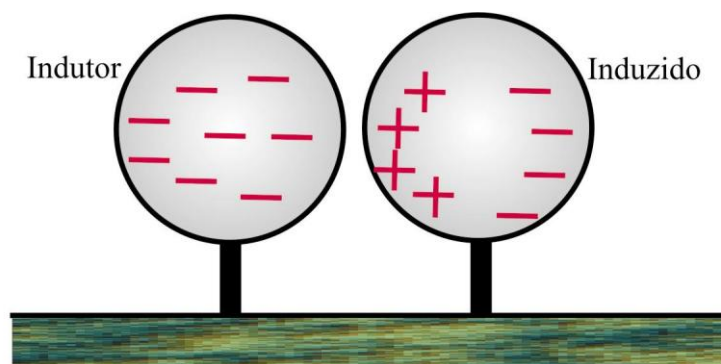
**Figura 6:** Após o contato, os corpos ficam eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal.

#### E.4.3 Eletrização por Indução

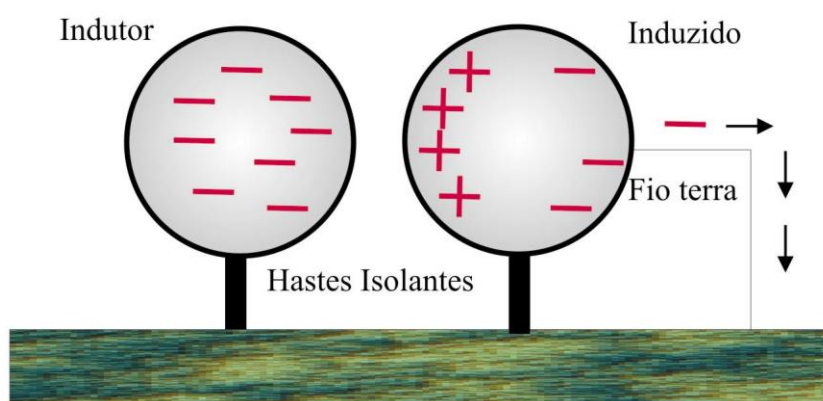
Imagine um corpo carregado negativamente sendo somente aproximado de um corpo neutro e condutor (Figura 7). Ao aproximarmos o corpo eletrizado, denominado indutor, do corpo neutro, denominado induzido, teremos os elétrons livres do corpo induzido sendo repelidos o mais distante possível pelos elétrons em excesso que se encontram no corpo indutor (Figura 8). Neste momento, ainda não temos a eletrização do corpo neutro. Para que isso ocorra, devemos então ligar um fio condutor (fio terra) à Terra na extremidade em que se encontram os elétrons livres (Figura 9) e, posteriormente, retirar este fio condutor. Os elétrons foram atraídos pela Terra, que é um grande reservatório de cargas. Como o corpo perdeu elétrons, agora se encontra positivamente carregado (Figura 10).



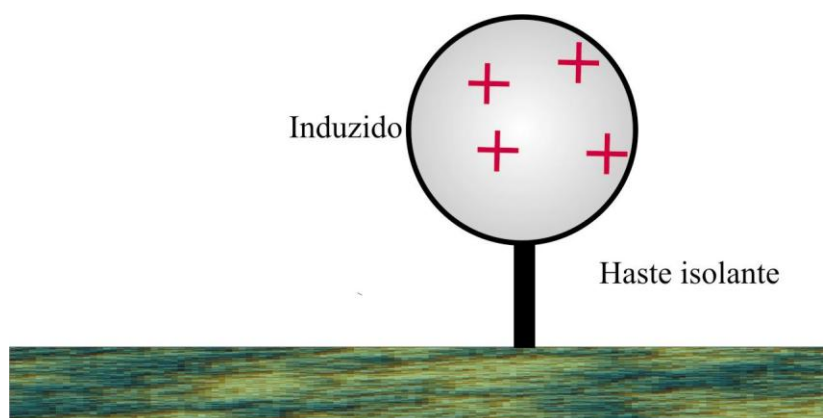
**Figura 7:** Dois corpos inicialmente afastados. Um eletrizado e outro neutro.



**Figura 8:** Ao aproximarmos os dois corpos o corpo induzido tem suas cargas separadas devido à presença do corpo indutor.



**Figura 9:** Ao ligarmos o fio terra ao corpo induzido, elétrons em excesso serão atraídos pela Terra.



**Figura 10:** Após desligarmos o fio terra o corpo induzido fica com déficit de elétrons e está eletrizado.

## E.5 Campo Elétrico

Já comentamos que todo o corpo massivo possui, em seu entorno, uma região denominada de campo gravitacional. O campo gravitacional é responsável pelas interações entre os corpos que possuem massa. Uma maçã que cai Interage com a Terra devido à existência de um campo gravitacional. A força gravitacional (peso) é, então, uma força de campo, pois para que ela exista, não é necessário que os corpos estejam em contato. A

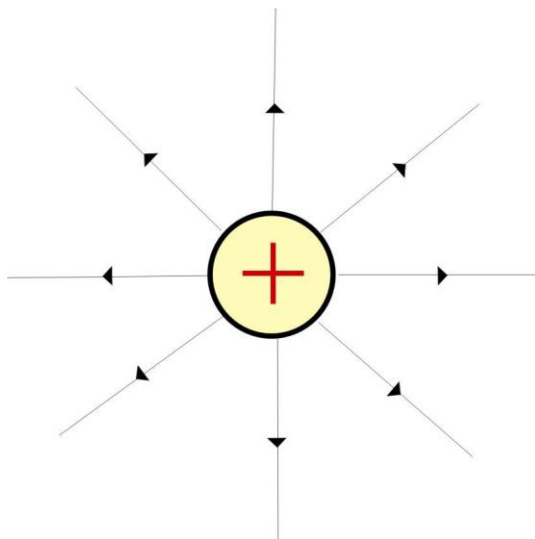
intermediação desta força de campo é feita justamente pelo campo gravitacional. Então, podemos concluir que um campo tem um papel de intermediar forças.

Duas cargas elétricas de sinais contrários se atraem, mesmo sem existir contato entre elas. Esta situação não pode nos sugerir a existência de um campo ao redor das cargas? Exatamente! Assim como a força gravitacional é intermediada por um campo gravitacional, a força elétrica entre duas cargas elétricas também é intermediada por um campo; porém, neste caso, um campo não de natureza gravitacional, mas um campo de natureza elétrica. Podemos concluir que toda carga elétrica possui em seu entorno uma região que denominamos de campo elétrico.

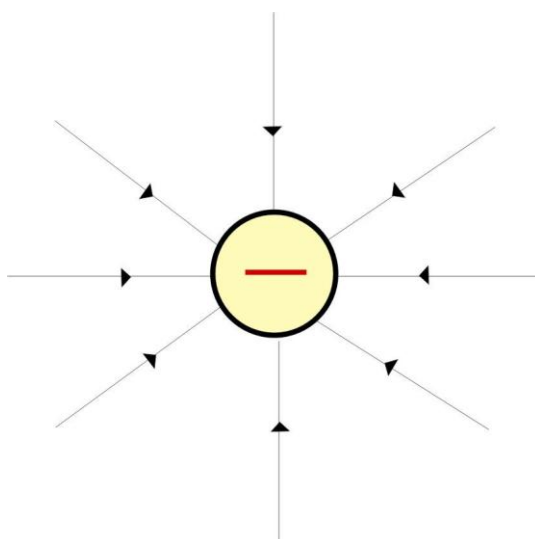
A interação entre cargas elétricas (força elétrica de atração ou repulsão) ocorre por intermédio da existência do campo elétrico. A representação gráfica de um campo elétrico, normalmente, é feita se desenhando uma região limitada ao redor da carga elétrica; porém, esta representação pode dar ao estudante a idéia de que o campo elétrico possui uma distância limite para sua atuação.

A influência de um campo gravitacional e de um campo elétrico tem atuação até o infinito, não estando limitada fisicamente. É claro que, quanto mais afastado um ponto estiver de uma carga, menor será a intensidade do campo elétrico neste ponto e, conseqüentemente, menor será a força elétrica de interação entre a primeira e uma segunda carga colocada neste ponto. A melhor representação gráfica de um campo elétrico se dá através de linhas de forças.

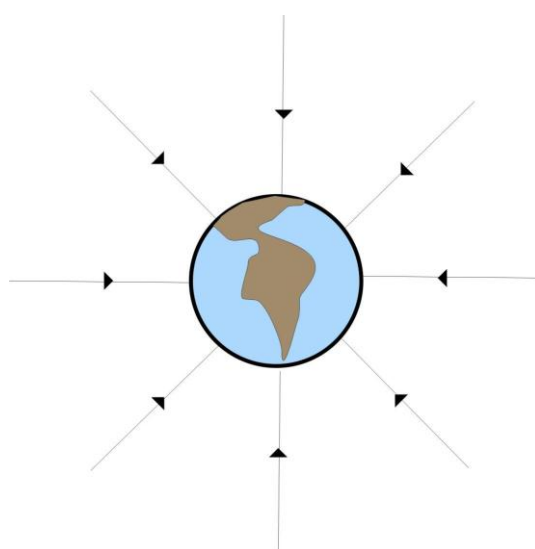
Estas linhas são imaginárias, mas representam o comportamento do campo ao redor de uma ou mais cargas elétricas. Elas fornecem informações sobre a intensidade do campo e, também, a respeito da orientação (direção e sentido), uma vez que em Física um campo é representado por um vetor. O campo gravitacional terrestre também pode ser representado por linhas de força, mas, neste caso, diferentemente das cargas elétricas que podem ser positivas ou negativas, o campo gravitacional terrestre tem somente uma representação. A seguir, são representadas as linhas de força de uma carga elétrica positiva (Figura 11), uma carga elétrica negativa (Figura 12) e o campo gravitacional terrestre (Figura 13).



**Figura 11:** Linhas de força de uma carga elétrica são de afastamento.



**Figura 12:** Linhas de força de uma carga elétrica negativa são de aproximação.



**Figura 13:** Linhas de força da Terra são de aproximação.

## E.6 Potencial Elétrico

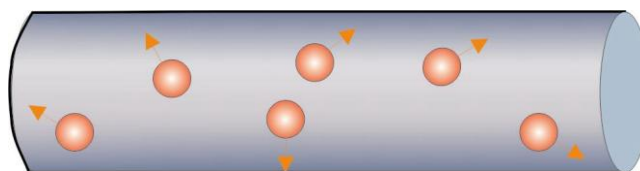
Se considerarmos um ponto a uma certa altura  $h$  da Terra, inicialmente em repouso, podemos dizer que este ponto possui um potencial gravitacional, pois qualquer corpo massivo nele colocado tem uma energia denominada potencial gravitacional. Esta energia está relacionada com a altura que um corpo massivo possui em relação a um dado referencial, no caso a Terra. A prova de que este corpo massivo possui energia neste ponto é o fato de que, se abandonarmos o corpo, ele começará a se movimentar em direção ao centro da Terra, ou seja, o corpo, inicialmente em repouso, entrará em movimento, passará a transformar a sua energia potencial gravitacional em energia cinética<sup>24</sup>.

Agora, podemos imaginar uma situação análoga, quando consideramos um ponto ao redor de uma carga elétrica. Este ponto, também, possui um potencial, mas um potencial elétrico. Se colocarmos uma carga elétrica neste ponto, uma força elétrica atuará sobre a carga movimentando-a, o que comprova que a carga ali colocada possui um tipo de energia, a elétrica. Não podemos esquecer que, quando admitimos um ponto ao redor da carga, estamos admitindo um ponto imerso no campo elétrico da mesma, e é devido a este fato que a natureza da energia de uma carga elétrica colocada neste ponto é elétrica.

