

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA NORMAL SUPERIOR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E
ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS NA
AMAZÔNIA**

**HISTÓRIA DA FÍSICA ALIADA ÀS TECNOLOGIAS DE
INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO:**

**Organizador Prévio como uma Estratégia Facilitadora da
Aprendizagem Significativa de Física na Educação Básica**

Ana Paula Sá Menezes

Manaus, AM

2009

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA NORMAL SUPERIOR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E
ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS NA
AMAZÔNIA

Ana Paula Sá Menezes

**HISTÓRIA DA FÍSICA ALIADA ÀS TECNOLOGIAS DE
INFORMAÇÃO E DE COMUNICAÇÃO:**

**Organizador Prévio como uma Estratégia Facilitadora da
Aprendizagem Significativa de Física na Educação Básica**

Dissertação apresentada para obtenção do título de **Mestre em Ensino de Ciências** no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências, Universidade do Estado do Amazonas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Josefina Barrera Kalhil.

Manaus - AM, 2009

Ana Paula Sá Menezes

HISTÓRIA DA FÍSICA ALIADA ÀS TIC:

**Organizador Prévio como uma Estratégia
Facilitadora da Aprendizagem Significativa de
Física na Educação Básica**

Manaus, 03 de Junho de 2009.

Banca Examinadora:

Dedicatória:

Aos meus queridos filhos,

Fátiana e Rafael.

Ao meu marido,

Francisco,

Por todo o apoio recebido.

Agradecimentos:

À minha querida orientadora, Prof^a. Dr^a. Josefina Barrera Kalhil, pela paciência, amizade, por acreditar em mim, pela correção nos momentos necessários, pela orientação decidida e segura para a concretização desse trabalho.

Ao meu orientador na Especialização, Prof. Dr. Nilomar Vieira de Oliveira (UFAM), por me fazer confiar que eu poderia sonhar com o Mestrado e muito mais, bastava eu acreditar .

Aos Professores Suzana Coelho (PUC-RS), Ana Frazão Teixeira, Auxiliadora Ruiz, Elizabeth Santos, Evandro Ghedin, M^a Clara Silva-Forsberg, Fachin Terán, Jerecê Barbosa, Yuri Expósito, José Anglada, Ricardo Serudo, M^a de Fátima Bigi, Ronaldo Nagen, Manuel do Carmo e demais professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, pelo apoio, carinho e ensinamento durante todo o curso do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia da UEA.

Aos colegas e amigos que fiz durante o Curso, pela cumplicidade, companheirismo, amizade, auxílio durante o processo e incentivo em tantas horas longe da família para que pudéssemos ter um melhor desempenho acadêmico.

A Karen e a Jesus, da Secretaria do Mestrado, que sempre estavam dispostas a nos ajudar.

À Fapeam e à Capes pelo financiamento de minha pesquisa.

À minha família, especialmente meu marido e meus dois filhos, razões de minha existência, pelo apoio e pela compreensão em tantas horas de minha ausência... sem o amor de vocês eu jamais teria conseguido superar tantos obstáculos!

Enfim, a todos os meus professores e outras pessoas que contribuíram para a realização desse sonho.

*“A Física é muito mais do que a mera resolução de equações
e interpretação de dados.*

*Até arrisco dizer que existe poesia na Física, que a Física é
uma expressão profundamente humana da nossa reverência
à beleza da Natureza.*

*A Física é, também, um processo de autodescoberta,
de ‘pró-cura’, que acontece quando tentamos transcender as
limitações da vida diária através da contemplação de
questões de natureza mais profunda.”*

Marcelo Gleiser (2006)

Resuma

RESUMO

Essa pesquisa de Dissertação de Mestrado tem como objetivo elaborar uma estratégia facilitadora no processo ensino-aprendizagem, através da utilização da História da Física e das Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC), proporcionando uma metodologia que leve a despertar o interesse dos estudantes no Ensino de Física. Para tal, foram consideradas as principais dificuldades apontadas por diversos autores para o elevado grau de repetência na componente curricular de Física, a importância de conhecermos a História das Ciências, especialmente a da Física, a utilização das TIC na educação, a realidade escolar no Amazonas, a abordagem da História da Física nos Livros Didáticos e a utilização de organizadores prévios para uma aprendizagem significativa em Física. A nossa resposta a essa problemática foi apresentar um estudo referente à utilização da História da Física e o uso das TIC no Ensino de Física, oferecendo uma estratégia facilitadora no processo ensino-aprendizagem, através de uma metodologia que leve a despertar o interesse dos estudantes. Essa metodologia está centrada no uso de organizadores prévios: vídeos de curta duração de História da Física. A pesquisa é qualitativa, caracterizando-se por ser do tipo Pesquisa Ação. Os instrumentos utilizados na pesquisa para a coleta de dados foram o questionário (enquete com professores nas escolas) e entrevista (*experts*). Enfim, a importância e relevância da pesquisa está no fato de trazer um novo olhar sobre o Ensino de Física, um olhar pautado na aprendizagem significativa de seus conteúdos, tendo como convite a História da Física e utilizando-se da combinação do som e da imagem com os recursos das TIC, um tripé vantajoso para o Ensino da Física. O resultado da pesquisa foi a construção de um *site* para o Ensino de Física, no qual, além dos vídeos de curta duração, contém as seguintes ferramentas: biografias de grandes cientistas, banco de questões, simuladores virtuais de fenômenos físicos e sugestões de experimentos com sucata.

PALAVRAS-CHAVE: História da Física; Organizador prévio; Tecnologia de Informação e de Comunicação; Aprendizagem Significativa; Processo Ensino-Aprendizagem de Física.

ABSTRACT

That research of Dissertation Master's degree has as objective elaborates a facilitative strategy in the process teaching-learning, through the use of the Physics History and of the Information and of Communication Technologies (ICT), providing a methodology that light to wake up the students' interest in Physics Teaching. For such, the main pointed difficulties were considered by several authors for the high repetition degree in the component curricular of Physics, the importance of we know the History of the Sciences, especially the one of the Physics, the use of ICT in the education, the school reality in Amazonas, the approach of the Physics History in the text books and the previous organizers' use for a significant learning in Physics. Our answer the that problem was to present a study regarding the use of the Physics History and the use of ICT in Physics Teaching, offering a facilitative strategy in the process teaching-learning, through a methodology that light to wake up the students' interest. That methodology is centered in the previous organizers' use: videos of short duration of History of the Physics. The research is qualiquantitative, being characterized by being of the type Researches Action. The instruments used in the research for the collection of data they were the questionnaire (survey with teachers in the schools) and glimpses (experts). Finally, the importance and relevance of the research is in the fact of bringing a new one to look on Physics Teaching, a ruled glance in the significant learning of your contents, tends as invitation the Physics History and being used of the combination of the sound and of the image with the resources of ICT, an advantageous tripod for the Physics Teaching. The result of the research was the construction of a site for Physics Teaching, in which, besides the videos of short duration, it contains the following tools: great cientists' biographies, bank of subjects, virtual simulators of physical phenomena and suggestions of experiments with scrap.

KEY WORD: History of the Physics; Previous organizer; Information and of Communication Technology; Significant learning; Process Teaching - learning of Physics.

Listas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Presença ou não de subsunções adequados na estrutura cognitiva (adaptado de NOVAK, 1981, p.57)	0 52
Figura 2: Mapas dos Postos atendidos pelo Projeto EAD/CMM no Brasil e no mundo (SILVA, 2008)	0 71
Figura 3: Gráfico da Taxa de Aprovação Prova Brasil, IDEB (5ª A 8ª séries) por Escolas Estaduais do Município de Manaus/AM – Ano 2005 (MENEZES, 2009)	0 87
Figura 4: Gráfico da Taxa de Aprovação Prova Brasil, IDEB (5ª A 8ª séries) por Escolas Estaduais do Município de Manaus/AM – Ano 2007 (MENEZES, 2009)	0 87
Figura 5: Página Inicial do <i>site</i> de Física (MENEZES, 2009)	106
Figura 6: <i>Interface</i> de Vídeos de Curta Duração de História da Física (MENEZES, 2009)	117
Figura 7: <i>Interface</i> do Banco de Questões de Vestibulares (MENEZES, 2009)	119
Figura 8: <i>Interface</i> das Biografias dos Físicos Famosos (MENEZES, 2009)	121
Figura 9: <i>Interface</i> dos Simuladores da PhET (MENEZES, 2009)	123
Figura 10: <i>Interface</i> dos Experimentos com material alternativo (MENEZES, 2009)	124
Figura 11: <i>Interface</i> dos Artigos Científicos (MENEZES, 2009)	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da Pesquisa em Psicologia Experimental da FGV/1980 (adaptado de CANABRAVA e VIEIRA, 2006, p. 121)	063
Tabela 2: Resultado da Pesquisa realizada por Secondy -Vacuum Oil Co. Studies de 1971 (adaptado de CANABRAVA e VIEIRA, 2006, p. 122)	064
Tabela 3: Taxa de Aprovação da Região Norte (Prova Brasil) do Ensino Fundamental Regular (Séries Iniciais – até a 4ª série) e IDEB (2005 e 2007)	085
Tabela 4: Taxa de Aprovação da Região Norte – Notas SAEB (2005 e 2007) e Notas Prova Brasil (4ª e 8ª séries)	086
Tabela 5: Tabulação das Respostas ao Questionário	138

LISTA DE SIGLAS

ANEB – Avaliação Nacional da Educação Básica

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

CMM – Colégio Militar de Manaus

DEP – Departamento de Ensino Preparatório

EAD – Ensino a Distância

IDEB – Índice de Desenvolvimento em Educação Básica

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PhET – Physics Education Technology (Universidade do Colorado – EUA)

PPGEEC – Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências

PSC – Processo Seletivo Contínuo (UFAM)

PSM – Processo Seletivo Macro (UFAM)

SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica

SEAD – Seção de Ensino a Distância do CMM

SEDUC – Secretaria de Estado da Educação e Qualidade de Ensino do Amazonas

TIC – Tecnologia de Informação e de Comunicação

UEA – Universidade do Estado do Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

UFPA – Universidade Federal do Pará

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNESP – Universidade do Estado de São Paulo

Sumário

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E FILOSÓFICOS	36
1.1. A Aprendizagem Significativa e História da Física	48
1.1.1. Organizador Prévio	56
1.2. Tecnologias de Informação e de Comunicação – as TIC	61
1.2.1. A Proposta	77
2. O CAMINHO DA PESQUISA NA REALIDADE DO AMAZONAS	83
2.1. Estudo Exploratório	83
2.1.1. A Realidade Escolar no Amazonas	83
2.1.2. Relato de Experiência na Escola Particular	88
2.2. A Análise dos Livros Didáticos	93
2.2.1. Descrição das Amostras	122
2.3. Descrição da Proposta	102
2.3.1. Abordagem Metodológica	102
2.3.2. Coleta de Dados	122
2.3.3. A Construção do <i>Site</i>	122
2.3.3.1. A Elaboração dos Vídeos	122
2.3.3.2. A Elaboração do Banco de Questões	122
2.3.3.3. A Elaboração das Biografias	122
2.3.3.4. A Escolha dos Simuladores	122

2.3.3.5. Os Experimentos com Material Alternativo	122
2.3.3.6. Os Artigos – Referencial Teórico	122
2.3.4. A Consulta aos <i>Experts</i>	133
3. O CAMINHO PARA OS RESULTADOS	134
3.1. A Enquete	134
3.2. Resultados da Enquete	140
3.3. Considerações Finais	139
REFERÊNCIAS	173
APÊNDICE	173
Apêndice A – O Questionário - Enquete	134
Apêndice B – O Questionário - Entrevista	140
Apêndice C – Texto dos Vídeos de Curta Duração	164

Introdução

INTRODUÇÃO

A reclamação dos estudantes de que as aulas de Física são monótonas, entediantes, desmotivadoras e cansativas é antiga. Quem é professor já está até acostumado à velha pergunta: “onde vou usar *isto* em minha vida?” Ficamos muitas vezes sem respostas. Não podemos responder apenas “que é para passar no vestibular” e, infelizmente, muitos de nós, sinceramente, não sabe a resposta a esta famosa pergunta. O Ensino de Física, segundo Ricardo e Freire (2007), carece de uma legitimidade cultural, por isso o professor sempre está a justificar por que e para que o educando deve aprender os conteúdos propostos.

A Física, como Ciência da natureza, é um sistema de pensamento lógico em pleno desenvolvimento. *Lógico* por ser um pensamento necessariamente dedutivo, baseado em conceitos hipotéticos e axiomas. Sendo alicerçada nesses últimos, como confirmá-la? Estando ainda em desenvolvimento, não se pode dizê-la pronta e acabada. Apesar de poder ser obtida através da *livre invenção*, segundo Einstein (2006), sua legitimidade reside na confirmação, pela experiência sensível¹, das afirmações deduzidas. Mas, apesar disso, a Física explicada nas escolas não pode ser vista apenas por este ângulo: não estamos formando físicos! Por isso, após conhecermos a Teoria da Aprendizagem Significativa de

1 Experiência Sensível é um tipo especial de experiência mental existente e reconhecível (EINSTEIN, 2006)

Ausubel, especialmente no que diz respeito aos **Organizadores Prévios**, resolvemos responder ao problema de tornar os estudantes mais suscetíveis ao estudo dessa Ciência, apresentando-a de uma maneira mais significativa, iniciando por perguntar aos discentes o que eles sabem sobre determinado fenômeno e como eles acham que se chegou àquela descoberta.

Ricardo e Freire (2007) defendem uma prática educacional coerente. Eles fizeram uma pesquisa de opinião aberta com noventa estudantes do Ensino Médio, de ambos os sexos, de escolas públicas do Distrito Federal, sobre o ensino de Física e o resultado foi que 45,5% responderam que até gostam de estudar Física, mas apenas porque envolve cálculo, o que justifica o fato de apenas 35,5% dos entrevistados declararem haver diferença entre as duas disciplinas (Física e Matemática). Isso se dá, talvez, pelo fato dos livros didáticos em Física continuarem trazendo exercícios presos à aplicação de fórmulas. Outra razão para a não diferenciação entre estas duas disciplinas pode ser a falta de discussão epistemológica e histórica acerca das teorias físicas na formação inicial dos professores. Aproximadamente 68% afirmaram que há relação entre a Física escolar, o cotidiano e as tecnologias e 79% consideram importante estudar Física, embora continuem achando as aulas monótonas e sintam a necessidade de revisar sempre os conteúdos. A pesquisa alcançou seus objetivos e nos dá um alarme: os estudantes reprovam a *práxis* usada no ensino de Física.

Como Professora de Ciências e de Física nos últimos dez anos, o que tenho observado é a dificuldade do docente em sala de aula em como fazer suas aulas mais cativantes e interessantes para seus estudantes. Participamos de Congressos, Seminários, Encontros, lemos livros relacionados ao processo ensino-aprendizagem, na esperança de encontrarmos solução para esse problema que tanto nos aflige.