## E.7 A Corrente Elétrica

Com certeza, você já ouviu falar em corrente elétrica, mas é possível que até agora nunca tenha se perguntado o que realmente é a corrente elétrica. Já falamos que elétrons livres podem se movimentar de átomo para átomo, porém este movimento não representa um movimento ordenado, isto é, preferencialmente em um sentido.

Imagine um fio metálico. Dentro deste fio, os elétrons livres dos átomos que constituem este metal estão em constante movimento e, como já falamos, este movimento não é necessariamente ordenado. Esta representação esquemática aparece na Figura 14.

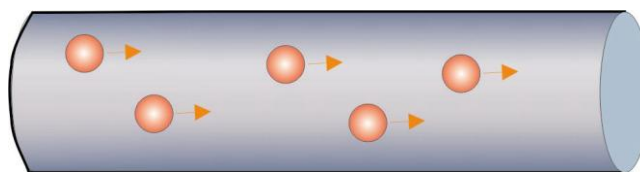


**Figura 14:** Os elétrons de um condutor metálico em movimento desordenado.

<sup>24</sup> Energia cinética é a energia que está associada a todo corpo ou partícula que se encontra em movimento em relação a um referencial.



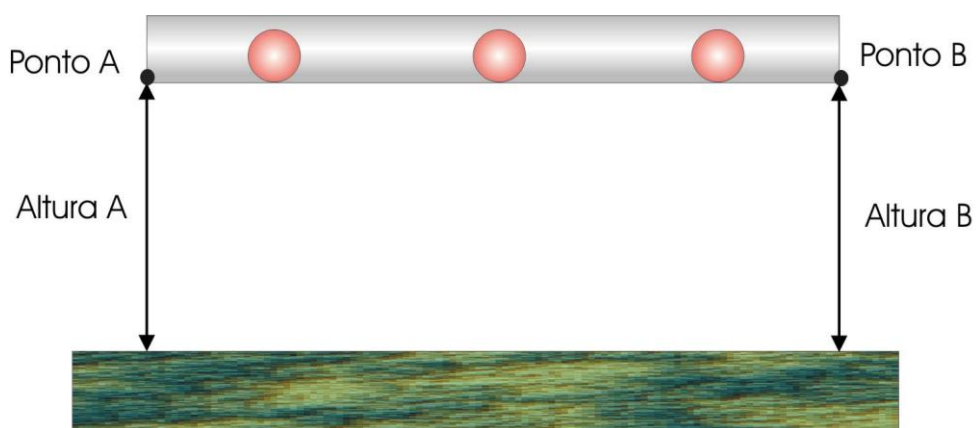
Neste caso, temos movimento de elétrons, mas como este movimento não é ordenado, não podemos dizer que temos uma corrente elétrica. Para o movimento dos elétrons poderem caracterizar uma corrente elétrica, este precisa ser ordenado, ou seja, preferencialmente em um sentido. Esta representação é feita de acordo com o esquema da Figura 15. Cabe ressaltar que este movimento não é de todas as partículas portadoras de carga. Existe na realidade, uma velocidade de deriva em um sentido preferencial. O movimento de ordenado de todos os elétrons pode ocorrer, mas nos chamados supercondutores.



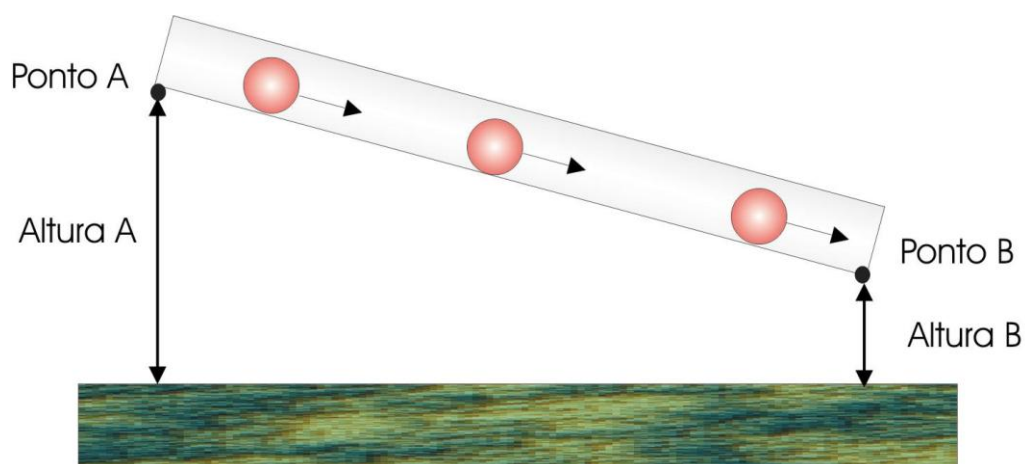
**Figura 15:** Os elétrons de um condutor metálico em movimento ordenado.

Você deve estar pensando o que afinal pode fazer com que este movimento ordenado dos elétrons ocorra. Para compreendermos isto, mais uma vez podemos lançar mão de uma analogia mecânica. Imagine um tubo contendo pequenas esferas em seu interior e admita que este tubo possui suas extremidades a uma mesma altura em relação ao solo. Neste caso, podemos dizer que dois pontos A e B, colocados nas extremidades do tubo, possuem o mesmo potencial gravitacional, pois possuem a mesma altura em relação a um determinado referencial. Desta forma, as esferas não se movem (Figura 16).

Mas, se fosse perguntado a você o que deveria ser feito para movimentar as esferas, o que você responderia? Uma resposta comum seria inclinar uma das extremidades (Figura 17). Isto está correto, e se você analisar a situação de forma mais detalhada concluirá, também, que inclinando uma das extremidades, você criou uma diferença de potencial gravitacional. Podemos, então, concluir que as esferas só entraram em movimento devido a uma diferença de potencial gravitacional entre os pontos A e B. Estas situações podem ser representadas nas figuras que seguem.



**Figura 16:** As esferas se encontram em repouso se o potencial gravitacional nos extremos do tubo for o mesmo.



**Figura 17:** As esferas passam a se movimentar se o potencial gravitacional nos extremos do tubo for o diferente

Dentro de um fio condutor, por exemplo, se o potencial elétrico é o mesmo nos dois terminais do fio, não teremos uma diferença de potencial elétrico e, neste caso, os elétrons livres do condutor estarão em movimento, mas este não será um movimento ordenado, ou seja, não existirá uma corrente elétrica. Assim, como no exemplo do tubo, para conseguirmos um movimento ordenado das partículas portadoras de carga, a corrente elétrica<sup>25</sup>, devemos estabelecer uma diferença de potencial entre os terminais do fio condutor.

Existem dispositivos presentes em nosso cotidiano que têm a função de estabelecer uma diferença de potencial em um circuito de um aparelho elétrico. Estes dispositivos são as pilhas e baterias, por exemplo. Se você olhar com atenção entre as extremidades de uma pilha,

<sup>25</sup>A corrente elétrica é uma grandeza física medida em ampère (A).

você enxergará um sinal positivo (+) e um negativo (-), indicando que existem dois potenciais diferentes entre a extremidade da pilha, e que esta diferença é exatamente o valor contido na pilha: 5 V, 1,5 V, 12 V, 24 V. Este valor é expresso em volt (V), a unidade de medida do SI utilizada para medir diferença de potencial elétrico.

Na realidade, quando estabelecemos uma diferença de potencial elétrico entre os terminais de um fio condutor, estamos estabelecendo um campo elétrico entre os terminais. Este campo elétrico é estabelecido com uma velocidade muito alta, bem próxima da velocidade da luz e, como já vimos anteriormente, as cargas imersas neste campo sofrem a influência de uma força de natureza elétrica, que é justamente o que movimenta as partículas portadoras de carga em um sentido preferencial.

Até então, vimos que nos sólidos a corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons livres, mas a corrente elétrica também pode existir nos líquidos, pois muitos destes são substâncias condutoras. Nos líquidos, por sua vez, o que ocorre é o movimento ordenado dos íons positivos, que nada mais são do que átomos com falta de elétrons.

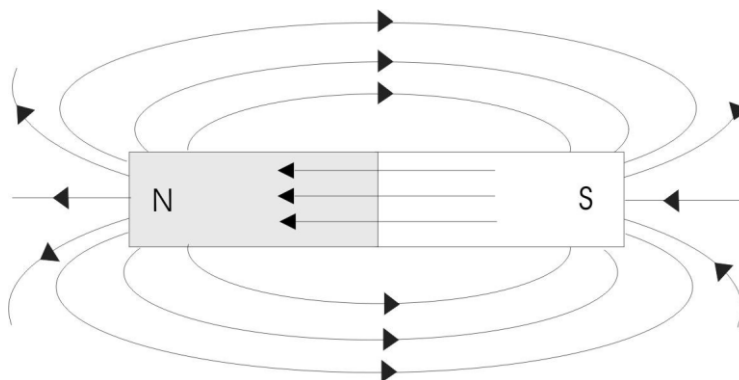
## **E.8 O Magnetismo**

Com certeza, você já deve ter brincado com dois ímãs. Você aproxima um ímã de outro e pode verificar uma força de atração entre eles. Mais uma vez, é notório que não existe nenhum contato entre os ímãs, assim como na interação entre a Terra e uma maçã, próton e elétron. Neste caso, porém, não temos a presença de uma força de natureza gravitacional ou elétrica; temos, neste caso, uma força de natureza magnética; logo, podemos concluir que o campo em questão, também, é um campo magnético, uma vez que temos, novamente o caso de uma força de campo. Podemos dizer que, neste caso, a mediação da força magnética entre ímãs se dá através da presença do campo magnético<sup>26</sup>.

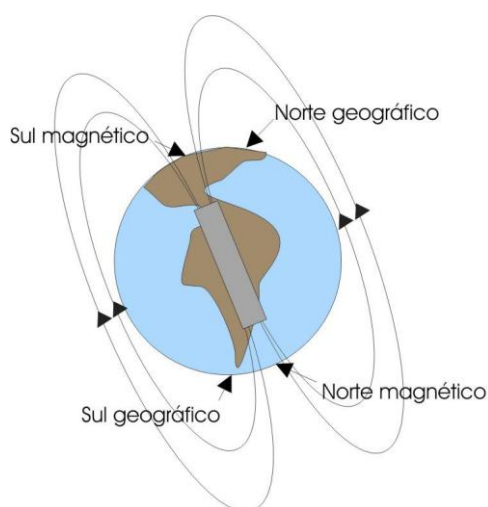
Um ímã possui dois pólos: um pólo denominado pólo norte e outro denominado pólo sul. O campo magnético terrestre também pode ser representado por linhas de força, e admitimos que estas linhas de força saem do pólo norte e entram no pólo sul. No interior do ímã, o campo vai de norte para sul, com as linhas de forças paralelas entre si.

A Terra se comporta como um imenso ímã. A orientação de bússolas ocorre, pois o campo magnético terrestre influencia a agulha da bússola. Esta só sofre influência do campo magnético terrestre porque ela é uma substância denominada magnética. Existem outras

substâncias que não sofrem influência de um campo magnético; são chamadas não magnéticas, como a madeira, por exemplo. As figuras que seguem representam o campo magnético ao redor de um ímã (Figura 18) e o campo magnético terrestre (Figura 19).



**Figura 18:** Campo magnético representado por linhas de força ao redor de um ímã em forma de barra.



**Figura 19:** Linhas de força do campo magnético terrestre.

Como você pode notar na figura 19, as linhas de força estão saindo de uma posição próxima do pólo sul geográfico e entrando em outra posição próxima do pólo norte geográfico mas, como foi dito anteriormente, a situação deveria ser contrária. O que ocorre é que o pólo norte magnético da Terra está próximo do pólo sul geográfico e o pólo sul magnético se encontra próximo do pólo norte geográfico. Portanto, uma agulha de bússola se orienta no mesmo sentido de uma linha de força que passa pelo ponto em que ela se encontra.

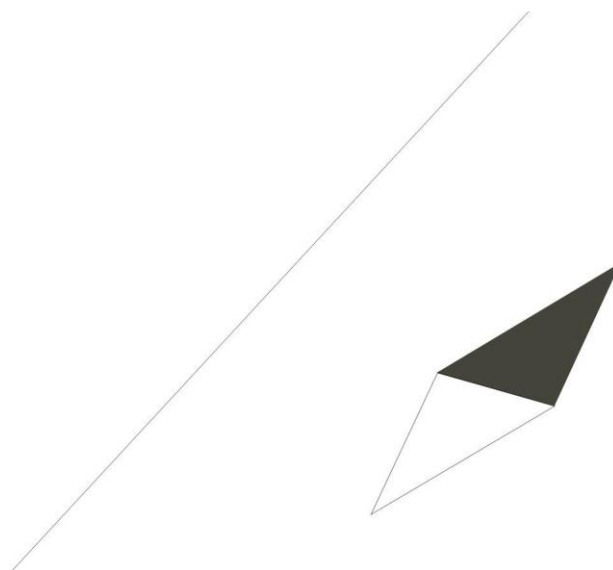
<sup>26</sup> Na verdade a mediação da força magnética e elétrica (força eletromagnética) é feita por partículas denominadas bósons, mais especificamente neste caso um bóson denominado fóton. No caso da força gravitacional, a partícula mediadora é o bóson denominado gráviton (ainda não detectada).

## E.9 O Eletromagnetismo

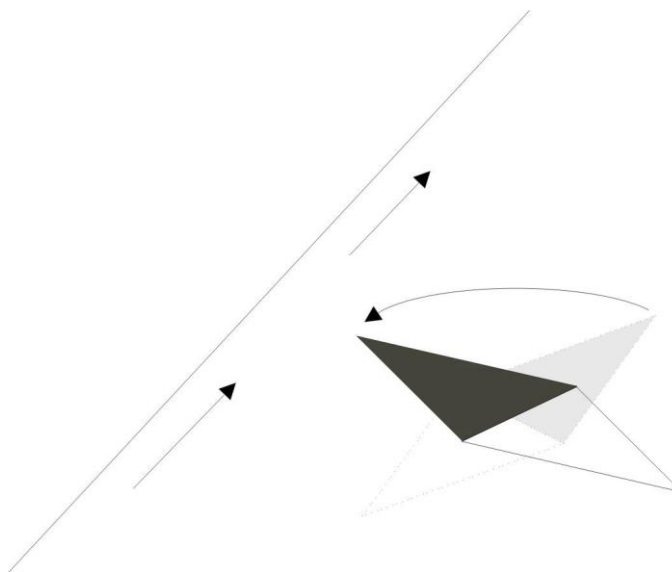
Será que existe alguma relação entre eletricidade e magnetismo? A resposta para esta pergunta foi dada pelo professor dinamarquês Hans Christian Oersted em 1820. Oersted mostrou que, quando uma corrente elétrica era estabelecida em um condutor, uma bússola próxima a ele sofria um desvio.

Como já vimos, a agulha de uma bússola sofre influência de campos magnéticos, de modo que se a bússola sofresse um desvio, um campo magnético deveria estar presente. Quando a corrente elétrica deixava de circular pelo condutor, a agulha imantada da bússola voltava à posição original. Desta forma, Oersted pôde concluir que era a corrente elétrica que criava o campo magnético, fazendo com que definitivamente fosse estabelecida uma relação entre a eletricidade e o magnetismo.

Desta feita, podemos concluir que sempre que uma corrente elétrica está presente em um condutor, esta criará um campo magnético em seu entorno. Com isso, avanços tecnológicos puderam ser feitos e é, através deste princípio, que hoje são construídos os chamados eletroímãs. As Figuras 20 e 21 esquematizam a experiência de Oersted.



**Figura 20:** Bússola próxima de um fio condutor sem corrente elétrica não sofre deflexão.



**Figura 21:** Bússola próxima de um fio condutor sofre uma deflexão, pois a corrente elétrica gera um campo magnético ao redor do fio condutor.

### E.10 Referência complementar

AMALDI, U. **Imagens da física: as idéias e as experiências, do pêndulo aos quarks.** São Paulo: Scipione, 1995. 540p.

GASPAR, A. **Física eletromagnetismo e física moderna.** São Paulo: Ática, 2002. v. 3.

GRAF. **Física.** São Paulo: Ática, 2000. v. 3.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** Porto Alegre: Bookman, 2002. 685p.

OSTERMANN, F. **A física na formação de professores para as séries iniciais: um estudo de caso.** 1991. 157p. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. v. 3.

TIPLER, P. A. **Física.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. v. 3.

VIDAL, E. M.; ANDRÉ, A. C. M.; MOURA, F. M. T. Os conceitos físicos na formação de professores de 1ª à 4ª séries no curso de pedagogia da Universidade Estadual do Ceará.

**Caderno Catarinense de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 179-191, ago. 1998.

## **APÊNDICE F - EXPERIMENTOS DE ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL**

### **F.1 Introdução**

Estes cinco experimentos têm por objetivo demonstrar e auxiliar na explicação de alguns fenômenos físicos relacionados à eletricidade e ao eletromagnetismo. São experimentos simples que não requerem materiais difíceis de serem obtidos.

Não temos a intenção de que estes experimentos possam ser trabalhados com alunos das séries iniciais sem uma prévia análise por parte do docente para uma futura transposição didática adequada. Cabe lembrar que estes experimentos, de certa forma, estão relacionados com o texto: Tópicos Introdutórios Sobre Eletricidade e Eletromagnetismo para a Formação de Professores das Séries Iniciais do ensino fundamental (do mesmo autor), e é importante salientar que se encontram disponíveis em muitos livros, manuais e *sites* sobre o assunto; portanto, também não existiu a preocupação com a originalidade em relação aos mesmos.

Acreditamos que uma melhor utilização de tais experimentos possa ser feita se antes o leitor estiver inteirado do texto anteriormente citado. Acreditamos, também, que ele possa ser útil para uma melhor compreensão dos tópicos estudados, e que possam enriquecer seus conhecimentos prévios sobre eletricidade e eletromagnetismo, para que uma aprendizagem realmente significativa seja facilitada.

Gostaríamos de salientar que o conhecimento científico não inicia pela observação; ele está impregnado de conhecimentos anteriores. Sendo assim, cabe lembrar que não podemos pensar que, realizando-se experimentos, é que se descobre algo e se determina uma lei ou uma teoria. Está é uma visão empirista-indutivista; portanto, em cada experimento apresentado, teremos o cuidado de ressaltar que ele serve como um elemento facilitador de aprendizagem

significativa, e que nenhuma lei científica é construída apenas pela observação (OSTERMANN e MOREIRA, 1999).

Outra questão que queremos enfatizar é o fato de que não existe uma seqüência de passos a serem seguidos para que o conhecimento científico seja obtido (o método científico). A Ciência não se constrói através de um processo algorítmico, muito pelo contrário, ela é uma construção humana, e como tal, está sujeita a todas as emoções, erros e acertos que podemos ter. Os procedimentos que apresentamos têm apenas a função de facilitar a execução dos experimentos, e não mostrar um processo sequencial que certamente nos levará a uma descoberta científica.

## **F.2 Experimento 01: Eletrização por Atrito I**

Este experimento talvez seja um dos mais conhecidos sobre eletricidade por parte da maioria das pessoas. Apesar disto, ele serve para uma reflexão sobre a eletrização de um corpo e, também, mostra efeitos reais da força elétrica.

### **F.2.1 O objetivo**

Verificar a eletrização por atrito e, também, observar manifestação da força elétrica em objetos do nosso cotidiano.

### **F.2.2 O Material**

- Uma caneta plástica
- Pedacos de papel (retirados das bordas de folhas de caderno).



**Figura 1:** Material utilizado no experimento 1.

### **F.2.3 O Procedimento**

Neste experimento devemos, primeiramente, aproximar a caneta dos pedaços de papel



e verificar o que ocorre (figura 2). Posteriormente, devemos atritar a caneta com o nosso cabelo ou com o cabelo de algum colega (figura 3). Depois disto, devemos lentamente aproximar a caneta dos pedaços de papel que devem estar previamente dispostos sobre uma superfície seca.



**Figura 2:** Caneta sendo aproximada de pedaços de papel, antes de sofrer atrito.

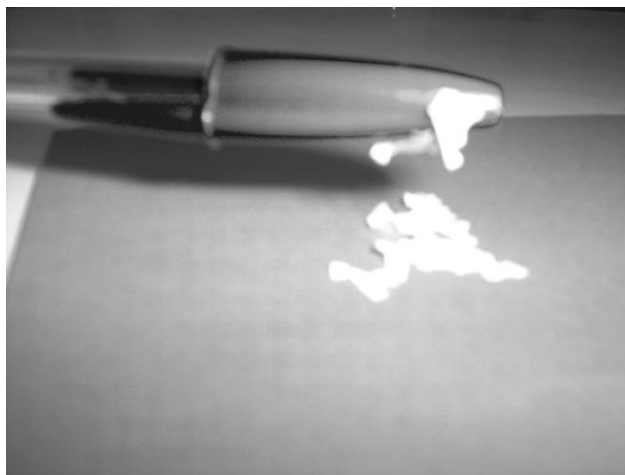


**Figura 3:** Caneta sendo atritada com cabelos.

#### F.2.4 O Que Verificar

Podemos verificar que quando aproximamos a caneta previamente atritada dos pedaços de papel eles são atraídos pela caneta (figura 4), porém, quando aproximamos a caneta sem que esta tenha sido atritada com o cabelo ela não atrai os pedaços de papel. Qual a diferença entre os dois casos?

**Para refletir: o conhecimento científico inicia com conhecimento teórico, e não pela observação livre de pressupostos.**



**Figura 4:** Após ser atritada com cabelos, a caneta atrai os pedaços de papel.

### F.2.5 Preste Atenção

Se o ambiente estiver muito úmido, ou se a pele da pessoa que tiver a caneta atritada em seus cabelos for muito oleosa, a caneta pode não atrair os pedaços de papel, ou seja, pode não ser eletrizada.

## F.3 Experimento 02: Eletrização por Atrito II

Este experimento é muito semelhante ao anterior; porém, neste caso, a manifestação do excesso de cargas elétricas na caneta ocorre em um filete de água de uma torneira.

### F.3.1 O Objetivo

Verificar a eletrização por atrito e, também, observar manifestação da força elétrica em elementos do nosso cotidiano.

### F.3.2 O Material

- Uma caneta plástica
- Uma torneira aberta onde se verifique um fino filete de água.



**Figura 5:** Torneira aberta com um filete de água.

### F.3.3 O Procedimento

Neste experimento devemos, primeiramente, aproximar lentamente a caneta do filete de água sem que esta seja anteriormente atritada com o cabelo de algum colega, ou mesmo, com o nosso cabelo (Figura 6). Depois, a caneta deve ser atritada com o cabelo (figura 7) e novamente, lentamente aproximada do filete de água.



**Figura 6:** Caneta sendo aproximada do filete de água, antes de ser atritada.



**Figura 7:** Caneta sendo atritada com cabelos.

### F.3.4 O que verificar

Na primeira situação em que a caneta não havia sido atritada com o cabelo, poderemos verificar que o escoamento não sofrerá nenhuma alteração. Porém, depois da caneta ter sido atritada com o cabelo, ao ser aproximada novamente do filete de água, poderemos verificar que este sofrerá um pequeno desvio se aproximando da caneta (Figura 8). Você sabe explicar a razão deste desvio?