A minha *práxis* pedagógica sempre foi pautada na *ação-reflexão-ação-reflexão sobre a ação*. E essa experiência, não só como professora, mas também como aluna, leva-me a entender que o processo ensino-aprendizagem de Física baseado em *transmitir conteúdos*, associado à resolução de exercícios para memorização de fórmulas ou mesmo introduzindo músicas voltadas para o Vestibular (fixação de conceitos), podem até melhorar o rendimento de uma turma, mas, não me mostram o que quero ver em meus alunos: o olhar de quem aceita o desafio intelectual de querer aprender, de querer conhecer. Podemos tentar de tudo um pouco, mas esse ensino tradicional, estabelecido em nossas escolas, voltado apenas para aprovação no *Vestibular*, não resolve o problema do desinteresse e do tédio que os estudantes manifestam em sala de aula.

Sabemos que a nossa formação, como docente, é muito deficitária, tanto no que diz respeito aos conteúdos como em metodologia e didática. Em muitas conversas informais na sala dos professores, nos intervalos entre as aulas, escutava de meus colegas professores algumas questões

relacionadas à rebeldia juvenil e à desmotivação dos estudantes. Comecei a observar que eu não tinha muitos daqueles problemas de indisciplina que eles vivenciavam. Aquino (2002) chama nossa atenção ao dizer que o incômodo causado pela rebeldia juvenil nos faz pensar. Concordo com esse autor. Passei a observar mais o comportamento de minhas turmas.

A partir da observação, formulei algumas hipóteses, dentre as quais a de que não há estudantes indisciplinados sem motivo. Quando o estudante não está entendendo o que o professor explica, ele se desmotiva e começa a fazer algo que ele goste e se sinta valorizado. Como isso ocorre com certo percentual da turma, a desordem se generaliza. Nesse ponto, Aquino (2002) ratifica nossa hipótese ao afirmar que:

[...] Penso que os educadores perdem muito de seu tempo tentando disciplinar moralmente o alunado, quando deveriam abordar temas e conteúdos de natureza pedagógica. O conhecimento é o ingrediente escolar por excelência e, se realizado com afinco e competência, ele por si só organiza a conduta das crianças e dos jovens. [...] Indisciplina significa energia não trabalhada, desperdiçada, sem alvo definido. (AQUINO, 2002, p. 60)

Muitas escolas em nosso estado, o Amazonas, possuem Laboratórios de Informática bem equipados, mas que não são utilizados por falta de um técnico ou mesmo de um professor que use essa ferramenta em suas aulas. Muitos professores desculpam-se dizendo que quem deveria usar esses laboratórios seriam os professores de Física, pois Física e Tecnologia são áreas afins. Então, por que não usar as TIC para

ensinar o que o professor muitas vezes não sabe? Ao se propor esse desafio, estar-se-ia proporcionando a esse professor aquele velho sentimento de voltar a ser aluno outra vez, com dúvidas, anseios, medo de errar, de ser ridicularizado pelo restante dos colegas, mas também com aquela indizível vontade de aprender, aquele sabor que só quem tem sede de *conhecimento*, reconhece. O ganho nessa experiência será maior se ainda, nas palavras de Silva e Silva (2008, p.106), "o educador, ao vivenciar a experiência de utilizar o computador, poderá compreender como esta ferramenta atua no processo de aprendizagem".

O mais prazeroso nessa interação professor-aluno é que um aprende com o outro, pois há uma contínua troca de informações. O professor passa a falar a linguagem do aluno no que diz respeito ao mundo motivante e exuberante em que eles atualmente vivem – o mundo do PS3, do celular 3G, da TV interativa -, que muitas vezes nunca foi vivenciado pelo mesmo. O professor acaba atraindo esse aluno para sua aula de uma forma cativante, sem imposições. Não estamos querendo dizer com isso que em todas as aulas será necessário o uso das TIC, embora a aula se torne muito fascinante devido à troca de experiências e a interatividade. Esta interatividade ocorre porque o estudante pode participar mais ativamente no processo, inclusive criando; a troca de experiência ocorre porque, muitas vezes, o aluno sabe lidar com o computador melhor do que o próprio professor.

Mas os problemas nas aulas de Física não se resumem apenas à falta do uso das TIC. São muito mais complexos. A busca por culpados pelo fracasso escolar na componente curricular de Física no Ensino Médio é antiga e as explicações, as mais variadas possíveis:

- ☞ O papel dos cientistas é totalmente esquecido pelos professores;
- ☞ Os professores não utilizam a História das Ciências em suas aulas de uma maneira cativante e que motivem os estudantes a quererem conhecer mais sobre essa Ciência, a Física;
- ☞ Os estudantes se justificam dizendo que têm dificuldade por falta de uma significação e validade do Ensino de Física em seu cotidiano (Princípio Utilitarista da Ciência);
- ☞ Os professores não conseguem relacionar conteúdos específicos com eventos da vida cotidiana, fato talvez oriundo da má formação acadêmica desses docentes (LÔBO e MORADILLO, 2003);
- ☞ O Ensino de Física resume-se a uma aprendizagem mecânica das fórmulas sem um *continuum*², ou seja, consiste em repassar conteúdos, sem focar conceitos, apenas fórmulas, o que

² Na verdade, Ausubel (1980) não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*, isto é, para se chegar à aprendizagem significativa, necessita-se iniciar com a aprendizagem mecânica.

podem gerar concepções alternativas equivocadas nos estudantes, como muitas pesquisas³ no Ensino de Física apontam;

✎ Os conteúdos da componente curricular de Física não são contextualizados adequadamente, tornando -se difíceis.

Às dificuldades citadas acima, convém adicionarmos o que Moreira *et al* (2007) chama de *constructos pessoais*, isto é, as concepções alternativas de natureza pré-científica, que os estudantes trazem para a sala de aula. Conhecimentos esses diferentes dos científicos, adquiridos através de suas experiências do cotidiano e que resistem ao conhecimento formal que é produzido na escola e que constitui um obstáculo epistemológico no processo ensino-aprendizagem. O autor enfatiza que essas concepções chegam muitas vezes com o estudante na própria graduação, o que não é adequado, visto que o mesmo teve três anos de Ensino Médio mais especializado nos conceitos físicos e que deveria ter rompido com esse paradigma de conformismo pré-científico. Nesse aspecto, acrescenta Santos (1991, p. 91) que

[...] as concepções alternativas constituem-se em um dos problemas centrais da aprendizagem, e uma das principais causas da ineficácia do ensino, pois, ignorando o ponto de vista dos alunos, apresenta os conceitos científicos com a percepção do adulto especializado, para uma platéia que tenta compreendê-los recorrendo a representações mentais, as quais, freqüentemente, pouco têm a ver com esses conceitos.

³ Dentre elas, vale a pena conferir "História e Epistemologia da Física" na Licenciatura em Física: uma Disciplina que Busca Mudar Concepções dos Alunos sobre a Natureza da Ciência (MOREIRA et al, 2007)

Ainda segundo esse autor, uma estratégia para romper com esse paradigma seria utilizar a História da Ciência como subsídio nas aulas de Física, pois “de um modo geral, as concepções alternativas fazem recordar concepções históricas da Ciência” (SANTOS, 1991, p. 113), o que sugere que alguns conceitos científicos podem ser refutados e substituídos por novas teorias, além de mostrar a Física como construção coletiva humana e não fruto de experimentos e descobertas de alguns poucos iluminados que se trancafiavam em quartos escuros, sem comer e sem dormir, na solidão interminável dos dias e longas noites de estudo e silêncio.

A intenção de se utilizar a História da Física como recurso didático - pedagógico para que o estudante queira aprender significativamente um conteúdo específico de Física reside no fato de que ele possa associar as Leis do Movimento de Newton com fatos relacionados ao seu cotidiano, como por exemplo, ele se sentir jogado para fora do carro quando o mesmo faz uma curva muito fechada. Não se trata de suprimir os conteúdos de Física, mas de mostrar ao estudante do Ensino Médio a contribuição humana na explicação dos fenômenos observáveis por detrás das fórmulas matemáticas.

Gatti (2005) discute a inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências na disciplina de Prática de Ensino de Física, a partir de um curso para a formação de professores tendo como pano de fundo o desenvolvimento histórico do tema *Atração Gravitacional*. O trabalho foi desenvolvido com uma amostra de onze alunos do curso de Licenciatura

em Física da UNESP–Bauru (Universidade do Estado de São Paulo). O autor investigou as pré-concepções dos licenciandos, fornecendo um panorama que pôde ser usado para orientar as atividades a partir da realidade diagnosticada. Seu objetivo era promover discussões sobre a existência e persistência das concepções alternativas, sobre a evolução histórica do tema atração gravitacional, além de leituras e debates de textos contemplando discussões recentes sobre o Ensino de Ciências, de modo a gerar insatisfações com o modelo tradicional de ensino. Além disso, o autor pretendia permitir que o indivíduo construísse uma nova proposta através do desenvolvimento em situações reais no Ensino Médio, de um minicurso a partir das discussões realizadas em sala de aula e da utilização da História da Ciência e das concepções alternativas dos estudantes. As propostas de minicursos desenvolvidas pelos licenciandos, além da comparação entre as concepções inicial e final permitiram ao autor evidenciar a relação entre a evolução nas noções e o desenvolvimento de propostas mais de acordo com as discussões realizadas durante o curso. Dos onze participantes, quatro desenvolveram um ensino mais voltado para a construção de conhecimentos, sem, entretanto abandonar completamente as resistências à adoção de metodologias de ensino inovadoras. Apesar desse não ser o enfoque de nossa pesquisa – pré-concepções alternativas –, achamos interessante citar esse trabalho porque evidencia a importância da História das Ciências, inclusive no Ensino Superior, na formação de Professores. Esse mesmo autor relata que:

A História da Ciência representa o fio condutor das discussões que permeiam todo o curso proposto para a formação de professores. Isto porque acreditamos que ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica. Não se trata de passar aos nossos alunos estórias recheadas de "curiosidades", contribuindo para a perpetuação de uma imagem distorcida, linear e composta de muitos "gênios" que "inventaram" teorias sem estudos nem esforços (GATTI, 2005, p.55)

Nesse sentido, gostaríamos de ressaltar que nossa pesquisa pretende apresentar as histórias de grandes cientistas, em especial da Física, mas contextualizadas. E, nesse sentido, *contextualizadas* significa que (i) remeter os fatos à época em que aconteceram e (ii) fazer a ponte com o cotidiano, sempre esclarecendo que suas descobertas e invenções eram frutos de árduas pesquisas e, muitas vezes, apoiando -se em pesquisas de outras pessoas.

Gil-Pérez *et al* (2001) também observa que tanto docentes como discentes, da Educação Básica ao Ensino Superior, possuem uma grande variedade de concepções ingênuas, mal fundamentadas e, afinal, falsas, sobre a natureza das Ciências e sua relação com a sociedade. Boa parcela da população ainda concebe a Ciência como verdade absoluta e irrevogável, aquilo que foi provado, algo mesmo santificado, imutável, eterno, descoberto por gênios que não podem errar:

É uma visão falsa, já que a Ciência muda ao longo do tempo, às vezes de um modo radical, sendo na verdade um conhecimento provisório, construído por seres humanos falíveis e que, por seu esforço comum (social), tendem a aperfeiçoar esse conhecimento, sem nunca possuir a garantia de poder chegar a algo definitivo.

Como se pode saber que uma dessas visões sobre a Ciência é inadequada e que a outra descreve a realidade? Apenas pela análise de sua história. (MARTINS, 2006, p. xxiii)

Para Queiroz e Teixeira (1992), a pesquisa em Ensino de Física tem revelado que, antes de aprenderem o ensino do conteúdo pelo professor, os estudantes possuem um saber que difere da Ciência que o professor ensina, mas que guarda certas similaridades com o pensamento de antigos cientistas. Por que algumas das principais revoluções ocorridas na história não chegam a convencer a maioria das pessoas, apesar da escola? Esse artigo tem como objetivo geral trazer resultados da área da pesquisa em Ensino de Ciências que buscam responder a esta pergunta. Para estas autoras, a leitura da História da Ciência pode contribuir no desenvolvimento de estratégias de ensino que possibilitem mudanças conceituais inerentes às revoluções científicas. Neste trabalho, são apresentadas algumas diretrizes didáticas para o emprego de algumas controvérsias no ensino de *Energia Cinética e Quantidade de Movimento* (conteúdos da primeira série do Ensino Médio e que, dificilmente, os alunos de escolas públicas vêm, pois o professor não consegue vencer o conteúdo proposto para esta série, devido, muitas vezes, ao reduzido número de aulas semanais). Para estas autoras, os alunos do Ensino Superior precisam reconhecer que o penoso caminho da Ciência, de Aristóteles a Einstein, não será vencido a passos rápidos, num trajeto sem desvios. Nós concordamos, e ainda acrescentamos que não somente alunos da Graduação, mas, inclusive, da Educação Básica sofrem com

isso. Segundo as mesmas autoras, é relevante que o aluno saiba que as dificuldades enfrentadas pela comunidade científica para romper com teorias vigentes são de natureza similar às dificuldades pelas quais terá que passar para transformar suas pré-concepções a respeito do mundo físico no saber da Ciência oficial. E o mais importante: é necessário que o aluno não transfira para o professor a incubência dessa transformação, apesar de caber ao professor criar situações nas quais os estudantes possam realizar essas mudanças conceituais.

A presente pesquisa tem como foco o estudo da História da Física com o uso das TIC como Organizador Prévio nas aulas de Física na Educação Básica. Supõe-se que deverá proporcionar um suporte (ancoragem) ideário para a incorporação e *retenção*⁴ estáveis do material mais pormenorizado e diferenciado que resulta da situação de aprendizagem, bem como aumentar a capacidade de discriminação entre esta situação e as idéias ancoradas relevantes da estrutura cognitiva.

Dentro dessa perspectiva, nosso **problema** é:

Como a História da Física e as TIC podem contribuir para a melhoria do Processo Ensino-Aprendizagem de Física ante as dificuldades que se apresentam nas escolas de Ensino Médio de Manaus?

⁴ Esse vocábulo é largamente utilizado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e optamos por não modificá-lo em nossa pesquisa, dado que não queremos mudar a opinião expressa do próprio autor da Teoria em questão. Para nós, essa *retenção* não significa memorização pura e simplesmente, mas é o embrião de futuros subsunções para um conhecimento pertinente, significativo.

A nossa **hipótese** para responder ao problema é:

A elaboração de um site que contenha vídeos de curta duração de História da Física (organizador prévio) vinculada aos conceitos trabalhados em sala de aula e que possa ser utilizado nas escolas, sem necessidade de internet, poderá resolver, de alguma forma, as dificuldades que se apresentam em relação à motivação e aos resultados no Processo Ensino-Aprendizagem de Física nas escolas de Ensino Médio de Manaus.

Portanto, nosso trabalho tem como **objetivo geral**:

Elaborar uma estratégia facilitadora no processo ensino-aprendizagem, através da utilização da História da Física e das TIC, proporcionando uma metodologia que leve a despertar o interesse dos estudantes no Ensino de Física.

Para obtenção dos subsídios necessários para responder à nossa questão de pesquisa, achamos necessário estabelecer alguns **objetivos específicos**:

☞ Apresentar o estado da arte no domínio temático em estudo. Para isso, propomo-nos a revisar a bibliografia relacionada à proposta: História das Ciências como recurso pedagógico no Ensino Médio, a Teoria da Aprendizagem Significativa e o uso das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação);

☞ Analisar como é abordada a História da Ciência nos livros didáticos de Física mais utilizados pelos professores para o planejamento de suas aulas;

☞ Diagnosticar nas escolas públicas de Ensino Médio de Manaus como é utilizado no Ensino de Física a História das Ciências, especialmente da Física;

☞ Propor a utilização de um *site* que contém Vídeos de Curta Duração da História da Física nas aulas de Física a partir do 9^o ano do Ensino Fundamental até o 3^o ano do Ensino Médio, uma vez que a Linha de Pesquisa de nosso Mestrado Profissionalizante é *Meios e Recursos Didático-Pedagógicos no Ensino de Ciências*.

A atual pesquisa tem o enfoque da dialética materialista histórica, pois trata de indagar sobre o sentido histórico, social, político e técnico das pesquisas (FRIGOTTO, 1998, p.83). Supõe contextualizar a pesquisa em relação a outras abordagens que fundamentam a prática da pesquisa em educação (GAMBOA, 1998, p.93). Foram estudadas obras de autores renomados e relativas à História, Filosofia e Didática da Física, à Teoria da Aprendizagem Significativa, e às Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC), assim como pesquisas recentes na área. O procedimento técnico escolhido é a **Pesquisa-Ação** por entendermos ser esta a que melhor responde à resolução de um problema coletivo. Selecionamos uma abordagem qualiquantitativa para nortear nossa

pesquisa. A técnica utilizada foi a enquete. Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram o questionário para os professores e a entrevista com *experts*.

No Capítulo I, inicialmente, visando à compreensão da situação do Ensino de Ciências em que se encontra a Região Norte do nosso país, em especial, o Amazonas, apresentamos o resultado do IDEB - Índice de Desenvolvimento em Educação Básica, do SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica e da Prova Brasil de 2005 e sua evolução para 2007. Apresentamos teóricos que ratificam nossa proposta considerando a importância da História da Ciência no Ensino de Física. Fomos buscar fundamentos que nos ajudaram a fortalecer nossa concepção de que a História da Ciência, em especial da Física, é significativa no processo ensino-aprendizagem de Física. São referendadas também pesquisas referentes às TIC, realizadas não só no Brasil, mas também em alguns países da América Latina, que fundamentaram nossa teoria ao fazer a conexão entre a História da Física e a Aprendizagem Significativa.

No Capítulo II, descrevemos a metodologia utilizada. Na seqüência, apresentamos a nossa proposta de utilizarmos o *site* de Ensino de Física contendo os vídeos de curta duração sobre três temas que consideramos relevantes no Ensino da Física: a evolução do conceito de movimento, a evolução do conceito de calor e, finalmente, do âmbar às equações de Maxwell.

No Capítulo III, analisamos e discutimos os resultados de nossa enquete com os professores e apresentamos algumas considerações feitas acerca de nosso produto por alguns Professores Doutores no Ensino de Ciências e de Matemática (consulta a *experts*). Neste capítulo respondemos ao problema da pesquisa, expostas no início, com a apresentação do *site* e suas ferramentas. Os critérios dados pelos *experts* permitirá em futura pesquisa acrescentar novas idéias a este trabalho para sua melhoria e implementação nas escolas públicas de Manaus.

Capítulo 1

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E FILOSÓFICOS

1. PRESSUPOSTOS TEÓRICO-FILOSÓFICOS

Raramente, encontramos nas escolas públicas ou privadas estudantes que tenham prazer, interesse e facilidade em estudar Física no Ensino Médio. Esse comportamento dos estudantes acaba refletindo também no comportamento dos professores que iniciam o ano letivo preocupados por não saberem como despertar em seus jovens estudantes o interesse por essa componente curricular, como cativá-los e já antevendo o desastroso resultado de mais um ano letivo, traduzido nos altos índices de reprovação nessa componente curricular e nas notas baixas da maioria dos estudantes.

A dificuldade em construir o conhecimento de forma prazerosa aliada ao fato da componente curricular de Física já ser estigmatizada levam a um índice de reprovação e evasão escolar muito grande em nosso estado, o Amazonas. Essa componente curricular está vinculada à memorização de fórmulas e à matematicidade, sem falar nunca, por exemplo, da contribuição do cientista por detrás daquele conceito. Mortimer (2006) propõe um ensino em que o estudante aprenda não só os conceitos científicos, mas também como funciona a Ciência e como os cientistas procedem para investigar, produzir e divulgar conhecimentos. A História da Ciência, especialmente da Física, desempenha um papel importante para ajudar o estudante a entender a natureza do

conhecimento científico, ao mostrar que a atividade científica faz parte da atividade humana e que não é apenas fruto de mentes privilegiadas.

Para Hanson (citado por CARRILHO e SÀÁGUA, 1991):

Se a história da Ciência sem a filosofia da Ciência é cega, a filosofia da Ciência sem a história da Ciência é vazia; e que o seu mútuo esclarecimento impõe uma particular atenção à centralidade da argumentação nas diligências quer dos historiadores da Ciência quer dos filósofos da Ciência. (HANSON citado por CARRILHO e SÀÁGUA, 1991, p. XVII)

Para Gleiser (2006), a importância de conhecermos a História das Ciências, de maneira geral, é termos a noção de como a nossa compreensão da Natureza e do Universo se desenvolveu de mãos dadas com a Física, “[...] desde suas origens com os filósofos pré -socráticos da Grécia Antiga, até a introdução da mecânica quântica e da teoria da relatividade durante as três primeiras décadas do século XX” (GLEISER, 2006, p. 10). Este autor enfatiza que

[...] ao conhecer esses cientistas vamos entender melhor não só sua Ciência, mas também os cientistas em geral; como eles pensam, sentem e que elementos subjetivos fazem parte de seu processo criativo. A noção, infelizmente bem generalizada, de que cientistas são pessoas frias e insensíveis, um grupo de excêntricos que dedicam sua vida ao estudo de questões arcanas que ninguém pode entender, é profundamente equivocada. [...] a Física é muito mais que do a mera resolução de equações e interpretação de dados. Até arrisco dizer que existe poesia na Física, que a Física é uma expressão profundamente humana da nossa reverência à beleza da natureza. (GLEISER, 2006, pp. 10 -11)

Propomos, então, para modificar esse quadro, uma maneira alternativa, que seria apresentar aos estudantes, antes dos conceitos propriamente ditos, em que contexto se deu aquela situação, ou seja, apresentar a História do cientista por trás daquele conceito, humanizando essa Ciência. Queremos deixar claro que nossa proposta é vincular os conceitos trabalhados em sala de aula ao contexto histórico no qual surgiram, o que está plenamente de acordo com Morin (2001, p. 36) ao afirmar que “o conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente. É preciso situar as informações e os dados em seu contexto para que adquiram sentido”. E isso está também de acordo com a Teoria de Ausubel (2000) no que se refere ao uso de **organizadores prévios**, uma vez que nossa proposta é que os vídeos de curta duração façam esse papel.

Inspirando-nos também na mesma paixão com que Gleiser (2006) apresenta a evolução do conhecimento científico, aliando as idéias desses vários cientistas que contribuíram com tantas teorias e descobertas para o entendimento dos vários fenômenos que ocorrem em nossa volta, pretende-se que os vídeos de curta duração (produto de nossa dissertação), possam explorar as motivações, os sucessos, as derrotas, as tramas, as lutas travadas no desenrolar do longo processo que esses grandes cientistas vivenciaram ao defenderem (ou não!) suas teorias.

Pensando assim, vemos que o papel dos cientistas, totalmente esquecido pelos professores, poderia ser usado como uma forma tanto

para atrair os estudantes para a Física quanto para mostrar a esses estudantes a história de vida por detrás de tantas fórmulas, teorias e descobertas. Isso auxiliaria também a modificar algumas concepções errôneas (por serem idéias de senso comum pautadas no conhecimento pré-científico) que os estudantes trazem para a escola e para a universidade.

Muitos autores (MOREIRA, 2007; MARTINS, 2006; GEBARA, 2001; CURADO, 1999) concordam que a história de vida desses cientistas pode contribuir de maneira positiva nas concepções alternativas dos estudantes que ingressam nas instituições de ensino formal, como a escola e a faculdade. Essas concepções alternativas muitas vezes entram em conflito e resistem à sua transformação pelas concepções da Física que são ensinadas nas escolas e o professor não deve e não pode ficar alheio a esse fato. Segundo Martins (2006)

Se elas não forem reconhecidas e gradativamente transformadas nas outras, podem continuar a existir, paralelamente às concepções científicas impostas pelo professor, interferindo constantemente com sua efetiva compreensão, aceitação e aplicação. (MARTINS, 2006, p. xxv)

No estudo de caso relatado na pesquisa de Gebara (2001), é -nos apresentado como cinqüenta e cinco estudantes do Ensino Médio de uma escola particular confessional de Campinas entendem o fenômeno da queda dos corpos, procurando averiguar as questões propostas para identificar as concepções alternativas, a amostra, a metodologia, as

atividades pedagógicas realizadas ou sugeridas e a categorização proposta para organizar as respostas obtidas nos testes realizados. A autora também apresenta como investigou as concepções alternativas dos estudantes, comparando-as com aquelas apresentadas por estudantes de outros países, com outras idades e níveis de escolaridade. A autora nos alerta para o fato de que não podemos perder de vista que dificilmente seremos capazes de fazer com que as concepções alternativas dos estudantes sejam totalmente abandonadas, até porque essas concepções estão fortemente incorporadas à linguagem cotidiana, que é o modo mais abrangente de compartilhar significados. A autora conclui sua dissertação explicando que, antes da realização da pesquisa e da comparação com os dados da literatura, ela formulara uma hipótese, segundo a qual, as dificuldades na obtenção de uma mudança conceitual estavam relacionadas principalmente com a metodologia de ensino. Contudo a comparação das concepções apresentadas pelos sujeitos de sua amostra, expostos a um processo de ensino tradicional (ao menos) nos últimos dois anos, e os da amostra de Curado (1999), expostos a um processo construtivista, demonstrou a limitação da hipótese.

No Estudo de Caso de Curado (1999), é-nos apresentada a análise de uma ação pedagógica realizada com cinquenta e quatro alunos do Ensino Médio de uma escola particular de Campinas, em 1994, na componente curricular de Física, no estudo de *Movimento de Corpos* em que ela recorreu à História da Ciência como um recurso potencialmente

enriquecedor para promover nos alunos mudanças conceituais e para aproximá-los do processo de produção do conhecimento científico. Em sua análise, ela deixa claro que a inserção da História da Ciência operou como catalisador na revisão na concepção do conhecimento científico enquanto conhecimento definitivo, resgatando a sua condição de provisoriedade, fator de dinamicidade da Física.

Em ambos os Estudos de Caso supracitados, as autoras apresentam como ênfase de sua pesquisa de que modo as concepções alternativas sobre algumas questões da natureza da Ciência podem prejudicar o processo ensino-aprendizagem dos estudantes, especialmente no Ensino de Física da 1ª série do Ensino Médio, diferentemente do que abordamos em nossa pesquisa. Em nossa pesquisa enfatizamos como podemos vincular os conceitos trabalhados em sala de aula, nas três séries do Ensino Médio, ao contexto histórico no qual surgiram com o objetivo de instigar os estudantes com a curiosidade de saber como esses cientistas, pessoas normais como todos nós, conseguiram com todas as dificuldades de sua época – e, com muitos problemas pessoais, inclusive –, enunciarem tantas leis, fazerem tantas descobertas e criarem tantos inventos.

Martins (2006) ajuda nessa compreensão sobre essas concepções alternativas (*constructos* pessoais) quando nos lembra que o estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento,

permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da Ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto negar seu valor. Isso facilita retificar a visão que a maioria das pessoas tem de que a Ciência nasce pronta e acabada na cabeça de “grandes gênios” como Newton, da Vinci e Einstein.

Bachelard (1996) também nos chama a atenção para o fato de que, como professores de Ciências, temos o dever de apresentar aos nossos estudantes a biografia desses cientistas fazendo uma alusão às aulas de História que apresentam as biografias dos grandes vultos nacionais. Por exemplo, poucas pessoas sabem que o cientista italiano Giordano Bruno (1548-1600), adepto de Copérnico, morreu queimado vivo nas fogueiras da Inquisição em 1600 “não só por afirmar as teorias de Copérnico (como muitos acreditam!), mas por ter algumas convicções sobre a Transubstanciação, a Santíssima Trindade e a substancialidade da alma humana” (GLEISER, 2006, p. 130). Em seus escritos e palestras, Bruno sustentava que “existia um número infinito de mundos com vida inteligente no universo, algumas das quais superiores à inteligência humana” (HAWKING, 2005, p.18).

Martins (2006) apresenta a visão de que a História das Ciências proporciona um vislumbre acerca da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos (conforme apresentados nos livros -texto

de todos os níveis). Ele ainda enfatiza que os livros científicos didáticos enfatizam os resultados aos quais a Ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da Ciência, como por exemplo, de que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem ou como os cientistas trabalham; ou curiosidades como saber quais as idéias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado ou mesmo qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época. Desconhecemos que muitas teorias físicas foram refutadas e substituídas por outras. Um exemplo claro disso é a teoria do Heliocentrismo que foi se aperfeiçoando, através de debates, estudos e críticas, e que hoje é totalmente diferente do nosso modelo de Sistema, onde o Sol não é mais o centro do Universo e sim apenas mais uma estrela. Apesar disso, os professores não utilizam a História das Ciências em suas aulas de uma maneira cativante e que motivem os estudantes a conhecer mais sobre essa Ciência, a Física.

Apesar de sabermos que a Física não é uma Ciência isolada em laboratórios ultra-secretos, continuamos tratando-a como se a mesma não sofresse influências ou influenciasse, por sua vez, muitos aspectos da sociedade. Para reverter esse quadro, propomos o estudo de episódios históricos que permitiria, tanto estudantes como professores, a compreenderem as inter-relações entre essa Ciência, a tecnologia, a

sociedade e o ambiente, mostrando que a Física faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano.