**Para refletir: o conhecimento científico inicia com conhecimento teórico, e não pela observação livre de pressupostos.**



**Figura 8:** Filete de água sofre um desvio depois que a caneta atritada é aproximada.

#### F.3.5 Preste Atenção

Se o ambiente estiver muito úmido, ou se a pele da pessoa que tiver a caneta atritada em seus cabelos for muito oleosa, a caneta pode não atrair os pedaços de papel, ou seja, pode não ser eletrizada.

### F.4 Experimento 03: Líquidos Condutores e Não Condutores

Este experimento é muito interessante. Sabemos que nos sólidos condutores são os elétrons livres que se movimentam através da estrutura atômica das substâncias. Nos líquidos condutores, são os íons positivos que se movimentam através do líquido. Este experimento mostra o comportamento de substâncias líquidas condutoras e não condutoras, quando submetidas a uma diferença de potencial elétrico.

#### F.4.1 O Objetivo

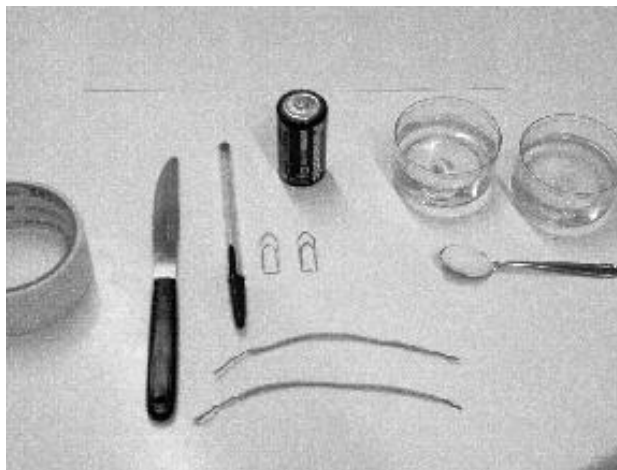
O objetivo deste experimento é verificar quais líquidos são condutores de eletricidade e quais não são. Temos, também, o objetivo de observar uma manifestação visível da corrente elétrica em um líquido.

#### F.4.2 O Material

O material necessário para esta experiência será:

- Dois pedaços de fio finos e encapados com cerca de 10 cm cada.
- Dois cliques metálicos.
- Uma pilha grande nova.
- Dois pequenos recipientes plásticos (copos descartáveis).
- Um pouco de água, suficiente para encher o recipiente.
- Um pouco de óleo, suficiente para encher o recipiente.

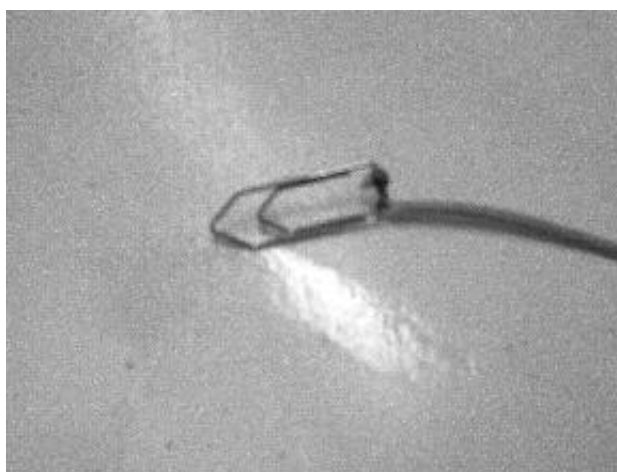
- Um pouco de sal de cozinha.
- Fita adesiva de preferência do tipo “crepe”.
- Uma faca de cozinha.



**Figura 9:** Material utilizado no experimento 3.

#### F.4.3 O Procedimento

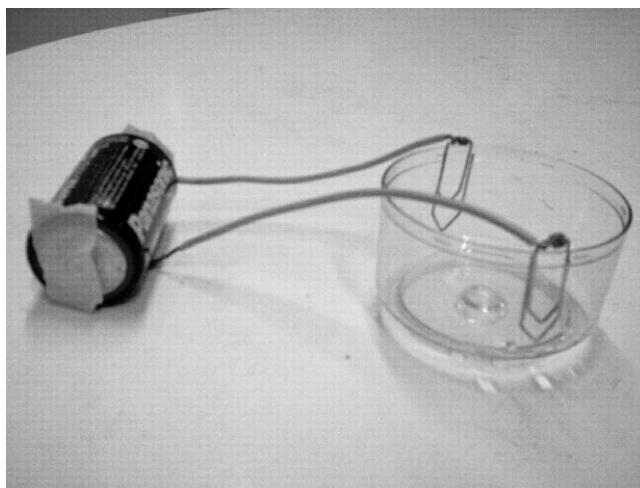
Primeiramente, desencape as extremidades dos fios com a faca, com muito cuidado para que não ocorra nenhum acidente. Em hipótese alguma, no caso deste experimento ser aplicado com crianças, estas devem manusear a faca ou qualquer objeto cortante. Isto é tarefa do professor. Depois disto, enrole uma extremidade de um dos fios em um dos cliques (Figura 10). Faça o mesmo com o outro pedaço de fio. Coloque a extremidade do fio que sobrou em contato com um dos pólos da pilha e prenda-a com um pedaço de fita (Figura 11). Faça o mesmo com a outra extremidade e fixe-a com a fita adesiva no pólo livre da pilha. Fixe, então, os dois cliques no recipiente plástico (Figura 12).



**Figura 10:** Fio enrolado em um clipe.



**Figura 11:** Fio enrolado em um clipe e fixado em um dos pólos da pilha.



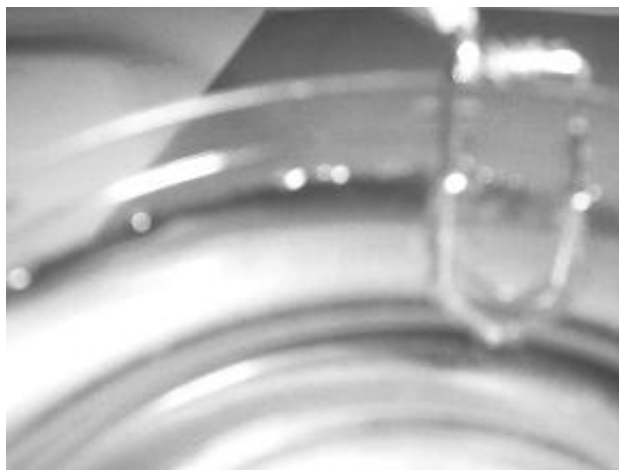
**Figura 12:** Clipes fixados no recipiente plástico.

Encha o recipiente com água e observe. Depois, adicione um pouco de sal à água e observe. Pegue outro recipiente, limpe os clipes e conecte-os da mesma forma anterior. Encha o novo recipiente com óleo e observe o que ocorre.

#### F.4.4 O Que Verificar

Quando o líquido em questão for condutor, você poderá verificar que em um dos clipes se formarão pequenas bolhas (Figura 13). Quando o líquido não for condutor, você verificará que nenhuma bolha se formará ao redor de um clipe (Figura 14). Classifique os líquidos que você utilizou como condutores e não condutores. Você também pode utilizar outros líquidos, mas lembre-se de trocar o recipiente descartável para cada líquido utilizado.

**Para refletir: não existe um método científico que começa com a observação e culmina com a descoberta.**



**Figura 13:** Na substância condutora, bolhas se formam ao redor de um dos cliques.



**Figura 14:** Na substância não condutora, nenhuma bolha se forma ao redor dos cliques.

#### F.4.5 Preste Atenção

Aperte as extremidades dos fios que estão em contato com a pilha para que não exista o perigo de não ocorrer o contato necessário do fio com os pólos da mesma.

### F.5 Experimento 04: A experiência de Oersted

Este experimento demonstra o experimento de Oersted, que contribuiu para o avanço do estudo sobre a relação de fenômenos elétricos e magnéticos. É um experimento simples como os demais, e uma análise reflexiva do seu resultado pode contribuir, significativamente, para a construção de conceitos relacionados a fenômenos eletromagnéticos.

#### F.5.1 Objetivo

Este experimento tem, por objetivo, demonstrar e ilustrar o experimento realizado por Oersted em 1820, bem como contribuir para uma melhor compreensão sobre relações existentes entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos.

### F.5.2 O Material

Para a realização deste experimento o material necessário é:

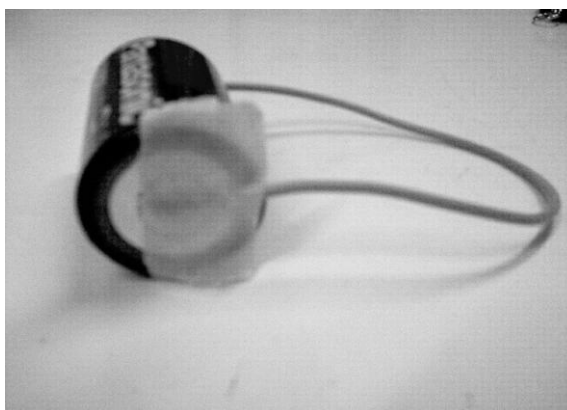
- Uma bússola.
- Um pedaço de fio fino com, aproximadamente, 30 cm de comprimento.
- Uma pilha grande (nova).
- Fita adesiva do tipo “crepe”.
- Uma faca de cozinha (sem ponta).



**Figura 15:** Material utilizado no experimento 4.

### F.5.3 O Procedimento

Primeiramente, desencape as extremidades do fio com auxílio da faca, tomando o cuidado para que não ocorra nenhum acidente. Se você for aplicar este experimento com crianças, jamais os deixe manusear a faca ou qualquer outro objeto cortante. Isto é tarefa do professor. Coloque em contato as extremidades do fio com os pólos da pilha e fixe-as com a fita adesiva (figura 16). É importante você saber que, neste momento, existe uma corrente elétrica no fio condutor, pois você estabeleceu uma diferença de potencial entre as extremidades do mesmo conectando-o à pilha. Você deve então aproximar o esquema montado da agulha da bússola.



**Figura 16:** Fio fixado nos pólos de uma pilha.



#### F.5.4 O Que Verificar

Neste experimento, podemos observar que aproximando o fio condutor conectado à pilha da agulha da bússola, esta sofre um desvio (Figuras 17 e 18). Você saberia explicar o motivo deste desvio sofrido pela agulha imantada da bússola?

**Para refletir: o conhecimento científico é uma construção humana.**



**Figura 17:** Bússola somente sob influência do campo magnético terrestre.



**Figura 18:** Campo magnético criado pela corrente elétrica no condutor gera um desvio na agulha da bússola.

#### F.5.5 Preste Atenção

Aperte as extremidades dos fios que estão em contato com as extremidades da pilha, para que não exista o perigo de não ocorrer o contato necessário do fio com os pólos da mesma.

#### F.6 Experimento 05: O Eletroímã

Neste experimento poderemos verificar manifestações reais sobre as relações entre os

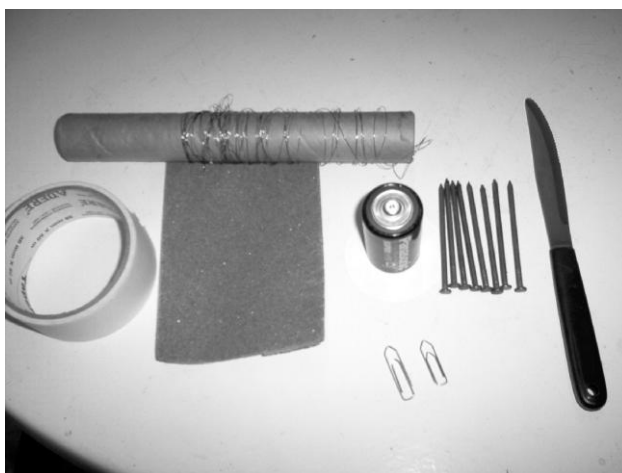
fenômenos elétricos e magnéticos. Ele é um experimento muito interessante pelo seu resultado final, apesar disto não é complicado de ser realizado.

#### F.6.1 O Objetivo

Assim como o experimento anterior, este também tem por objetivo mostrar as relações entre fenômenos elétricos e magnéticos. Outro objetivo presente neste experimento é fazer com que o aluno construa um ímã utilizando somente a corrente elétrica.

#### F.6.2 O Material

- Seis pregos grandes.
- 20 m de fio de cobre envernizado com diâmetro de 0,3 mm.
- Fita adesiva do tipo “crepe”.
- Uma pilha grande nova.
- Alguns cliques metálicos.
- Uma faca de cozinha (sem ponta).
- Um pedaço de “lixa”.

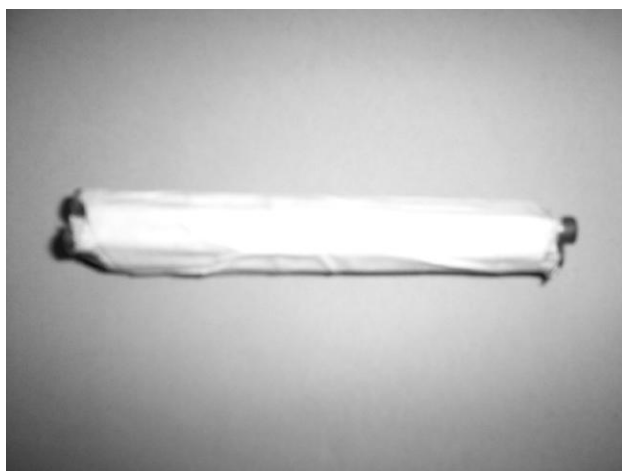


**Figura 19:** Material utilizado no experimento 5.

#### F.6.3 O Procedimento

Em um primeiro momento, você deve unir os seis pregos e enrolá-los com a fita adesiva de modo que estes formem um núcleo (Figura 20). Posteriormente, deve começar a enrolar o fio de cobre ao redor do núcleo de pregos, com o cuidado de formar espiras justapostas, isto é, não cruzar uma volta do fio sobre outra (Figura 21). Depois de enrolado o núcleo, você deve lixar as duas extremidades do fio de cobre, para retirar a camada de verniz existente. Ao fazer isto, ligue

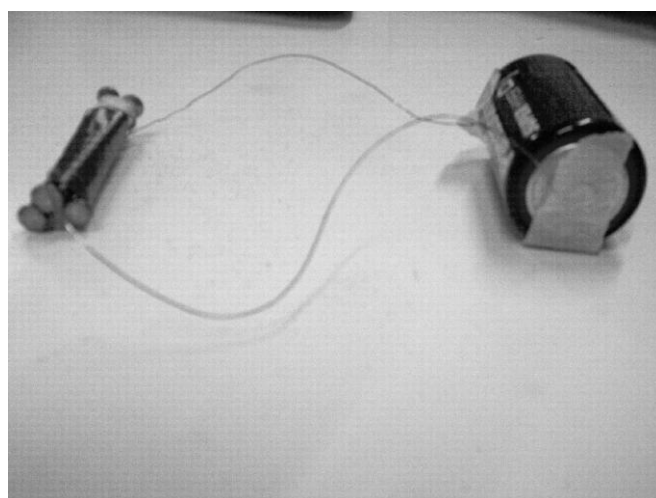
uma extremidade do fio em cada pólo da pilha e fixe-as com pedaços de fita adesiva (Figura 22). Aproxime a parte do núcleo de pregos que não contém a fita de um clipe.



**Figura 20:** Núcleo de pregos envolto pela fita adesiva.



**Figura 21:** Núcleo de pregos enrolados com o fio.

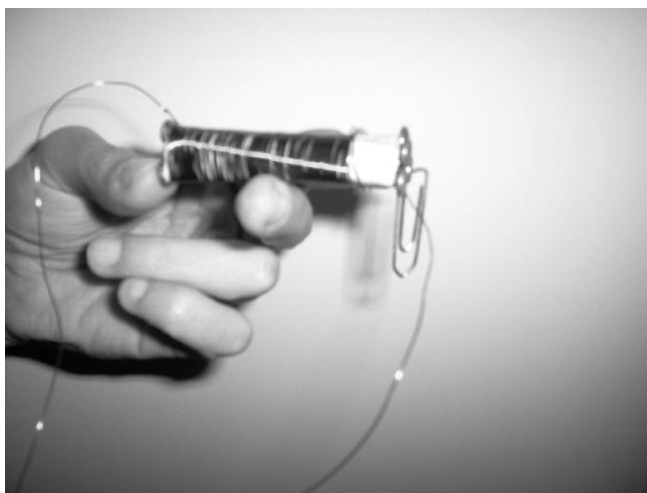


**Figura 22:** Núcleo de pregos fixado à pilha.

#### F.6.4 O Que Verificar

Ao aproximar o núcleo de pregos do clipe, você verá que ele será atraído pelo núcleo como se este fosse um ímã (Figura 23). Você sabe explicar este fato?

**Para refletir: o conhecimento científico inicia com conhecimento teórico, e não pela observação livre de pressupostos.**



**Figura 23:** Clipe sendo atraído pelo núcleo de pregos.

#### F.6.5 Preste Atenção

Aperte as extremidades dos fios que estão em contato com as extremidades da pilha, para que não exista o perigo de não ocorrer o contato necessário do fio com os pólos da mesma.

#### F.7 Conclusão

Este texto tem por objetivo apresentar alguns experimentos simples sobre eletricidade e eletromagnetismo, para facilitar a compreensão de alguns fenômenos relacionados a estes tópicos. Lembramos que este não tem o objetivo de ser auto-explicativo. O docente que tiver a intenção de utilizá-lo precisa conhecer os principais conceitos referentes a estes experimentos. Eles podem ser utilizados como demonstração, ou então, serem apresentados como uma situação-problema proposta pelo professor. Salientamos ainda, que o mesmo pode ser utilizado tanto na formação inicial ou continuada de docentes das séries iniciais, ou ainda, servir de embasamento para uma transposição didática para as séries iniciais.

#### F.8 Referência complementar

AMALDI, U. **Imagens da física:** as idéias e as experiências, do pêndulo aos quarks. São Paulo: Scipione, 1995. 540p.

ÁVILA, A. P.; BERLITZ, A. J.; HEINEMANN, C.; WACKERRITT, H.; BECKER, R.; GRINGS, R. M.; DETSCH, R. J. **Experiências de física para o 1º grau**. São Leopoldo: UNISINOS, 1996. 171p.

CARVALHO, A. M. P. de. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998. 199p.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2003. 328p.

\_\_\_\_\_. **Física eletromagnetismo e física moderna**. São Paulo: Ática, 2002. v. 3.

REF. **Física**. São Paulo: Edusp, 2000. v. 3.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685p.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981. v. 3.

TIPLER, P. A. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. v. 3.

## **APÊNDICE G – QUESTIONÁRIO APLICADO NO INÍCIO DO ANO LETIVO DE 2004**

1. Qual a imagem que você traz da Física de anos anteriores (1º ano e 8ª série)?
2. Em sua opinião, a Física deve ser ensinada da mesma forma no Curso Normal e no ensino médio regular?
3. Você acredita que a Física possa ser inserida no conteúdo de Ciências do ensino fundamental? Justifique sua resposta.
4. Como você acha que deveriam ser as aulas de Física?
5. O que você espera da disciplina de Física neste ano letivo?

## **APÊNDICE H – SITUAÇÃO-PROBLEMA SOBRE A FORMAÇÃO EM FÍSICA DO DOCENTE DAS SÉRIES INICIAIS**

Cristina é uma professora do município de São Leopoldo, situado na região metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Ela é a única professora de uma turma da 3ª série do ensino fundamental em sua escola. Sua turma possui 34 alunos, e a faixa etária destes, está entre 8 e 10 anos. A professora Cristina terminou seu curso de Pedagogia, com ênfase nas séries iniciais, há três anos. Na faculdade, a única disciplina sobre Ciências que ela cursou foi “Metodologia do Ensino de Ciências”, em que o conteúdo era, praticamente, voltado ao estudo de elementos relacionados com a Biologia, tais como: meio ambiente e o corpo humano.

A professora Cristina, também, tem formação em nível médio (Curso Normal) voltada para a docência nas séries iniciais. Em sua formação de nível médio, ela teve uma disciplina de Física no primeiro ano do curso. Porém, a abordagem dada pelo seu professor foi praticamente sobre Cinemática, em que a resolução de problemas possuía grande enfoque. Para Cristina, aquilo tudo era muito complicado e, conseqüentemente muito distante de ser aplicado em aulas nas séries iniciais.

Em sua prática docente, ela utilizava, como referência, livros de Ciências existentes na biblioteca da escola. Com base nestes livros, ela realizava alguns experimentos práticos com seus alunos.

Certo dia, durante uma aula, o aluno Cleber questionou o seguinte:

“Professora, ontem assisti um programa de televisão em que um homem dizia que a corrente elétrica é formada por elétrons. A senhora sabe me explicar isto?” Neste momento, alguns colegas de Cleber também começaram a questionar vários fenômenos de seu cotidiano relacionados à eletricidade.

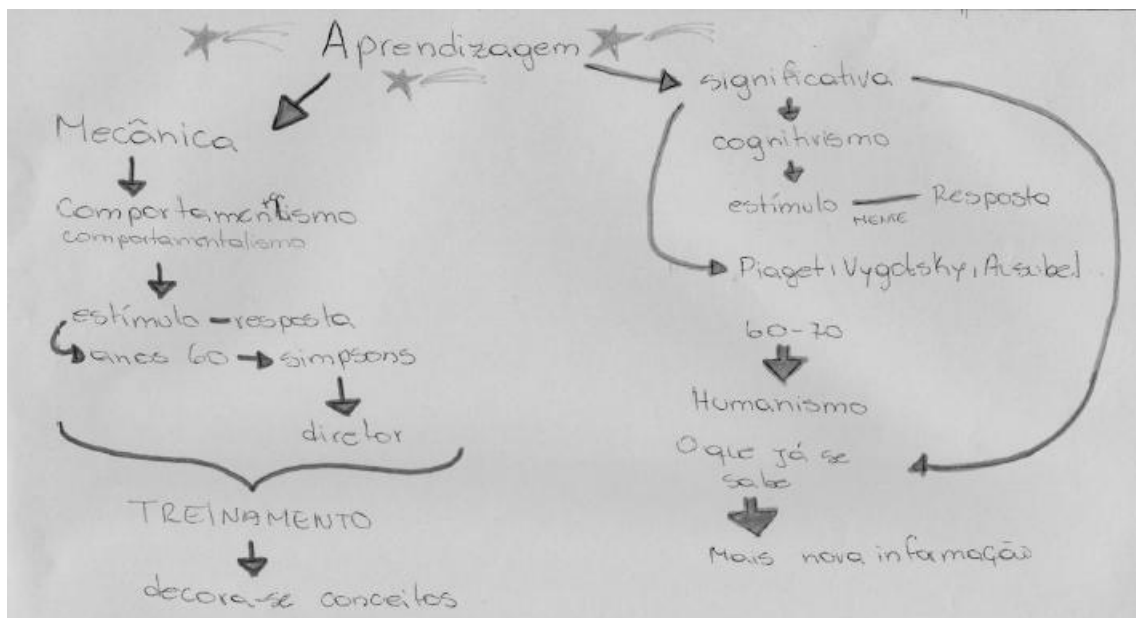
Diante disto, a professora Cristina, em uma situação delicada, resolveu combinar com seus alunos que, na semana seguinte, eles abordariam tal tema realizando alguns experimentos. Refletindo sobre sua formação, a professora lembrou que nunca havia estudado tópicos sobre eletricidade e deveria, então, pesquisar sobre o assunto e sobre como ensiná-lo.