Outro obstáculo que encontramos no processo ensino-aprendizagem corrente da Física é o tratamento cruel que se dá aos estudantes que erram. Nos experimentos científicos, feitos nos Laboratórios de nossas escolas, não pode haver erros. Espera-se uma resposta *certa* dos estudantes sem levar em consideração as variáveis que ocorrem durante o processo, se o estudante não encontrar aquela exata resposta, é *execrado pelo mestre*. Eis o instante propício de abordar a provisoriedade do conhecimento científico a partir da História das Ciências, em especial da Física. De fazê-los entender que as teorias científicas vigoram enquanto conseguem se sustentar enquanto teoria, enquanto conseguem explicar e prever convincentemente determinados fenômenos. No entanto, ao se mostrarem inadequadas frente a novos problemas, são modificadas ou novas teorias são elaboradas e passam a ser a nova referência para explicar o que a velha teoria não conseguiu responder de forma satisfatória. Um exemplo disso são os limites das Leis de Newton. Antes dele, não havia uma explicação coerente, quantitativa ou qualitativa, para prever ou compreender como os objetos – do cotidiano ou os corpos celestes –, moviam-se sob a ação de forças. Newton nos forneceu essa resposta. Embora até hoje possamos usar a Mecânica Newtoniana para descrever a trajetória de um planeta ao redor do Sol, ela é inadequada para tratar do comportamento dos átomos. Mas,

a Mecânica Newtoniana ainda nos basta, pois não precisamos da Teoria da Relatividade para calcular a trajetória de um foguete. Neste contexto limitado, a Teoria de Newton da Gravitação Universal ainda é válida e verdadeira.

Morin (2001), afirma que

O desenvolvimento do conhecimento científico é poderoso meio de detecção dos erros e de luta contra as ilusões. Entretanto, os paradigmas que controlam a Ciência podem desenvolver ilusões e nenhuma teoria científica está imune para sempre contra o erro. Além disso, o conhecimento científico não pode tratar sozinho dos problemas epistemológicos, filosóficos e éticos. (MORIN, 2001, p. 21)

Mas, para isso, precisamos conhecer também a evolução do pensamento científico. Como diz Silver (2008, p.48), "a Ciência não é um meio de obter a verdade absoluta", pois o mais belo na Ciência é que sua comunidade (científica) não tem a soberba de se auto-intitular infalível. O fato de você estar lendo esse texto é assegurado pelo sentido da visão: você está vendo o que está escrito e seu cérebro está traduzindo as letras e palavras em mensagens. Isto é fato. E fatos são inquestionáveis. Teorias são questionáveis, pois a comunidade científica é cética. Exemplo disso temos que, para o homem primitivo, a Terra era plana e, hoje, podemos aceitar que ela tem uma forma geóide com fotos tiradas por satélites no espaço.

O Ensino de Física é resumido a uma aprendizagem mecânica das fórmulas sem se preocupar em nenhum momento com um *continuum*⁵ que a aprendizagem, quando significativa, proporciona. Nas palavras de Zanetic (1989):

Não se trata sequer de enfatizar o Formalismo da Física, mas sim o seu "formulismo". Isso significa que tais exercícios acabam tendo pouca relevância na compreensão da Física enquanto ramo do conhecimento que, em primeira instância, busca uma familiaridade com a natureza física. Assim, o treino no algoritmo da Física, destreza necessária, se dá num vazio intelectual (citado por Curado, 1999).

Esse tipo de ensino, que vem sendo privilegiado nas escolas amazonenses e corroborado pelos vestibulares das duas instituições públicas do nosso estado, privilegia em demasiado os aspectos formalistas e simbólicos do Ensino de Física. Isso é destacado nas listas infindáveis de exercícios (resolvidos e propostos), nos finais de cada capítulo dos livros didáticos, usados no Ensino Médio, numa série de problemas típicos, que nada tem a ver com a realidade do estudante amazonense nesse início de século, mas cujo sentido é o de memorização de fórmulas. Isso reforça a idéia de que o Ensino de Física nas escolas é descontextualizado, fragmentado e justificaria em parte por que os estudantes são completamente desmotivados, sem compreender o sentido do estudo da Física.

5 Como já foi citado, Ausubel (1980) não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*, isto é, para se chegar à aprendizagem significativa, necessita-se iniciar com a aprendizagem mecânica.

Em processos seletivos como o PSC⁶ (Processo Seletivo Contínuo) não se contempla a contextualização, em termos históricos, das Leis de Newton, limitando-se ao plano conceitual. Fica registrada a crítica à falta de análise histórica, ausente nesse tipo de concurso para a universidade pública de nosso estado, o Amazonas.

1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E HISTÓRIA DA FÍSICA

Ausubel (2000) dedicou-se a elaborar uma Teoria da Aprendizagem que, além de compreensível, fosse sistematizada para a sala de aula, especificamente ao processo ensino-aprendizagem. Para este autor

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo ("saber") que envolve a interação entre idéias "logicamente" (culturalmente) significativas, idéias anteriores ("ancoradas") relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o "mecanismo" mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2000)

Segundo Aragão (1976), o problema central do trabalho de Ausubel é a **identificação** dos fatores que influenciam a aprendizagem e a retenção, bem como a **facilitação** da aprendizagem verbal significativa e da retenção pelo uso de estratégias de organização do material de

6 Esse processo seletivo é uma espécie de Vestibular feito em etapas (1ª, 2ª, 3ª etapas correspondentes aos três anos do Ensino Médio) para admissão de estudantes nos cursos da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), onde o que é cobrado em sua prova são os conteúdos vistos no presente ano.

aprendizagem que modificam a estrutura cognitiva do aluno por indução de transferência positiva. Ausubel (2000) diferencia aprendizagem mecânica da aprendizagem significativa e diferencia esta da aprendizagem por descoberta, uma vez que este tipo de aprendizagem não é considerado um pré-requisito para a aquisição e compreensão de significados, além de que ela também pode ser – e, geralmente, na maioria das salas de aula é – de natureza memorizada, pois não se adapta às condições da aprendizagem significativa (ARAGÃO, 1976, p.8) (AUSUBEL, 2000, p.4).

A diferença principal entre aprendizagem proposicional tal como encontrada nas situações de aprendizagem por recepção, por um lado, e nas de aprendizagem pela descoberta, por outro, reside no fato de o conteúdo principal daquilo que deve ser apreendido ser descoberto ou, pelo contrário, apresentado ao aprendiz. Na aprendizagem por recepção, este conteúdo é apresentado sob a forma de uma proposição substantiva ou que não apresenta problemas, que o aprendiz apenas necessita de compreender e lembrar. Por outro lado, na aprendizagem pela descoberta, o aprendiz deve *em primeiro lugar* descobrir este conteúdo, criando proposições que representem soluções para os problemas suscitados, ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos. (AUSUBEL, 2000, p. 5)

Ausubel (2000) vê o conhecimento como um fenômeno substantivo (ideacional) e não simplesmente como capacidade para resolver problemas. Ele considera as funções de transferência da estrutura cognitiva como mais aplicáveis à aprendizagem receptiva (expositiva) do que à solução de problemas típicos do processo ensino-aprendizagem em sala de aula. Aragão (1976) apresenta que Ausubel continuamente defende a aprendizagem receptiva verbal e argumenta que pelo fato de na

recepção o conteúdo a ser aprendido é **apresentado** ao invés de **descoberto**, não se pode assumir que este seja um fenômeno puramente passivo (AUSUBEL, 2000, p. 5). Para essa autora, sua teoria limita-se à **natureza** e às **condições** da aprendizagem significativa que ocorre em sala de aula, partindo da existência de uma **estrutura cognitiva** com propriedades organizacionais características. A autora continua afirmando em sua tese que a ocorrência da aprendizagem significativa implica em que algumas condições sejam satisfeitas:

- a. **Intenção:** o estudante precisa querer aprender significativamente, isto é, ele precisa ter a disposição de relacionar o novo material não-arbitrário e substantivamente à sua estrutura cognitiva;
- b. **Disponibilidade de Elementos Relevantes** na sua estrutura cognitiva, com os quais o material a ser aprendido possa relacionar-se de modo **não-arbitrário** (não aleatório, não casual, plausível) e **substantivo**, incorporando-se à estrutura, e
- c. **Material Potencialmente Significativo:** o material a ser aprendido precisa ser potencialmente significativo para o estudante, isto é, **relacionável** de modo não-arbitrário e substantivo aos elementos relevantes de sua estrutura cognitiva.

Precisamos entender o que Ausubel quer dizer com *intenção do aprendiz em querer aprender significativamente*. Para este autor (2000, p. 36), o estudante assume uma responsabilidade adequada pela própria aprendizagem quando:

- 1.** Aceita a tarefa de aprender ativamente, procurando compreender o material de instrução que lhe ensinam;
- 2.** Tenta, de forma genuína, integrá-lo nos conhecimentos que já possui;
- 3.** Não evita o esforço ou a batalha por novas aprendizagens difíceis e decide fazer as perguntas necessárias sobre o que não compreende.

O mais interessante na teoria de Ausubel é que, em nenhum momento, ele tira o foco do professor, que é o responsável direto pelo processo ensino-aprendizagem: é ele quem escolhe o quê e como deve ser ensinado:

Contudo, a educação não é, nem nunca foi, um processo de auto-instrução completo. A própria essência deste reside na seleção, organização, interpretação e disposição seqüencial conscientes dos materiais de aprendizagem por pessoas experientes em termos pedagógicos. A escola não pode, em sua consciência, abdicar destas responsabilidades, entregando-as aos estudantes em nome da democracia e do progresso. (AUSUBEL, 2000, p. 36)

Na concepção de Ausubel (2000), a Aprendizagem Significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significados por

interação com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva, e estes são também modificados durante o processo:

A aprendizagem significativa constitui apenas a primeira fase de um processo de assimilação mais vasto e inclusivo, que também consiste na própria fase seqüencial natural e inevitável da retenção e do esquecimento. A Teoria da Assimilação explica a forma como se relacionam de modo seletivo, na fase de aprendizagem, novas idéias potencialmente significativas do material de instrução com idéias relevantes, e, também, mais gerais e inclusivas (bem como mais estáveis), existentes (ancoradas) na estrutura cognitiva. Estas idéias novas interagem com as idéias relevantes ancoradas e o produto principal desta interação torna-se, para o aprendiz, o significado das idéias de instrução acabadas de introduzir. Estes novos significados emergentes são, depois, armazenados (ligados) e organizados no intervalo de retenção (memória) com as idéias ancoradas correspondentes. (AUSUBEL, 2000, p. 8)

Essa aprendizagem só terá êxito se for trabalhada de maneira não - arbitrária e não-litera (de maneira *lógica*). Esses novos conceitos só poderão ser retidos se houver um ancoradouro para recebê -los. E, a partir de sua retenção, novos conceitos serão formados, como numa espécie de *link* (conexão), através de interações. Esse processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação dos conceitos subsunçores (MOREIRA, 2006, p.15).

É importante ressaltar que a teoria de Ausubel apresenta tanto aspectos indutivos como dedutivos. O comportamento dos subsunçores ⁷ está intimamente ligado à freqüência com que foram usados e na maneira como serviram de ancoradouro a novas informações e a interação entre os

7 Não há tradução no Português para essa palavra. Pode -se dizer que é uma idéia, um conceito, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de "ancoradouro" a uma nova informação de modo que esta adquira significado para o indivíduo (MOREIRA, 2006).

mesmos. A aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação, e não apenas associação, entre idéias, conceitos, proposições preexistentes e a nova informação. Nesse contexto, a idéia de subsunçores é imprescindível, pois se deve a eles a ancoragem e o conhecimento, pertinente e significativo, dessas novas informações. Segundo Ausubel (2000), uma vez que os significados iniciais são estabelecidos, quer para signos quer para símbolos de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a esses signos ou símbolos, e novas relações serão estabelecidas.

Mas, o que fazer quando não se tem os subsunçores disponíveis? Segundo Moreira (2006), faz-se necessário, então, uma aprendizagem mais automática, necessária na fase inicial da aquisição de novos conhecimentos. Essa aprendizagem automática é aquela utilizada para memorizar fórmulas e conceitos, como por exemplo, para se realizar uma prova, e, ao final da qual a informação é apagada da memória. A essa aprendizagem, dá-se o nome de aprendizagem mecânica.

A figura 1 representa duas situações distintas: no lado esquerdo, vê-se um sujeito disponível para receber novas informações, que são potencialmente significativas, por possuir, em sua estrutura cognitiva, os *subsunçores* (idéias âncoras) adequados; no lado esquerdo, apesar das novas informações também serem potencialmente significativas, não haverá aprendizagem significativa porque não há subsunçores adequados em sua estrutura cognitiva. No primeiro caso, tem-se a aprendizagem

significativa (presença de *subsunçores* adequados) e, no segundo, a aprendizagem *mecânica* (ausência de *subsunçores* adequados). Isso não quer dizer, necessariamente, que, em algum momento, essa aprendizagem mecânica não possa se transformar em significativa. Para Moreira (2006), essa aprendizagem mecânica se tornará o *subsunçor* para que as novas informações, potencialmente significativas, possam se ancorar e se tornarem significativas.

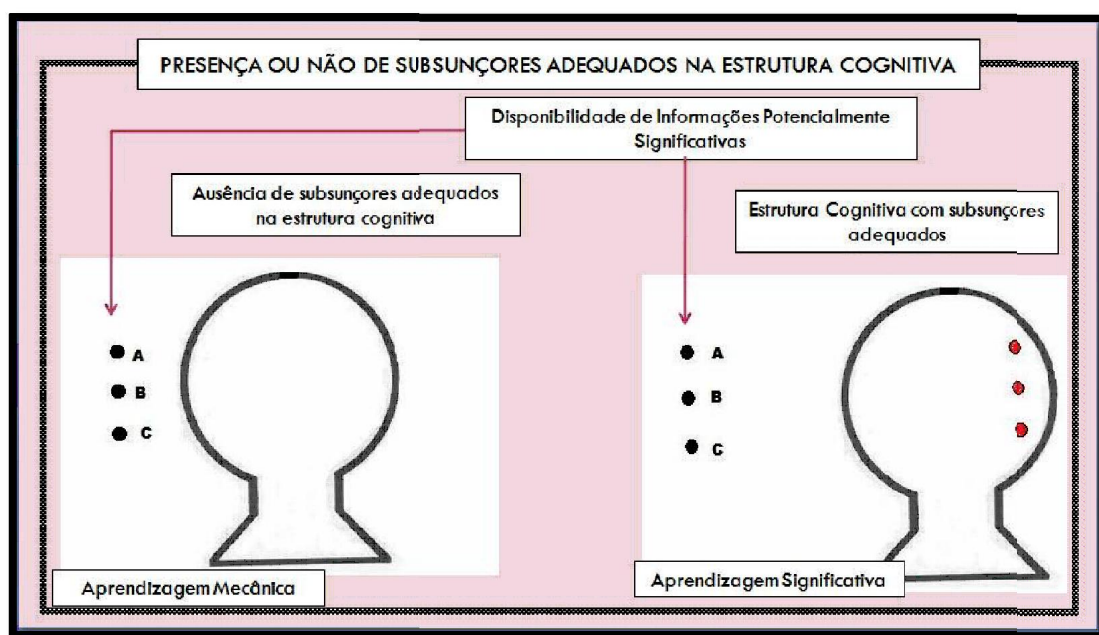


Figura 1: Presença ou não de subsunçores adequados na Estrutura Cognitiva (adaptado de NOVAK, 1981, p.57)

A condição necessária para que a aprendizagem mecânica se torne significativa, para Ausubel *et al* (1980), é que os elementos devem ser hierarquicamente organizados, de forma que as idéias logicamente

significativas passem a ser idéias potencialmente significativas e, depois, idéias realmente significativas.

Quando o estudante possui, por exemplo, em sua estrutura cognitiva as contribuições de Newton, relativas à sua Teoria da Gravitação Universal, este conhecimento facilitará na aprendizagem de um novo conceito como a Lei de Coulomb, pela existência de subsunções, ou seja, o conhecimento de que dois pontos materiais⁸ se atraem com forças cujas intensidades são diretamente proporcionais ao produto de suas massas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância que os separam.

Entretanto, segundo Novak (1981), a aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire novas informações em uma área de conhecimento que lhe é completamente nova. Um exemplo bem prático disso é a memorização do número de nosso telefone, das senhas para o *login* na internet, e outras situações típicas de nosso cotidiano. A diferença entre as aprendizagens mecânica e significativa é que, enquanto nessa a nova informação é armazenada de forma substantiva e não arbitrária (relaciona conceitos), naquela a nova informação é armazenada de forma literal e arbitrária. Segundo Ausubel (2000):

[...] é este tipo de capacidade de relação basicamente diferente para com a estrutura cognitiva (arbitrária e literal *versus* não

⁸ Ponto Material é um corpo cujas dimensões podem ser desprezadas quando comparadas com as distâncias envolvidas no fenômeno.

arbitrária e não literal) que justifica a diferença fundamental entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa. [...] Estas diferenças entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa explicam, em grande parte, a superioridade da aprendizagem e da retenção significativas em relação aos correspondentes por memorização. (AUSUBEL, 2000, p. 4)

A aprendizagem mecânica inicial é provisória, até que alguns elementos de conhecimentos relevantes a novas informações sejam estruturados. Na verdade, Ausubel (2000) não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*, isto é, para se chegar à aprendizagem significativa, necessita-se iniciar com a aprendizagem mecânica. E contamos com a História das Ciências, em particular, a História da Física, para ratificar essa concepção. O que sugerimos é uma alternativa às tradicionais formas de abordar os conteúdos de Física com o uso das TIC, contextualizando esses conteúdos através de informações da trajetória e contribuições dos grandes cientistas em termos históricos.

1.1.1. Organizador Prévio

Segundo Ausubel (2000):

Um organizador prévio é um mecanismo pedagógico que ajuda a implementar estes princípios, estabelecendo uma ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que precisa de saber, caso

necessite de apreender novos materiais de forma mais ativa e expedita. (AUSUBEL, 2000, p. 11)

Para Ausubel (2000), a manipulação deliberada da estrutura cognitiva em função de seus atributos relevantes com propósitos pedagógicos não é tarefa que possa ser feita sem dificuldades. Essa manipulação deve ser realizada substantivamente pelo uso de conceitos e princípios substantivos de uma determinada componente curricular, que possuam maior poder explicativo, e, conseqüentemente, relacionabilidade com o seu conteúdo, com propósitos de organização de tais elementos e de sua integração na estrutura cognitiva e pelo emprego de métodos de seleção e ordenação de conteúdos que aumentam a clareza e a estabilidade da estrutura cognitiva tendo em vista a aprendizagem e a solução de problemas.

Isso pode ser explicado a partir das experiências de Curado (1999) e Gebara (2001), em que as autoras tratam a **Queda dos Corpos**, no primeiro ano do Ensino Médio, considerando os conhecimentos prévios dos alunos acerca do assunto, para depois tratar do contexto histórico (Física aristotélica *versus* Física galileana) para, posteriormente, após o domínio do conceito, os estudantes iniciarem a resolução de problemas. A aprendizagem dos novos conceitos foi possível porque as autoras já haviam trabalhado com os estudantes alguns conceitos pertinentes ao assunto, tais como: trajetória, velocidade, aceleração, a relação entre

esses conceitos e o tratamento matemático do MU (Movimento Uniforme) e do MUV (Movimento Uniformemente Variado).

Assim, de acordo com a teoria de Ausubel (2000), o processo de ensino consiste, fundamentalmente, em influenciar a estrutura cognitiva pela manipulação do conteúdo e o arranjo de experiências cognitivas anteriores do aluno, numa determinada área de conhecimento de forma que a aprendizagem e o conhecimento pertinente, significativo, sejam facilitados.

Infelizmente, o que se apresenta em nossos livros didáticos de Física do Ensino Médio – Ramalho (2007), Paraná (2007), Carron (1999), Gaspar (2000), Anjos (2005), Bonjorno (1993) – é que a História da Física aparece em poucas folhas no final de alguns capítulos como se não tivesse nenhuma ligação com o tema abordado que está sendo ensinado. Por exemplo, no primeiro capítulo do terceiro volume da série do Ramalho (2007), o autor inicia a unidade de Eletrostática com uma abstração que, embora simples, não leva em consideração o conhecimento prévio do estudante sobre o tema. Determinar o que os estudantes já sabem sobre exemplos simples do seu cotidiano significa, para Novak, “identificar os elementos existentes no estoque de conhecimentos do aprendiz que são relevantes ao que esperamos ensinar” (1981, p. 9). Em termos da teoria de Ausubel, ao iniciar a aula a partir do conhecimento prévio dos estudantes é identificar os conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Outra condição para que ocorra aprendizagem significativa é a escolha do material a ser trabalhado em sala de aula. De nada adianta se ter um aprendiz disposto se não se tem um material potencialmente significativo. Ausubel (2000, p. 12) propõe então o uso de organizadores prévios que sirvam para ancorar e facilitar a retenção do novo conhecimento. A fundamentação lógica para a utilização desses organizadores baseia-se essencialmente em:

- 1.** A importância de se possuírem idéias relevantes, ou apropriadas, estabelecidas, *já* disponíveis na estrutura cognitiva, para fazer com que as novas idéias *logicamente* significativas se tornem *potencialmente* significativas e as novas idéias *potencialmente* significativas se tornarem *realmente* significativas (isto é, possuírem novos significados), bem como fornecer-lhes uma ancoragem estável.
- 2.** As vantagens de se utilizarem as idéias mais gerais e inclusivas de uma componente curricular na estrutura cognitiva como idéias ancoradas ou subsunçores, alteradas de forma adequada para uma maior particularidade de relevância para o material de instrução.
- 3.** Devido à maior aptidão e especificidade da relevância das mesmas, também usufruem de uma maior estabilidade, poder de explicação e capacidade integradora inerentes. O fato dos

próprios organizadores tentarem identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (e estarem explicitamente relacionados com esta) e indicar, de modo explícito, a relevância quer do conteúdo existente, quer deles próprios para o novo material de aprendizagem.

Então, **Organizadores Prévios** são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido. Servem para facilitar a aprendizagem, à medida que funcionem como “pontes cognitivas” (MOREIRA, 2006, p.23). Podem ser textos escritos, uma demonstração, um vídeo, um filme ou até um jogo didático, dependendo da situação de aprendizagem.

Para Ausubel (2000), o segundo importante critério que determina se o material de aprendizagem é ou não potencialmente significativo é mais propriamente uma característica do estudante do que do material *por si só*. Por isso, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é suficiente que o novo material seja simplesmente relacional com as idéias relevantes, no sentido hipotético ou *abstrato* do termo. Naturalmente, a estrutura cognitiva de um estudante em *particular* deve incluir as capacidades intelectuais exigidas, o conteúdo ideário (substantivo) ou experiências anteriores, caso se pretenda considerar relevante e relacional com a tarefa de aprendizagem. É nesta base que a potencial significação do material de aprendizagem varia com fatores tais como a idade, a inteligência, a ocupação, a vivência cultural, etc. Em

outras palavras, é a capacidade de subsunção ou de incorporação da estrutura cognitiva de um estudante em *particular* que converte o significado 'lógico' em potencial e que (dado o material de aprendizagem relacional de forma não arbitrária e um mecanismo de aprendizagem significativa) diferencia a aprendizagem significativa da por memorização.

A partir dessa reflexão, escolhemos apresentar a História da Física relacionada ao conteúdo que abordaríamos em sala de aula no formato de vídeos de curta duração para envolver os estudantes e incentivá-los a um aprofundamento maior na evolução do conhecimento científico como organizador prévio: da evolução do conceito de movimento (onde Aristóteles acreditava que a Terra era inerte no centro do espaço até a relatividade de Einstein), a evolução do conceito de calor (para entendermos as sutilezas da transição entre a Física Clássica Newtoniana e a Física Moderna) e do âmbar às Equações de Maxwell (onde apresentamos a evolução da Física da Eletricidade e onde as equações de Maxwell serviriam como base para as teorias de Einstein no início do século XX).

1.1. TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E DE COMUNICAÇÃO – TIC

Para Heckler *et al* (2007), o ensino de Física é completamente descontextualizado e o fracasso nessa disciplina se deve à falta de uma metodologia moderna, tanto do ponto de vista pedagógico como do tecnológico. Para a maior parte dos estudantes, a Física não passa de um conjunto de fórmulas matemáticas a serem memorizadas e de códigos indecifráveis, difíceis de abstrair. A proposta dessa pesquisa foi então a aplicação de um CD-ROM de Óptica para os estudantes do Ensino Médio. O material seguiu a linha cognitiva construtivista. O resultado da pesquisa: 95% dos estudantes responderam que houve um despertar e um interesse maior pelas aulas de Física, pelo fato de se usar uma informação visual mais adequada e relacionada aos dados informativos, criando relações significativas; 80% consideraram as simulações não interativas mais significativas do que se os fenômenos fossem representados no quadro pelo professor. Na avaliação feita pelos estudantes, eles apontaram como positivo: a interatividade educando - educando e educador-educando; o uso dos simuladores; as figuras (mesmo que estáticas); a praticidade de acesso aos conteúdos e a motivação despertada para as aulas de Física. Como negativo: distração, cansaço, falta de material impresso, pouco tempo destinado ao estudo de cada tópico.

Para Silva e Silva (2008):

No início do século XX, o telefone e o telégrafo eram os meios de comunicação mais importantes e avançados de que a humanidade dispunha. No entanto, a invenção dos *chips*, microprocessadores,

fibras óticas e satélites imprimiu a essa realidade uma nova fase, visto que permitiu que a produção do conhecimento pudesse ser feita em escala exponencial e com a participação de múltiplos e variados atores. Com essas novas TIC, as interligações estabelecidas sob a forma de redes ampliaram e permitiram que a disseminação do conhecimento pudesse ocorrer por meio de uma obra coletiva. (SILVA e SILVA, 2008, p. 33)

As Tecnologias de Informação⁹ e de Comunicação¹⁰ – as TIC – são essenciais no processo ensino-aprendizagem, mesmo presencial, pois nossa sociedade foi invadida por toda sorte de equipamentos eletrônicos, como celulares de 3ª geração (3G), TV digital interativa, *i-podes*, *PS3* (*PlayStation 3*), etc. A cada ano, novas tecnologias incrementam o mercado prometendo facilitar nossa vida e, isso, certamente, precisa de um novo questionamento sobre o uso das mesmas nas escolas. Nossos jovens precisam estar mais preparados e adaptados para o uso dessa s tecnologias ao atingirem, inclusive, postos de trabalho. Temos estudantes que, apesar de conhecer todas as atribuições de um celular, não sabe calcular um percentual numa calculadora comum. Por esta razão, é fundamental incorporar as TIC no contexto escolar em tarefas que proporcionem ao estudante situações novas de aprendizagem, assim como aos professores como estratégia de auto-aprendizagem e formação continuada.

9 Tecnologia de Informação – TI: processo de produção, armazenamento, recuperação e constante atualização de informações. Pode ser codificado, decodificado e reproduzido indefinidamente e sob a forma de diferentes mídias (SILVA e SILVA, 2008, p. 77).

10 Tecnologia de Comunicação – TC: diz respeito à transmissão de dados mediante dispositivos (SILVA e SILVA, 2008, p. 77).

A *internet* vem se mostrando como um ambiente altamente atrativo, um espaço no qual tudo pode ser visto em tempo real, sem censuras, disponível a quem deseja procurar. Na *internet*, não há ponto de partida e nem de chegada, transitamos sem rumo definido, basta para isso a nossa imaginação e criatividade. Para se conectar a esse mundo, basta um *modem* e um servidor e a mágica está pronta. Talvez por isso, esse ambiente virtual encante tanto os jovens, que buscam algo diferente do ambiente formal da escola, algo livre e prazeroso, que contemple um contexto de aprendizagem criativo.

Mas não basta apenas usar os recursos das TIC. A seleção e organização desses recursos exigem estratégias pedagógicas com uma proposta metodológica e do conhecimento do professor no que diz respeito ao que realmente é significativo para ele. É essa memória que o estudante busca ao receber novas informações do professor, pois ele busca fazer uma conexão com o que já aprendeu. Para Silva e Silva, "levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos na seleção dos recursos tecnológicos, requer compreensão sobre a memória de curta duração e outra, de longa duração" (SILVA e SILVA, 2008, p. 122).

Para Canabrava e Vieira (2006), o emprego adequado das TIC combinado a estímulos, principalmente visão e audição, aumenta a retenção¹¹ da mensagem enviada pelo professor ao estudante. Muitas

11 Esse vocábulo é utilizado pelas autoras e optamos por não modificá-lo em nossa pesquisa, dado que não queremos mudar a opinião expressa das próprias autoras da pesquisa.

vezes encontramos dentre nossos estudantes em sala de aula, aqueles que não se contentam apenas em ouvir o professor, eles precisam copiar (visão) a fala do mestre. Do mesmo modo, há aqueles que não conseguem entender o conteúdo apenas lendo, precisam escutar o conteúdo.