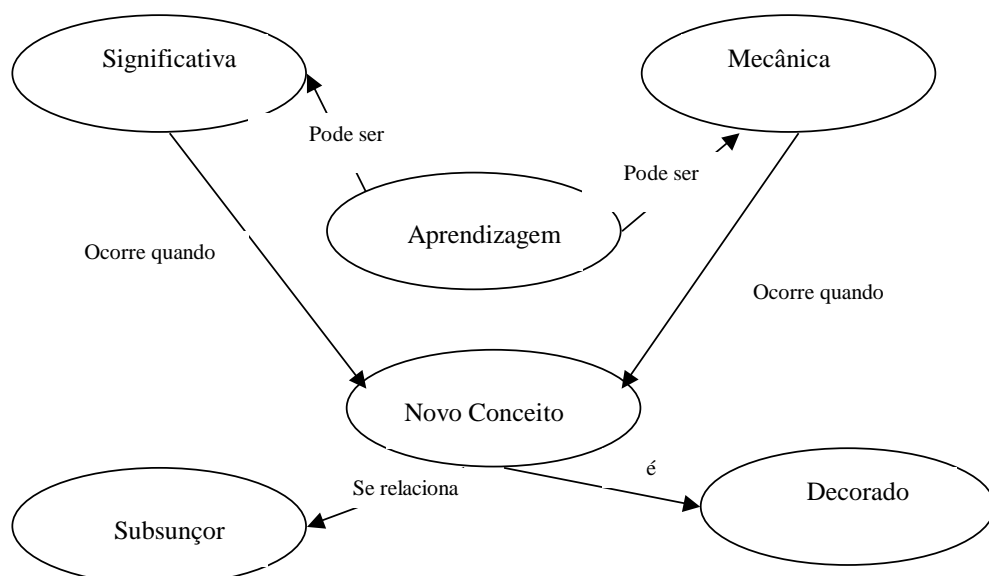
## ANEXO A – MAPAS CONCEITUAIS CONSTRUÍDOS PELOS ALUNOS