Canabrava e Vieira (2006) tiveram acesso aos resultados de uma pesquisa em Psicologia Experimental da Fundação Getúlio Vargas – FGV –, na década de 80, relatando que, com relação ao público adulto, o emprego adequado dos recursos didáticos, combinando dois ou mais estímulos (principalmente visão e audição), aumenta, consideravelmente, a retenção das mensagens. O emprego adequado desses recursos didáticos, quando combinado a mais de dois estímulos, eleva a retenção das mensagens (dados e informações) em cerca de 35% e as conservam na memória por período maior. Observe a tabela 1:

Mensagem Recebida por Estímulo	Dados e Informações Retidos (não informado quanto tempo depois)
Visual	75%
Auditivo	13%
Tato	6%
Paladar	3%
Olfato	3%
Conjugando Visual e Auditivo	Há aumento da retenção (% não informado)
Conjugando todos os sentidos	Aumenta em 35% a retenção

Tabela 1: Resultado da Pesquisa em Psicologia Experimental da FGV/1980 (adaptado de CANABRAVA e VIEIRA, 2006, p. 121)

Essas autoras também citam em sua obra outra pesquisa (realizada por *Socondy-Vacuum Oil Co. Studies* de 1971) acerca da retenção da aprendizagem. Segundo esses resultados, o instrutor (no

nosso caso, o professor) deve utilizar estratégias metodológicas ativas e multimeios (recursos plurissensoriais) em suas aulas, para facilitar o processo ensino-aprendizagem. A tabela 2 apresenta os resultados dessa pesquisa:

Percentual de Retenção Mnemônica		
Como aprendemos		
1% mediante paladar	1,5% mediante tato	83% mediante visual
3,5% mediante olfato	11% mediante auditivo	
Percentual dos Dados Retidos pelo Aprendiz		
10% do que lê	20% do que escuta	79% do que diz e discute
30% do que vê	50% do que vê e escuta	90% do que diz e realiza
Método de Ensino		
	Dados retidos após 3h	Dados retidos após 3 dias
Somente oral	70%	10%
Somente visual	72%	20%
Oral e Visual conjuntamente	85%	65%

Tabela 2: Resultado da Pesquisa realizada por Secondy-Vacuum Oil Co. Studies de 1971 (adaptado de CANABRAVA e VIEIRA, 2006, p. 122)

Os sentidos colaboram no processo de apreensão e retenção dos conteúdos. Muitos são os recursos que podem ser utilizados em nossas aulas, como por exemplo: computador, projeção de *slides*, projetor de multimídias, cartazes, quadro mural, transparências e videoconferências. Se levarmos em consideração todos esses aspectos, as TIC poderão constituir um recurso facilitador no processo ensino-aprendizagem, pois alia imagem e som, além do fato do estudante poder também interagir com o que está sendo ensinado.

Gomes (2000) apresenta a relevância do uso das TIC no processo de construção do conhecimento – principalmente, na produção e utilização das informações no contexto da educação formal –, por facilitar a

interação entre os sujeitos inseridos nos ambientes da cultura. Para este autor, com o apoio dos recursos tecnológicos, o homem recria seus espaços culturais, amplia o acervo de conhecimentos e suas formas de circulação, como também explora novas possibilidades de apreensão e ressignificação do mundo, transformando a aquisição do conhecimento em um processo dinâmico e complexo.

As TIC estão se convertendo cada vez mais em parte integrante de nossas vidas, tanto no aspecto do mundo do trabalho como em nossa vida diária. Geralmente, oferecem-nos muitas oportunidades e novas aplicações. No que diz respeito ao acesso ao conhecimento, seu uso é essencial para a integração do jovem no mundo do trabalho e garantia de uma cidadania ativa. As TIC são um instrumento para uma aprendizagem eficiente e flexível, pois oferecem soluções individuais e flexíveis para cada tipo de problema, seja ele a distância, o tempo e o lugar, desde que se tenha uma estratégia pedagógica bem definida.

Stensmann (2005) realizou um estudo de aprendizagem desenvolvido numa escola profissional de Porto Alegre no qual utiliza ambientes de EAD (o Teleduc, desenvolvido pela UNICAMP) para proporcionar um espaço virtual fora do horário escolar, no qual o estudante possa estender a discussão sobre o que foi discutido em aula, aumentando potencialmente o contato com a disciplina de Física. Segundo esse autor, neste contexto, o estudante se torna mais ativo no seu processo de crescimento intelectual. Concordamos com o autor, ao

considerar que o uso das TIC possibilitam o envolvimento do aluno com o conhecimento que é trabalhado em sala de aula.

Toschi e Rodrigues (2003) relatam os resultados de sua pesquisa, desenvolvida nos anos de 2000 a 2002, envolvendo quatro cidades de Goiás. A finalidade desse estudo era a introdução do uso de tecnologias na educação, em especial a informática, de forma prazerosa, sem os anseios que, geralmente, têm acompanhado experiências desse gênero. O acompanhamento desse processo, a identificação e análise das necessidades dos envolvidos constituíam também objetivos desse projeto, além da produção de materiais didáticos, análise de vídeos e materiais de apoio para a formação de professores. A metodologia foi qualitativa e visava à intervenção nos processos, execução de atividades, acompanhando-as e analisando os resultados. Incluía oferecimento de cursos, reflexões teóricas em grupo de estudos, jornadas acadêmicas, consultorias com especialistas, produção fotográfica e de vídeo e criação de *homepages*¹². Os resultados obtidos foram três relatórios de iniciação científica, um CD-R para uso em cursos à distância de didática e a criação, elaboração e publicação de um Museu Virtual da Educação. As conclusões levaram à compreensão de que trabalhos que incluem tecnologias na educação requerem atuação articulada de três dimensões: acadêmica, técnica e de gestão, isto é, a existência de uma política institucional para uso das tecnologias na educação.

12 O termo inglês *homepage* significa, literalmente, "página casa". É a expressão que designa a página de abertura de um site (TOSCHI et al, 2003).

Apesar de alguns problemas que uso do computador trouxe como o isolamento de algumas pessoas, por exemplo, as TIC vêm para amenizar esse problema pela disponibilidade de interagir com o outro. As TIC representam um suporte material que tanto pode facilitar o processo ensino-aprendizagem quanto contribuir para transformar as relações entre seus usuários. O professor nesse processo é mediador e promove uma troca de conhecimentos com seus estudantes. Essa mediação, por ser de forma lúdica e interativa por excelência, fascina os jovens estudantes que se sentem mais em seu mundo e os aproximam mais do objeto a ser estudado.

Jeferson Wolff (2005) faz uma análise de como é ensinada a Física numa escola particular de Porto Alegre/RS e justifica o uso das TIC no Ensino de Física, em especial no conteúdo de *Mecânica dos Fluidos*. Ele explica que entender Física para muitos é difícil e complicado, devido aos inúmeros conceitos, princípios, leis e equações, e que, muitas vezes, o aprendiz os memoriza mecanicamente ao invés de entendê-los. Dando continuidade, ele argumenta que a invenção da roda, das máquinas térmicas, do foguete, dos aceleradores de partículas, dos equipamentos de mergulho, do equipamento de rádio e TV, levam o homem a avançar e criar novas tecnologias. A intenção é entender cada vez mais como funciona o Universo e as coisas a nossa volta, utilizando sempre que possível esses instrumentos como facilitadores ou até mesmo como incentivadores do querer aprender, pois permitem a interatividade entre

as partes. No mundo atual, as TIC estão em toda parte e nossos estudantes fazem uso freqüente delas apresentando grande habilidade com esse recurso, às vezes, maior que a do próprio professor. O autor conclui que, especialmente no ensino de Física, as TIC permitem que fenômenos físicos, nitidamente dinâmicos, sejam apresentados de forma dinâmica para os estudantes através de animações e vídeos gravados das experiências realizadas.

No uso das TIC, Monteiro, Ribeiro e Struchiner (2007) analisam no campo específico das práticas educativas, tendo por objeto a comunicação entre participantes de um fórum de discussão *on-line*, que se faz sob o título de prática interativa para promover intercâmbio de informações e de experiências. Do ponto de vista teórico, as relações entre os participantes são analisadas segundo categorias da teoria da ação comunicativa em interlocução com a classificação dos discursos. A análise realizada permite afirmar que, se de um lado, esses ambientes autoproduzidos interativos (como *chats* e grupos de discussão *on-line*) mostram-se como recursos potenciais para transformar as relações sociais, de outro, esses mesmos recursos podem ser utilizados para reforçar relações de poder, servindo menos para a interação e mais para consolidar idéias e propostas que se quer efetivar. Concordamos nesse aspecto, visto que, muitos adolescentes tímidos têm vergonha de expor suas idéias e opiniões na escola formal, mas não se sentem constrangidos ao participar de *fóruns*, *chats* e *salas de bate-papo na internet*.

Silva-Pena *et al* (2006), em estudo realizado com jovens de uma escola municipal de Ensino Médio (primeiro e segundo anos) da região metropolitana do Chile, apontam que os estudantes percebem que as TIC são uma necessidade imediata e que a escola não está respondendo adequadamente. Esses autores afirmam que, no âmbito qualitativo, as pesquisas solicitadas pelo Ministério da Educação chileno sobre o processo do uso das TIC, apontam resultados positivos por parte dos diretores, professores e encarregados dos Laboratórios. Eles afirmam que essa abordagem tem motivado o estudante tornando o processo ensino-aprendizagem interessante, pois promove estratégias de aprendizagem ativa, transformando os estudantes em atores ativos de sua formação. Concepções contrárias que permitissem contrastar com essa imagem positiva dos diretores e professores e mesmo com a percepção dos jovens não foram encontradas nessa pesquisa. A conclusão dessa pesquisa foi que esses jovens percebem essas tecnologias como ferramentas indispensáveis para seu desenvolvimento pessoal e inserção no mundo do trabalho.

Outra forma reconhecidamente satisfatória no uso de Tecnologias na Educação é o EAD (Ensino a Distância). Muitas Universidades Brasileiras já adotaram com sucesso essa modalidade de ensino conhecida em seus cursos de graduação e pós-graduação. Dentre elas, encontra-se o Colégio Militar de Manaus (CMM): em 2002, o DEP¹³ (Departamento de

13 Subordinado ao Exército Brasileiro.

Ensino Preparatório) aprovou a criação do projeto denominado **Ensino a Distância do Colégio Militar de Manaus** (EAD/CMM) cujo objetivo inicial foi o de permitir a continuidade de estudos (escola regular) das comunidades locais e dos filhos e dependentes (10 a 17 anos de idade) de militares que servem nas áreas de fronteiras brasileiras na Amazônia Legal.

A situação precária dos Postos de Fronteira aliado aos prejuízos à escolaridade dos filhos e dependentes dos militares enviados às regiões de fronteira, acarretava, muitas vezes, além de intranqüilidade do militar, o fim de muitos casamentos. Nesse contexto surge o projeto do EAD no CMM numa missão social: seu objetivo principal é viabilizar a educação básica (do 6º ao 9º anos do Ensino Fundamental mais os três anos do Ensino Médio) de qualidade na Amazônia, uma área essencial para o país, mas que, segundo Silva (2008), "ainda enfrenta dificuldades estruturais de base, seja em condições materiais ou humanas, imprescindíveis para que seu desenvolvimento adequado seja viável." A SEAD (Seção de Ensino a Distância do CMM) é respeitado e reconhecido pela UNESCO. O projeto teve início em 2002 com cinquenta e quatro estudantes matriculados nas séries finais do Ensino Fundamental e conta, atualmente, com trezentos e setenta e um estudantes (sendo que cento e cinquenta e três estão matriculados no Ensino Médio). A proposta para **2009** é que o atendimento seja ampliado para estudantes que estejam impossibilitados

conteúdos em mídias (CD e DVD) e implementação de um ambiente virtual de aprendizagem (AVA).

Sob o ponto de vista tecnológico, segundo Silva (2008), é extremamente eficaz e a adaptação ao sistema tanto pelos discentes como pelos docentes foi plena e exitosa. A interatividade obtida após o uso das mídias eletrônicas facilitou muito o processo ensino-aprendizagem. Sob o ponto de vista social, o que antes era um fator muito preocupante (servir nas áreas de fronteiras), as pesquisas realizadas anualmente pela SEAD apontam que 96% dos pais e estudantes classificam o serviço oferecido nos conceitos **excelente** e **muito bom**. Enfim, apresentando um índice de reprovação de apenas 4%, apresentando aprovação em vestibulares de universidades públicas e em concursos de admissão em Academias Militares, o EAD/CMM é uma experiência brilhante e quem vem dando certo, podendo ser ampliada, como é seu projeto para 2009.

Outra experiência exitosa em nosso estado é o projeto desenvolvido pela SEDUC (Secretaria de Estado da Educação e Qualidade de Ensino) que é o **Ensino Médio Presencial com Mediação Tecnológica** através do apoio do Centro de Mídias de Educação do Amazonas (CETAM). O estudo que ora apresentamos é sobre o Ensino de Química por ser mediado por uma das professoras do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências da UEA (do nosso Mestrado), a Professora Doutora Ana Frazão Teixeira. Esse programa

presencial com mediação tecnológica está levando para as comunidades ribeirinhas e rurais do Amazonas o Ensino Médio para os alunos que não tinham condições de dar continuidade aos seus estudos. O programa está criando possibilidades para o aprendizado formal da população, bem como o resgate da cidadania e auto-estima.

Para quem ainda não conhece as dificuldades e os desafios enfrentados pelas comunidades ribeirinhas, fica difícil antever o mérito dessa iniciativa. O estado do Amazonas se encontra numa região na qual o meio de transporte mais utilizado é o barco, já que os rios são as estradas naturais de nossa região. Isso sem falar da distância entre a capital e alguns municípios, o que também dificulta a busca por uma melhoria da qualidade educacional.

Para que o Ensino de Química, nesse projeto, fosse o mais contextualizado possível com a região amazônica, foram utilizados materiais naturais ou artificiais manuseados no próprio cotidiano dos estudantes: a madeira da floresta, as ervas medicinais, os peixes dos igarapés, a borracha, a tinta extraída de alguns vegetais, dentre outros. Nas palavras de Teixeira e Monteiro (2008)¹⁴,

Observamos a formação dos conceitos químicos quando intermediávamos a discussão nas interatividades, fazendo perguntas relacionadas com o cotidiano deles. Foi possível também discutir sobre a função social e cultural desse conhecimento químico e o que significava para a comunidade saber coisas fundamentais em Química.

14 Relato de experiência apresentado no IX Encontro Internacional Virtual Educa 2008, em teleconferência, ocorrido em Zaragoza (Espanha), em julho de 2008.

A proposta foi adequada ao primeiro ano do Ensino Médio e implementada com os conceitos pertinentes à compreensão dos fenômenos químicos em nosso meio, buscando um contexto diretamente relacionado à vivência das pessoas das comunidades. Para as autoras, isso possibilitou a concretização do que desejavam ensinar e, concomitantemente, possibilitou a reinterpretação e recriação do contexto através das vivências dos conceitos químicos de forma científica.

A perspectiva do curso é multidisciplinar, pois, nos tempos atuais, é fundamental que se pense numa educação integral e continuada. A escola, nesse caso, como espaço integrador de mídias, tem o Esta do como orientador das políticas fomentadoras e disseminadoras de práticas, sendo o eixo compreendente à recontextualização.

A gestão das mídias na comunidade integrou diferentes espaços, valorizando a cultura regional e evidenciando a didática e a utilização das TIC. O processo ensino-aprendizagem foi mediatizado por diferentes materiais educacionais e estruturou uma relação bidirecional e dialógica, possibilitando o ato educativo.

As comunidades participantes do programa puderam ter uma visão geral do papel do Ensino de Química na sociedade e sua relação com outras Ciências, possibilitando que esses estudantes pudessem dar continuidade aos seus estudos, inclusive, ingressando no Ensino Superior.

Apesar de todas as pesquisas supracitadas apresentarem as vantagens e os avanços tecnológicos advindos com as TIC, isso não significa aceitação irrestrita das mesmas. Ao lado dos que vêem a situação com otimismo, a voz mais conhecida é a do filósofo francês Pierre Lévy (1999), autor do conceito de *inteligência coletiva*, que é aquela inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências. O filósofo não nega a possibilidade das redes de informação virem a reproduzir e amplificar as distorções da cultura de massas, mas defende que se deve aproveitar o potencial da coletivização do saber contido nas TIC – especialmente no atual momento, que ainda é o de formação de uma cultura do futuro, de uma sociedade multimídia e globalizada.

É um recurso viável e imprescindível, principalmente na região amazônica, não só devido ao fato de promover no estudante uma motivação para os estudos, mas também por que devido à nossa imensidão e baixo índice demográfico, muitas crianças não terem a cessa nem à escola e nem professores. Em situações assim, o EAD, possibilitado pelas TIC, é de suma importância para a inclusão, a construção da identidade, troca de saberes, a cidadania e a educação dos povos ribeirinhos.

1.2.1. A Proposta

Para Silva e Silva (2008):

Já se tornaram ultrapassadas as aulas em que o professor apresenta os seus conteúdos de forma linear e rigidamente configurada. É preciso imagem, som, movimento, interação. (SILVA e SILVA, 2008, p. 25)

[...]

O "novo ensinar" não requer nem possibilita fórmulas prontas, pois suas estratégias devem basear-se nas faces do "novo aprender". (Obra citada, p.27)

Segundo Medeiros e Medeiros (2006), para que o estudante se envolva cognitivamente, há necessidade de se proporem atividades que o leve além da pura memorização. Esse conhecimento deve ser construído e reconstruído, pois se for apenas implementado ou transferido, incorre -se no erro de se estar no patamar da aprendizagem mecânica, que não é nosso objetivo.

A proposta é apresentar a figura humana do cientista presente por detrás das fórmulas e dos conceitos. Queremos apresentá -los como pessoas que viveram num dado contexto histórico, que muitas vezes foram ridicularizados por seus pares e pela sociedade em geral. Mas, se hoje não acreditamos mais que o Sol é puxado ao redor da Terra por uma teia invisível (Aristóteles), ou mesmo que a Terra gira ao redor do Sol (Copérnico), pois Einstein com a teoria da Relatividade nos apresenta que Sol e Terra estão em movimento relativo com o outro e com todas as massas do Universo, devemos um certo respeito a esses cientistas que doaram sua vida pelo avanço do conhecimento científico para facilitar nossa vida e nosso conforto.

A importância da História da Ciência – especialmente, a da Física –, é relevante, pois Bachelard (1996) afirma a necessidade de se valorizar essa história do conhecimento científico, de se compreender a sua ligação com as descobertas científicas, tanto as do passado como as do presente. Mas, para que se mantenha o interesse por essa história há de se integrar a cultura científica à cultura geral. Bachelard (1996) propõe ainda que, da mesma forma que o professor de História trabalha com os estudantes a biografia dos grandes vultos, cabe ao professor das Ciências fazer o mesmo, mas com os grandes cientistas.

Infelizmente, o contato que nossa geração teve com biografias de grandes vultos não foi algo prazeroso, reduzindo -se à memorização de datas, nomes e lugares. Para não incorreremos nesse mesmo erro, optamos por apresentar um trabalho diferente: apresentar a História da Física para o Ensino Médio com o uso dos recursos das TIC.

O mais importante: precisamos estar atentos aos erros históricos cometidos pedagogicamente para ampliarmos nossas possibilidades de acertos quanto ao uso adequado das TIC no processo ensino-aprendizagem de Física, para que estas não se tornem apenas uma roupagem nova numa figura velha. Pretende -se que os alunos reconheçam a Ciência como uma construção não linear ou fragmentada e que sua História representa o fio condutor do mundo que conhecemos hoje com todos os seus benefícios/malefícios.

A Ciência, especialmente a Física, não é um produto acabado em si mesmo, apesar da visão de falsa simplicidade que se revela nos próprios livros didáticos utilizados nas escolas. E isso não deixa de ser um obstáculo epistemológico, pois constitui uma atitude ingênua frente à Ciência. Essa visão simplista nos leva a encarar o conhecimento científico como algo óbvio e natural, o que, na realidade, não é.

O conhecimento científico é uma “construção sofisticada e gradual da mente humana (GATTI, 2005, p.55)”, e não pode ser simplesmente transmitido pelo professor (como é feito no Ensino Tradicional) como se fosse uma *revelação de Deus* a alguns poucos iluminados (como pensava Galileu), como se essas descobertas e invenções não partissem de um conhecimento elaborado. Essa atitude, tão presente em nossas escolas e na visão que temos sobre a História das Ciências – em especial, da Física – é *nociva*, principalmente num país em que o índice de reprovação nessa disciplina é assustador e quase não temos mais jovens querendo cursar Física nas Universidades. Como instigar um jovem adolescente para que ele se motive a estudar Física? Segundo Castro e Carvalho (1992, citado por GATTI, 2005):

A introdução da dimensão histórica pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas também do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.

Rubem Alves¹⁵ (PRADO, 2002), numa entrevista à Revista Nova Escola, diz que “nosso Sistema de Educação dá a faca e o queijo, mas não desperta a fome em nossas crianças”, e essa fome é a curiosidade de aprender. Esse *instigar* é o propósito de nossos vídeos de curta duração de História da Física.

Nossa intenção é que os estudantes, ao assistirem a esses vídeos, tenham a curiosidade de ler mais sobre o avanço do conhecimento científico e de como chegamos aos conceitos e descobertas do mundo atual.

Para Rubem Alves (PRADO, 2002), nosso corpo é muito mais inteligente que nossa cabeça por carregar duas caixas: uma é a *caixa de ferramentas*, com tudo o que precisamos para resolver questões práticas do cotidiano; a outra, a *caixa dos brinquedos*, está tudo aquilo que, embora não seja útil, está nosso prazer e alegria (música, poesia, capacidade de contemplação, ou seja, na visão de muitos pode não servir para nada, mas compõem a felicidade humana). Para ele, tudo o que não é ferramenta e nem brinquedo é esquecido.

Rubem Alves (PRADO, 2002) dá o exemplo de como, quando somos instigados a aprender algo, motivamo-nos a aprender, porém, ele afirma que, na escola, o aluno entra numa oficina e dizem para ele: “Vamos aprender o que é martelo, serrote e prego”. As ferramentas são

15 Entrevista concedida ao então editor especial da Revista Nova Escola Ricardo Prado em Campinas (ver Referências).

apresentadas de maneira abstrata e divorciadas da vida e isso se torna entediante para o aluno. Em nossa opinião, como não há formação de subsunções, não há aprendizagem significativa, então, o aluno descarta aquilo que, a seu ver, é inútil. E isso nos remete à reflexão de que não adianta apenas ter um material potencialmente significativo, como nosso produto, o *site em ensino de Física*, mas o professor precisa saber usá-lo e o aluno deve querer aprender de modo não-arbitrário e substantivo (AUSUBEL, 2000).

Capítulo 2

O CAMINHO DA PESQUISA NA REALIDADE DO AMAZONAS

2. O CAMINHO DA PESQUISA NA REALIDADE DO AMAZONAS

2.1. ESTUDO EXPLORATÓRIO

2.2.1. A Realidade Escolar no Amazonas

O Ensino de Ciências no mundo e particularmente no Brasil apresenta sérias dificuldades perante a falta de motivação de docentes e discentes para o estudo das componentes curriculares de Física, Química, Biologia e Matemática.

Num universo de quarenta e um países, os estudantes brasileiros na faixa etária dos quinze anos ocupam o penúltimo lugar no desempenho em Matemática e Ciências e o trigésimo sétimo em Leitura. Na média das três áreas de conhecimento, nosso país fica à frente apenas do Peru, ocupando a quadragésima posição.

Os dados constam da pesquisa sobre desempenho escolar, divulgada em julho de 2007 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Segundo o estudo, cerca de 50% dos estudantes brasileiros de quinze anos estão abaixo do nível 1 de alfabetização, uma escala criada pela UNESCO que classifica os estudantes

que têm dificuldade em utilizar os instrumentos da leitura para aumentar seus conhecimentos em outros assuntos.

De cinquenta e cinco mil escolas públicas no Brasil, apenas cento e sessenta e seis delas têm IDEB igual ou maior que 6 (seis) numa escala de 0 a 10 (zero a dez). Índice esse considerado médio entre países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) em qualidade de ensino.

O IDEB considera o desempenho dos estudantes na Prova Brasil (Exame realizado por todas as crianças de quarta e oitava séries do Ensino Fundamental do país) e no SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica, feito por amostragem). O SAEB é aplicado a cada dois anos, desde 1990 e avalia o desempenho dos alunos brasileiros da quarta e da oitava séries do Ensino Fundamental e da terceira série do Ensino Médio, nas componentes curriculares de Língua Portuguesa (Foco: Leitura) e Matemática (Foco: Resolução de Problemas).¹⁶

Se formos avaliar o Ensino de Ciências, o Brasil figura em último lugar, num grupo de trinta e dois países, segundo uma pesquisa da União Européia realizada em 2000. Enquanto a média dos países da União Européia na pesquisa foi de 500, o Brasil ficou com menos de 370, muito distante do México, o penúltimo colocado.

16 Essas informações estão disponíveis no *site* oficial do INEP:

http://www.inep.gov.br/basica/saeb/perguntas_frequentes.htm . Acesso em 01/Ago/08.

Em 2005, a Portaria Ministerial n.º 931 alterou o nome do histórico exame amostral do SAEB, realizado desde 1990, para Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB). Por sua tradição, entretanto, o nome do SAEB foi mantido nas publicações e demais materiais de divulgação e aplicação deste exame. As avaliações do SAEB produzem informações a respeito da realidade educacional brasileira e, especificamente, por regiões, redes de ensino pública e privada nos estados e no Distrito Federal, por meio de exame bienal de proficiência, em Matemática e em Língua Portuguesa (leitura), aplicado em amostra de alunos de sexto e nono anos¹⁷ do Ensino Fundamental e do terceiro ano do Ensino Médio¹⁸.

Desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), autarquia do Ministério da Educação (MEC), o SAEB é a primeira iniciativa brasileira, em âmbito nacional, no sentido de conhecer mais profundamente o nosso sistema educacional. Além de coletar dados sobre a qualidade da educação no País, procura conhecer as condições internas e externas que interferem no processo de ensino e aprendizagem, por meio da aplicação de questionários de contexto respondidos por alunos, professores e diretores, e por meio da coleta de informações sobre as condições físicas da escola e dos recursos de que ela dispõe.

17 Nova denominação para 5ª e 8ª séries, adotados a partir de 2008.

18 Essas informações estão disponíveis no *site oficial* do INEP: <http://www.inep.gov.br/>. Acesso em 27/Jul/08.

Para que se entenda a situação em que se encontra a Região Norte do nosso país, em especial, o Amazonas, apresentamos na Tabela 1 a Taxa de Aprovação da Rede Pública Estadual Região Norte de 2005 e 2007 do IDEB e da Prova Brasil:

Taxa de Aprovação, Prova Brasil, IDEB - Região Norte					
Unidade da Federação	Rede	Taxa de Aprovação 2005 - SI a 4ª	Taxa de Aprovação 2007 - SI a 4ª	IDEB 2005	IDEB 2007
Rondônia	Estadual	83,7	91,0	3,6	4,0
Acre	Estadual	78,4	-	3,3	3,8
Amazonas	Estadual	77,2	92,6	3,3	3,9
Roraima	Estadual	84,5	50,0	3,5	3,5
Pará	Estadual	70,1	-	2,8	2,8
Amapá	Estadual	78,7	52,4	3,1	3,0
Tocantins	Estadual	87,0	98,3	3,6	4,2

Tabela 3: Taxa de Aprovação da Região Norte (Prova Brasil) do Ensino Fundamental Regular (Séries Iniciais – até a 4ª série) e IDEB (2005 e 2007)

Com a experiência que temos como docente, observamos ao longo dos anos que os estudantes que mais têm dificuldade em entender Física são aqueles que ora não conseguem interpretar o que é pedido nos problemas ora não conseguem resolver os cálculos por não terem os pré-requisitos necessários em operações matemáticas. Ao fazer essa verificação e considerando, então, que para se assimilar Física são necessários conhecimentos tanto na língua vernácula como na ferramenta Matemática, já é fácil antever e explicar por que os resultados em Física no nosso estado, o Amazonas, são tão deploráveis. A partir da leitura da Teoria da Aprendizagem Significativa (ARAGÃO, 1976; AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 2006; NOVAK, 1981), entendemos o porquê disso: os alunos

não têm os subsunçores adequados para a nova aprendizagem. Isso será devidamente explicado mais adiante nesse capítulo.

Isso pode ser observado na Tabela 2, que apresenta os resultados das notas do SAEB (2005 e 2007) e da Prova Brasil da Rede Estadual da Região Norte:

REGIÃO NORTE		NOTA SAEB 2005			NOTA PROVA BRASIL/ SAEB 2007		
ESTADOS	REDE	Matemática	Língua Portuguesa	Nota Média Padronizada	Matemática	Língua Portuguesa	Nota Média Padronizada
Norte	Estadual	166,40	161,31	4,07	181,91	167,41	4,48
Rondônia	Estadual	171,94	166,28	4,27	186,52	170,24	4,62
Acre	Estadual	169,20	166,81	4,23	184,36	172,77	4,63
Amazonas	Estadual	172,45	159,61	4,16	186,09	171,54	4,64
Roraima	Estadual	169,17	161,60	4,13	185,75	171,12	4,62
Pará	Estadual	161,97	161,00	3,99	174,52	160,37	4,21
Amapá	Estadual	162,21	155,44	3,89	174,57	160,75	4,22
Tocantins	Estadual	169,66	161,24	4,14	183,43	168,39	4,53

Tabela 4: Taxa de Aprovação da Região Norte – Notas SAEB (2005 e 2007) e Notas Prova Brasil (4ª e 8ª séries)

Nas figuras 3 e 4, apresentamos a taxa de aprovação nas Escolas Estaduais de Manaus, Amazonas, nos anos de 2005 e de 2007. As notas são referentes às séries finais do Ensino Fundamental. O índice de notas varia de zero a cem (0 – 100) para facilitar o entendimento do leitor. O número total de escolas é de cento e cinqüenta. Optamos pelas Escolas Estaduais por serem essas as escolas que têm Ensino Médio e, por isso, a componente curricular de Física, onde pretendemos aplicar nossa investigação de Pesquisa.