### A.1 Mapas Conceituais Sobre Aprendizagem Significativa

#### A.1.1

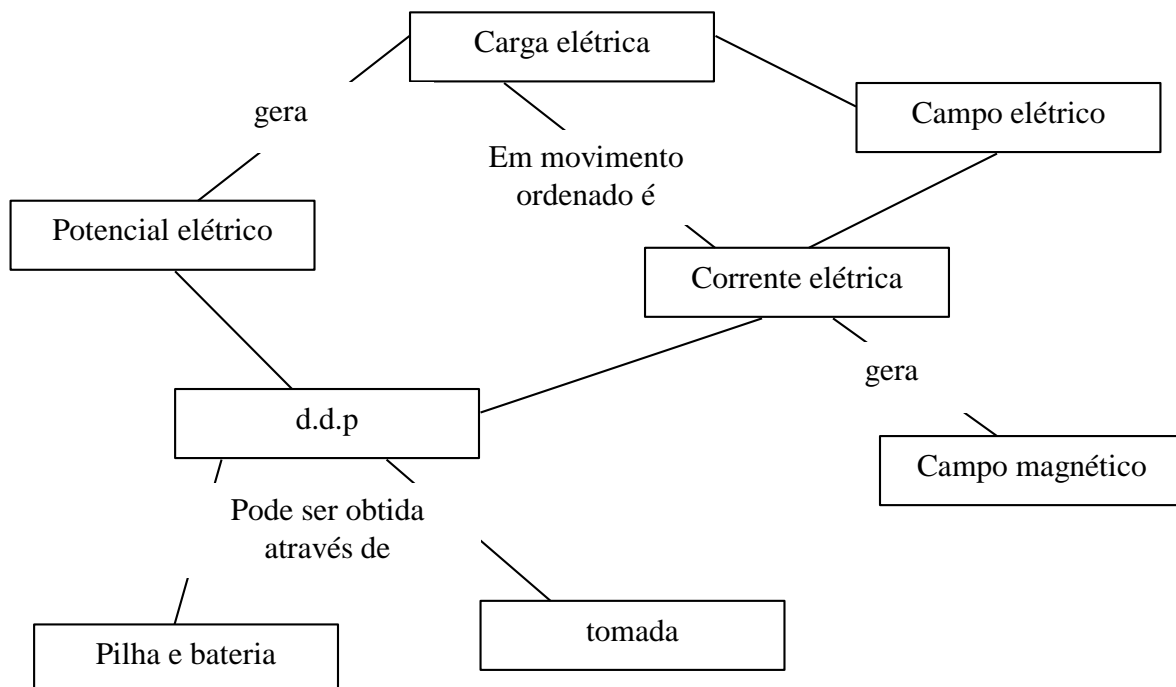


#### A.1.2

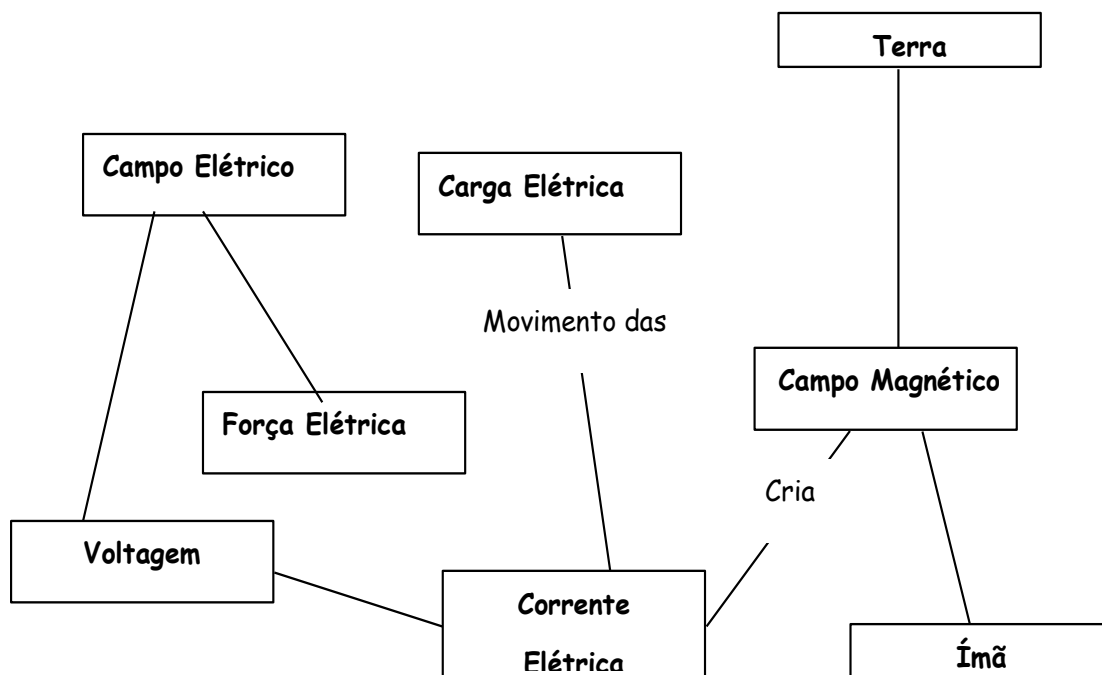


## A.2 Mapas Conceituais Sobre Eletricidade e Eletromagnetismo

### A.2.1

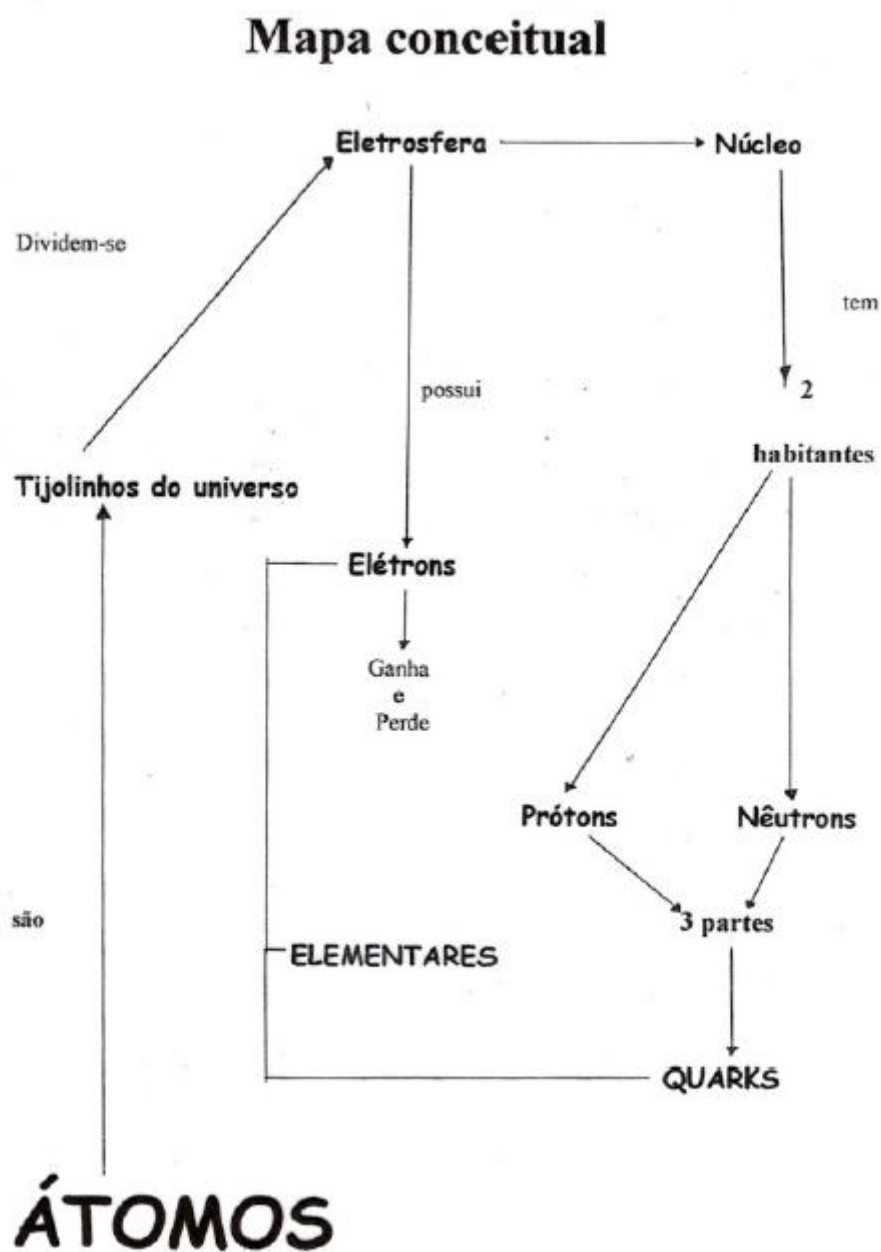


### A.2.2



### A.3 Mapas Conceituais Sobre Modelo Atômico e Partículas Elementares

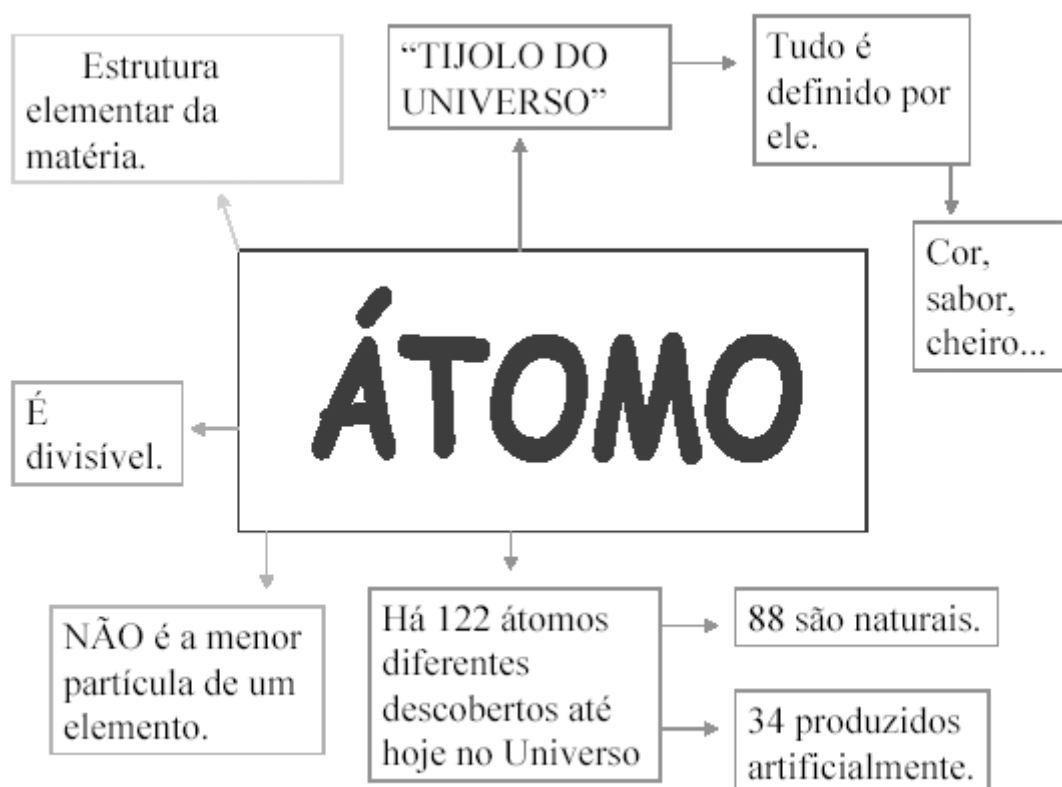
#### A.3.1



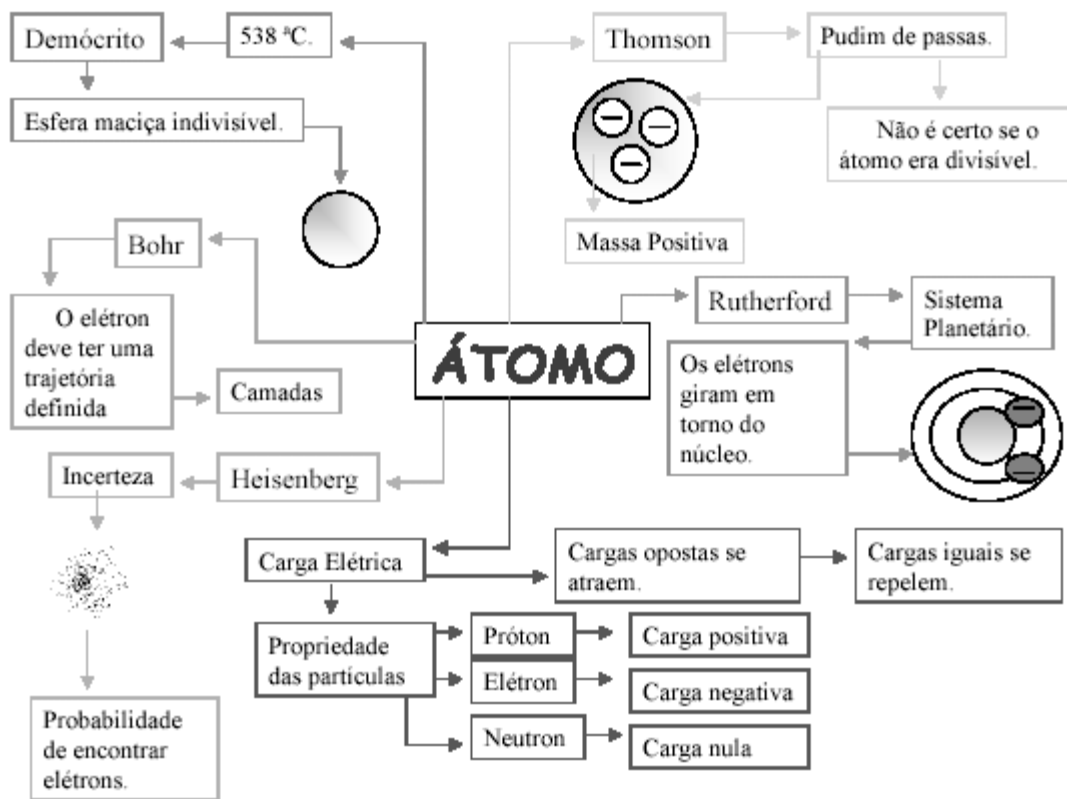
## A.3.2



## A.3.3

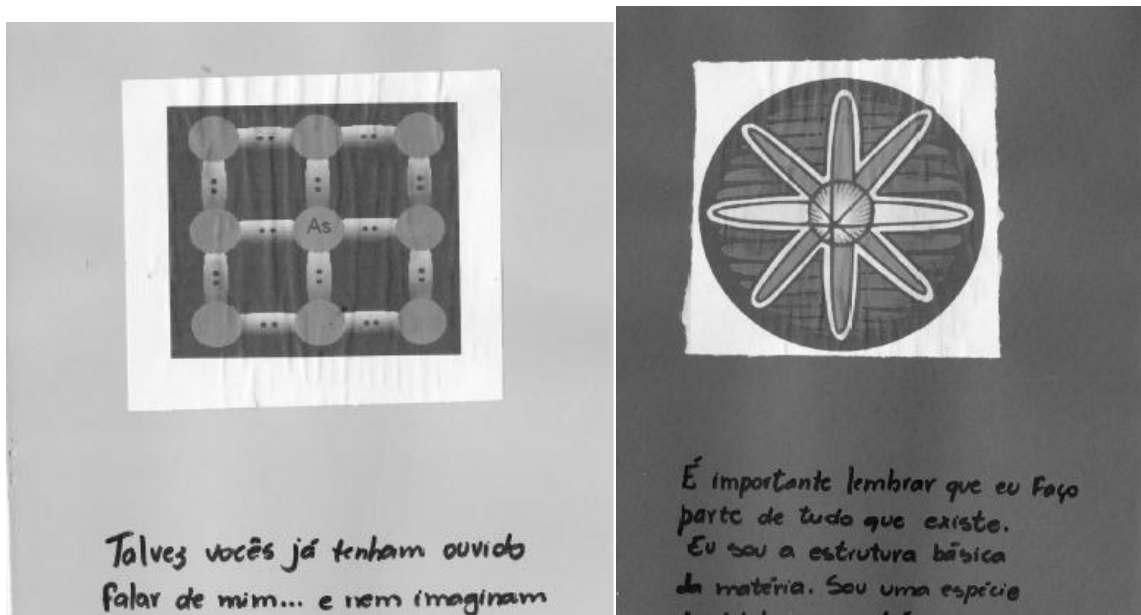
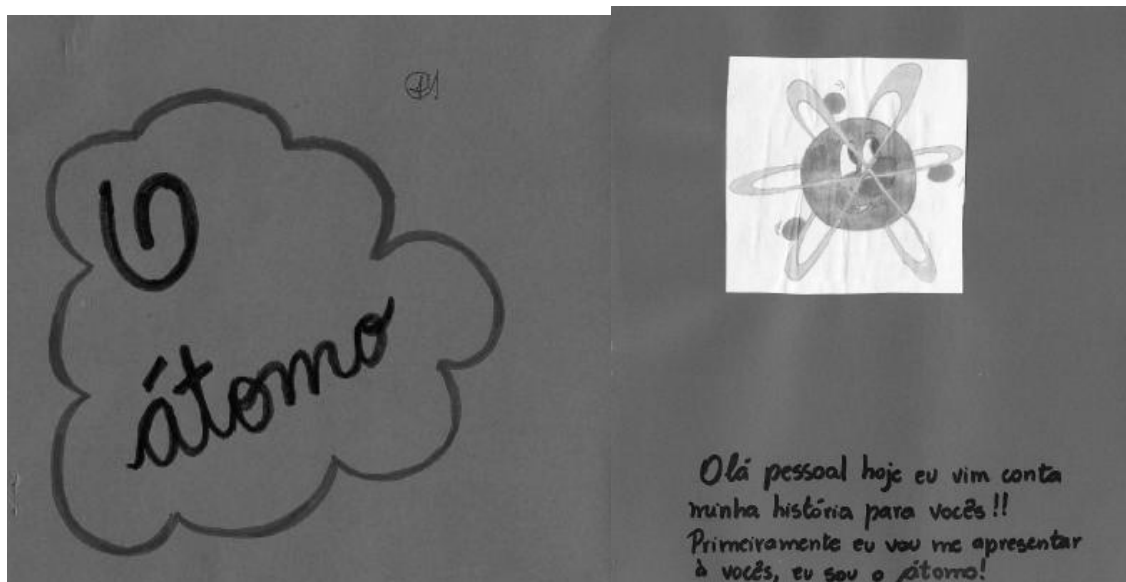


#### A.3.4



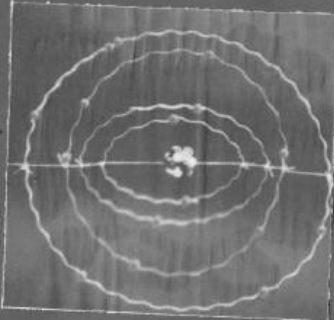
## ANEXO B – HISTÓRIA EM QUADRINHOS SOBRE MODELOS ATÔMICOS E PARTÍCULAS ELEMENTARES

### B.1



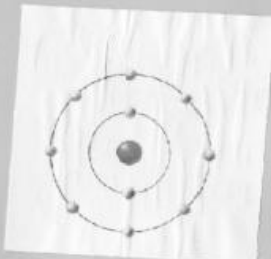
Rutherford descobriu que eu possuía um núcleo, uma região muito pequena,

Ele me desenhou assim...




pareço o sistema solar!!

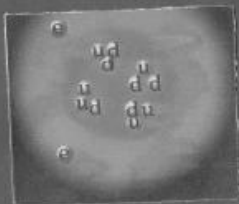
porém positivamente carregada.  
Praticamente tudo da minha massa se concentra no núcleo. Os elétrons possuem carga elétrica negativa e os prótons carga positiva.  
E Bohr baseado no átomo de Rutherford disse que os elétrons ao redor do núcleo passariam a ter uma órbita definida em camadas.



Mas até aí, todos achavam que meu núcleo só teria carga elétrica positiva.  
Chadwick descobriu que havia algo a mais. Uma partícula com carga elétrica neutra; o nêutron.  
Aí temos as 3 partículas que me constituem:  
Nêutron, próton e elétron!




É importante lembrar que os elétrons não são divisíveis, e portanto não são como os prótons e os nêutrons.

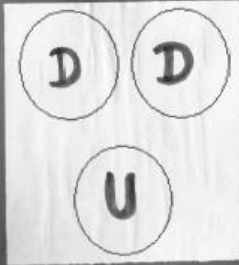


Desta forma, chegaram ao meu desenho atual...

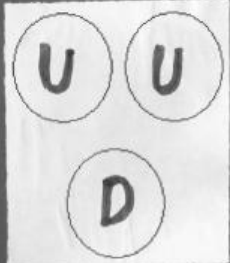




Só que preciso contar uma coisa.  
O próton e o nêutron são formados  
por partículas menores ainda os...  
Quarks!



O nêutron seria formado por 3 quarks (ddu), sendo:  
d= down  
u= up



O próton é formado por 3 quarks (uud):  
u= up  
d= down

*Uia que linda, né?!*

B.2

### ALICIAÇÃO



**Panel 1 (Top Left):** Daughter asks: "Filha, o que você aprendeu hoje?" (Daughter, what did you learn today?). Father replies: "NÃO!" (NO!).

**Panel 2 (Top Right):** Daughter asks: "Ah! por quê? Não é que é um átomo?" (Ah! why? Isn't it that it's an atom?). Father replies: "O átomo tem muitos elétrons, um núcleo, prótons, elétrons, etc. Mas não é isso que eu quero dizer. É muito complicado." (The atom has many electrons, a nucleus, protons, electrons, etc. But that's not what I mean. It's very complicated).

**Panel 3 (Middle Left):** Daughter explains: "No século XIX Thomas Cellus criou esse modelo de átomo com um núcleo de prótons. E ele também se era elétrico, dizia que o sistema 'pulsoava'. Mas isso tudo ficou tudo errado e o sistema ficou errado." (In the 19th century Thomas Cellus created this model of an atom with a nucleus of protons. And it was also electric, he said that the system 'pulsed'. But all this was wrong and the system was wrong).

**Panel 4 (Middle Right):** Father says: "NÃO! FILHA COMO VOCÊ APRENDEU!!" (NO! DAUGHTER HOW DID YOU LEARN!!). Daughter replies: "Obrigada Papai! Mas ainda não acabou. Tem muito mais." (Thank you Dad! But it's not over yet. There's much more).

**Panel 5 (Bottom Left):** Daughter explains: "Mas sabia que esse no pelo não foi aceito. Porque quando o elétron girava, liberava energia e ia acabar saindo do núcleo." (But I knew that this one wasn't accepted. Because when the electron rotated, it released energy and was going to leave the nucleus). Father replies: "Ah! filha, eu não quero que se preocupe." (Ah! daughter, I don't want you to worry).

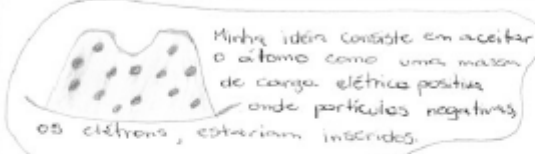
**Panel 6 (Bottom Right):** Daughter explains: "Mas preciso contar pra a mecânica quântica. Decobriu novos conceitos da física e agora vou para criar o quark." (But I need to tell you about quantum mechanics. It discovered new concepts of physics and now I'm going to create the quark). Father replies: "Ah! se é assim..." (Ah! if that's the case...).



## B.3



Thomson em 1897, elaborou um modelo atômico, que ficou conhecido como "Pudim de Passas".



Minha ideia consiste em aceitar o átomo como uma massa de carga elétrica positiva onde partículas negativas, os elétrons, estariam inseridos.



Só que estava faltando alguma coisa no modelo de Thomson. Foi então que...

O Cientista Rutherford, propôs um modelo mais elaborado, pois tinha o átomo neutro, com elétrons, e descobriu o núcleo do átomo que é muito denso e pequeno, lá a massa está mais mais concentrada.



Descobri o núcleo do átomo

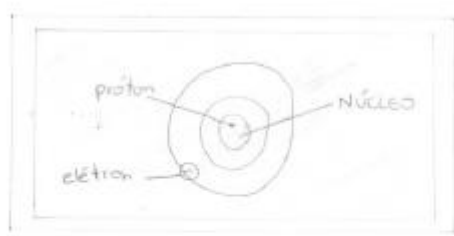


Rutherford com 40 anos descobertas o modelo passou a admitir uma analogia com o sistema solar, assim se comparava o núcleo do átomo como sendo o sol e os elétrons orbitando ao redor do núcleo como se fossem os planetas. Mas não foi aceita pois um elétron orbitando ao redor de um núcleo emitiria energia e acabaria caindo no núcleo.



Dai apareceu um novo Cientista, o nome dele era Niels Bohr

Niels Bohr propôs um modelo atômico onde os elétrons passaram a ter uma órbita definida, com uma energia definida.



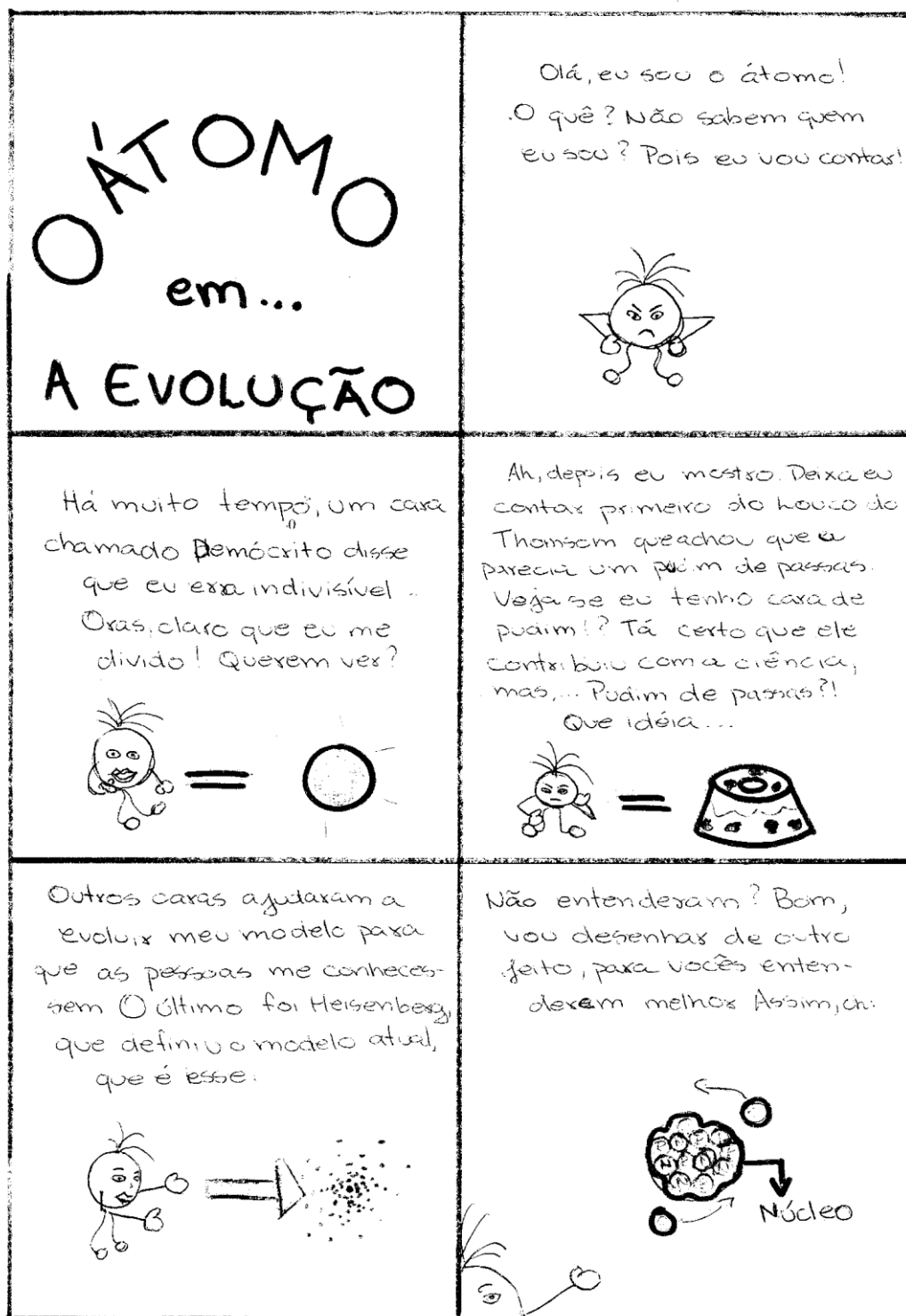
Ah... já ia esquecendo, em 1932, o Cientista Chadwick, admitiu a existência de uma partícula neutra que foi chamada de Neutron

Este é o modelo de um átomo atual



Estei muito de aprender sobre o átomo

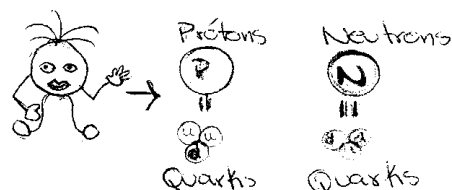
## B.4



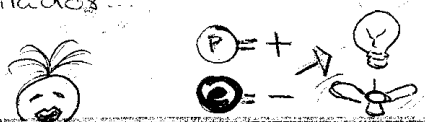
Aquelas partículas do lado de fora são os elétrons. Esses sim não se dividem. Ficam girando ao redor do meu núcleo o tempo todo!



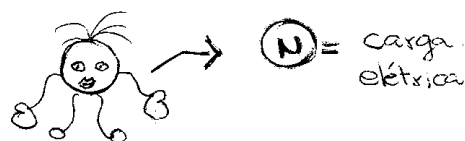
No núcleo é onde estão os prótons e os nêutrons. Esses ainda são compostos por 3 quarks cada um, sendo que são dos tipos diferentes.



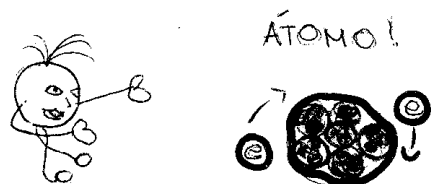
Os prótons e elétrons têm uma propriedade: a carga elétrica. Nos prótons, ela é positiva (+) e nos elétrons é negativa (-). Essa propriedade é o que faz as coisas funcionarem. Ex... lâmpada, ventiladores...



Ah, estava esquecendo do nêutron! Ele não tem carga elétrica!



Vejam, agora: eu realmente sou divisível! (E não sou nenhum pudim)



Ao menos até agora! Ou até que criem outra teoria...



## ANEXO C – RELATÓRIOS DA PESQUISA SOBRE A VISÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA EM LIVROS DE CIÊNCIAS DAS SÉRIES INICIAIS

### C.1

#### O Método Científico

No primeiro livro que pesquisamos encontramos a seguinte afirmação:

*“Sei que gosta de estudar Ciências **observando, pesquisando, experimentando, resolvendo problemas, tirando suas próprias conclusões**”.*

O conhecimento científico não é obtido apenas com a observação. Devemos conhecer o que vamos observar. A teoria do assunto vem antes.

#### **Livro: Ciências para Pequenos e Grandes. Vol. 3.**

No segundo livro encontramos o seguinte:

*“Os experimentos deverão ser realizados em grupos e exigem:*

- *discussão do título;*
- *registro das hipóteses levantadas;*
- *Interpretações dos recursos utilizados nos experimentos;*
- *Execução de tarefas;*
- *Observação e atenção às ações e aos resultados obtidos. É bom comparar os resultados com as hipóteses levantadas. A conclusão deve ser registrada. A participação de um adulto é necessária em todos estes experimentos.”*

O livro fala que a conclusão deve ser feita a partir das observações. Dá uma seqüência para que se proceda o experimento. Isto é uma visão do Método Científico.

**Livro: Ciências Naturais Numa Visão Sociointeracionista. 2ª série.**

## C.2

Método Científico

★ Livro: “O Método Científico e suas aplicações”.

1. Procedimento racional
2. Procedimento experimental
3. Técnicas de observação
4. Técnicas de raciocínio
5. Análise e síntese

⇒ *Discordamos, pois o primeiro passa a se dar é o conhecer o assunto. Não podemos observar algo sem antes conhecer, ou saber algo sobre o assunto.*

★ Livro: “Unidade I / Conhecendo a Diversidade de Vida na Terra”

1. Observação de um fato
2. Formulação de um problema
3. Formulação de uma hipótese
4. Realização de experiências
5. Conclusão

⇒ *Não concordamos porque, primeiramente, temos que conhecer, dominar o assunto para que aí sim, possamos observar, entender e tirar conclusões sobre o mesmo. É preciso saber sobre o que trata o assunto para depois poder criticá-lo e interpretá-lo da melhor maneira que achamos.*