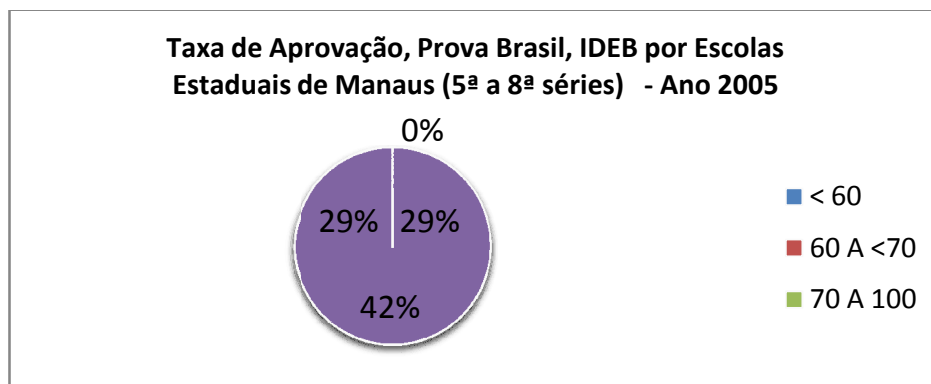


Figura 3: Gráfico da Taxa de Aprovação Prova Brasil, IDEB (5ª a 8ª séries) por Escolas Estaduais do Município de Manaus/ AM – Ano 2005

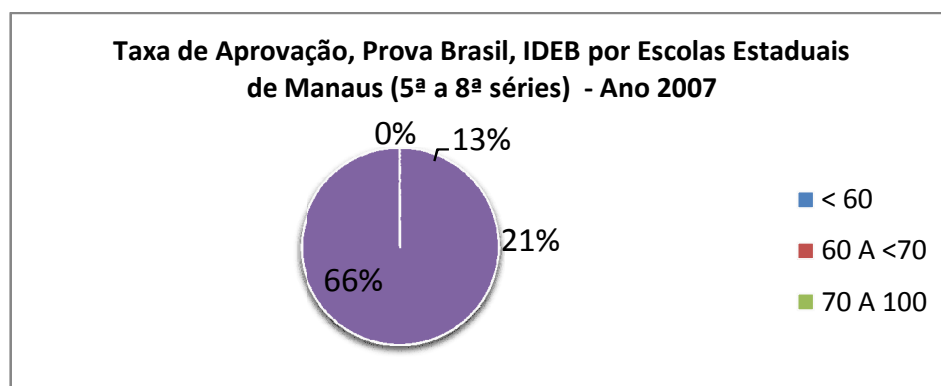


Figura 4: Gráfico da Taxa de Aprovação Prova Brasil, IDEB (5ª a 8ª séries) por Escolas Estaduais do Município de Manaus/ AM – Ano 2007

Apesar dos gráficos demonstrarem que houve certo aumento na taxa de aprovação, continua as dificuldades dos alunos no Ensino de Física, no que diz respeito aos pré-requisitos de Matemática e à leitura e interpretação dos problemas propostos nos livros didáticos.

2.1.2. Relato da Experiência na Escola Particular

No Brasil, no nono ano do Ensino Fundamental, a componente curricular de Ciências divide-se, geralmente, em Física e Química. Apesar de ser o primeiro contato dos estudantes com essas duas Ciências, infelizmente, a proposta na maioria das escolas brasileiras é apresentá-las como as disciplinas que mais reprovam no Ensino Médio e não como conteúdos que estão presentes em nosso dia a dia.

Uma das maneiras que encontramos para dar um significado às nossas aulas foi apresentar os cientistas por detrás de tantas fórmulas e conceitos muitas vezes difíceis de entender. Mas, não queríamos apresentar esses cientistas de uma forma endeusada, mas mostrá-los como pessoas que viveram num contexto histórico, que muitas vezes foram ridicularizados por seus pares e pela sociedade em geral ou se achavam o próprio mensageiro de Deus aqui na Terra.

Em nossa experiência na escola particular, para não termos em nossas mãos extensas biografias copiadas literalmente muitas vezes da *internet*, sem nem mesmo a curiosidade em serem lidas, optamos por propor um trabalho diferente: cada estudante apresentaria um vídeo de quatro minutos sobre a biografia de um cientista previamente escolhido e que resultasse atrativo para eles próprios, pois de nada adianta se ter um material potencialmente significativo se o próprio aprendiz não estiver

disposto a aprender (ARAGÃO, 1976; AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 2006; NOVAK, 1981).

O programa escolhido para esse fim foi o software do Windows: o *Movie Maker*, já que todos os estudantes tinham acesso ao PC. Primeiramente, no Laboratório de Informática da própria escola, ensinamos os passos básicos do *Movie Maker* para quem não o conhecia.

A partir do conteúdo programático de Ciências, escolhemos os cientistas de acordo com os temas: Estudo do Movimento (Arquimedes, Ptolomeu, Copérnico, Galileu, Kepler e Newton); Estudo do Átomo (Demócrito, Dalton, Rutherford, Bohr); Estudo da Tabela Periódica (Mendeleiev, Casal Curie, Pauling); Estudo das Funções e das Reações Químicas (Proust, Lavoisier); Mundo Contemporâneo (Sommerfield, De Broglie, Heisenberg, Einstein e Hawking) e As Mulheres na Ciência (o aluno que apresentou este vídeo não se restringiu à Química, ele fez uma homenagem a todas as mulheres que contribuíram para o progresso das Ciências, como o caso de Mileva Maric).

A avaliação proposta e bem aceita por eles é que o vídeo deveria ter uma abordagem significativa e cumprisse o objetivo pré-estabelecido. Nesse aspecto, os critérios foram muito bem definidos e explicados pelo professor, o que não poderia ser diferente. O professor mostrou um vídeo editado por ele próprio e foi explicando, no decorrer do filme, alguns erros que poderiam ocorrer se não se detivessem em certos cuidados

específicos. Em relação às biografias, a leitura do livro de Arnold (2002) foi condição *sine qua non* para que as mesmas não se tornassem aborrecidas e descontextualizadas do científico. Os alunos não tiveram dúvidas quanto ao que foi solicitado, prova disso foi a qualidade dos vídeos apresentados.

A metodologia constou das seguintes operações:

- (i) Os estudantes deveriam ter um marco teórico, que poderia ser encontrado em livros¹⁹, revistas e *internet* (desde que se utilizasse mais de um *site* de pesquisa);
- (ii) O método utilizado pelo professor foi o Trabalho Independente dos estudantes;
- (iii) O produto final desse processo foi um DVD com todos os vídeos feitos pelos próprios estudantes (aproximadamente 80 min.) que poderia ser assistido também em aparelhos de DVD. Na época, não foi possível hospedar os vídeos na *Web* devido à falta de um profissional habilitado na escola. Como não temos o costume cultural de guardar registros de nossas ações em sala de aula, o DVD com os vídeos também foi descartado, pois é política dessa escola que não se utilize o mesmo material no ano letivo seguinte, ou seja, novos alunos, novas formas de avaliações.

19 Dois dos livros utilizados foram os paradidáticos – *Caos Químico* e *Forças Físicas* – de Arnold (2006) escolhidos no início do ano letivo por mim, professora da disciplina de Ciências Físicas e Biológicas, por apresentar além de uma linguagem acessível, uma leitura muito prazerosa.

O papel do professor nesse processo é ser guia e orientador científico. Esse tipo de professor, orientador, tem um compromisso com que o estudante está aprendendo, pois ele busca desenvolver a atividade intelectual independente, atendendo as diferenças individuais do aluno ao estimular a formação de conhecimentos teóricos e os processos lógicos do pensamento.

O resultado obtido foi a total satisfação dos estudantes. A criatividade presente superou as expectativas. Ao final da apresentação de todos os vídeos, foi cedido um tempo para que os alunos fizessem uma autoavaliação, narrando como se deu a edição dos vídeos, as dificuldades encontradas, suas expectativas. A análise feita pelo professor a partir da fala dos alunos ao final da apresentação dos vídeos foi de que houve a elaboração de textos que serviram de marco teórico para se fazer a narração, houve uma preocupação muito grande em se apresentar imagens não estáticas e que fossem adequadas ao texto (muitos construíram suas imagens em formato “.gif ” por não encontrarem na rede), as músicas escolhidas também tinham relação com a época histórica, o tipo de legenda também foi outro critério que demandou tempo e esforço, pois se corre o risco de ter palavras cortadas no decorrer da frase. Nesse ponto, eles insistiram que, sempre que se acrescentou legenda, fez-se necessário assistir ao que se foi feito. O tipo de letra, a cor, o plano de fundo, também interferiam no resultado. Eles se envolveram muito com o projeto e foram além do esperado. Ao serem

questionados sobre a proposta, eles responderam que gostaram e a aprovaram, apesar de, no princípio eles terem tido certo trabalho, pois a média de tempo de 1min de filme é de uma hora de pesquisa (entre texto, imagem e áudio).

Antes de conhecerem a história desses cientistas, os alunos dessa turma tinham um rendimento baixo em Ciências e não se sentiam motivados para seu estudo: 60% estavam abaixo do desejado (isto é, se não fosse feito algo, eles iriam ser reprovados). Após a apresentação dos vídeos, eles passaram a se interessar mais pela disciplina, participando mais das aulas (não somente no que dizia respeito à teoria, mas também e, sobretudo, nas reflexões geradas nos temas abordados), motivaram -se para estudar e aprender (o que levou a aprovação geral dos vinte e dois alunos).

2.2. A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Os livros escolhidos para serem analisados são os mais utilizados nas escolas públicas e privadas de Manaus e foram cedidos pelas próprias editoras. O que será analisado nos mesmos é como se aborda a História da Física em seus capítulos: se é vista a partir de uma contextualização ou se é apresentada apenas o mito por detrás da fórmula, reforçando a idéia

de que a Física é algo sobrenatural, privilégio de algumas mentes brilhantes.

2.2.2. Descrição das Amostras

i. Ivan (2005)

O autor é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (1975). Na análise desse livro (Volume Único) pudemos observar que, em suas primeiras páginas, apesar do autor ter certa preocupação em apresentar um texto contemporâneo sobre a importância de se estudar Física, não apresenta no decorrer do livro nenhuma alusão à História da Física, com exceção daqueles conteúdos que não há como abordar sem falar um pouco do contexto histórico daquelas descobertas como, por exemplo, as Leis de Newton e Gravitação Universal, e, mesmo assim, superficialmente. Mesmo ao contar a história da Coroa de Hierão (Capítulo 9), o autor o faz de modo muito breve e superficial. Em outros momentos, o autor faz brevíssimas referências aos cientistas, quando fala, por exemplo, na Lei de Coulomb, ele escreve que “Coulomb foi o primeiro homem a verificar, no ano de 1784, que a intensidade da força elétrica entre cargas puntiformes é [...]” (p. 381) e ele segue com o enunciado da fórmula. Assim é também ao falar de outros cientistas de Termologia, por exemplo. São 439 páginas (dezoito capítulos) levando o estudante a

conceber a Física como uma disciplina que prima a resolução de exercícios (formulismo).

ii. *Aragão e Aragão (2004)*

Heliete é graduada em Física (UEL-PR) e Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática (UEL-PR), Pedro é Doutor em Física pela IF-USP e pós-doutor pela Università Degli Studi di Sassari (Itália). Esses autores fazem parte de uma equipe interdisciplinar que são responsáveis pelo material didático-pedagógico da Rede Salesiana de Ensino. É dividido em cinco unidades: Universo, Energia, Mecânica, Os Princípios da Dinâmica e Leis de Conservação. É o único livro analisado que segue as orientações dos PCN e não traz seus conteúdos fragmentados e engessados, preparatórios de exames de vestibulares. Os autores têm uma preocupação em abordar não só o contexto histórico como também de apresentar as descobertas em Física não como criações de gênios, num dado momento, mas sim, pesquisas de toda uma vida e sempre baseadas em estudos de outros cientistas. Os autores não trazem a História da Física como algo que complementa a informação do capítulo, mas como a motivação inicial do estudante ao se deparar com novos conhecimentos introduzidos em cada capítulo. Traz inclusive citações dos originais, como Aristóteles, Galileu e Newton. Ao apresentar as Leis de Newton, os autores fazem questão de apresentar o próprio texto de Newton retirado dos *Principia*. É um dos poucos livros que abordam a Teoria da Relatividade de Einstein numa linguagem acessível e interessante.

iii. *Bonjorno et al (1993)*

Na análise desse livro (Volume Único) pudemos observar, em suas primeiras páginas, que os autores tiveram certa preocupação em apresentar uma breve biografia de dois cientistas no início de cada **parte** do mesmo. O livro é dividido em cinco partes: **A** – Mecânica, **B** – Termologia, **C** – Óptica Geométrica, **D** – Ondulatória, **E** – Eletricidade. São dezoito (18) unidades. Na Unidade I, Introdução, eles tentaram contextualizar historicamente em duas páginas o longo processo histórico do conhecimento físico adquirido desde a Antigüidade até os nossos dias. Nas Unidades subseqüentes, isso se reduz à meia página. No Capítulo 3, de Gravitação Universal, há uma necessidade maior de se contextualizar historicamente devido aos próprios conceitos que são trabalhados nesse conteúdo específico. O que observamos é que o modo como a História da Física foi abordada por esses autores foi insuficiente e reduzida a breves linhas, sem apresentar ao estudante a evolução do conhecimento científico. Não há dados sobre a formação acadêmica dos autores.

iv. *Carron e Guimarães (1999)*

Os autores são licenciados em Física. Na análise desse livro (Volume Único) pudemos observar que os autores tiveram certa preocupação em apresentar os conteúdos compartmentados em doze unidades com trinta e seis capítulos e é voltado para uma carga horária reduzida: primeiro ano (Introdução à Física, Cinemática, Dinâmica, Os

Princípios da Conservação), segundo ano (Equilíbrio, Termologia, Óptica, Ondulatória), terceiro ano (Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo, Física Moderna). Traz um brevíssimo histórico sobre a evolução do conhecimento científico no primeiro capítulo e só volta a citar algo sobre contexto histórico apenas no capítulo concernente à Gravitação Universal (Capítulo 11), no de Temperatura e Calor (Capítulo 15), no de Termodinâmica (Capítulo 18), no de Luz (Capítulos 19 e 22), em Eletrostática (Capítulo 25), Magnetismo (Capítulo 32), Astronomia (Capítulo 34), Radioatividade (Capítulo 36), Física Nuclear (Capítulo 37), mas tudo muito conciso, em poucas linhas, às vezes não totalizando um parágrafo.

v. *Nicolau e Toledo (1998)*

Nicolau é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo e Engenheiro Metalurgista, Toledo é Médico diplomado pela Universidade de São Paulo e professor de Física. Na análise desse livro (Volume Único) pudemos observar que os autores se preocupam em afirmar que a obra contempla toda a programação de Física que é cobrada nos exames de vestibulares. O livro é dividido em nove partes: Cinemática, Dinâmica, Estática, Hidrostática, Termologia, Óptica, Ondas, Eletrostática, Eletrodinâmica e Eletromagnetismo. Apesar dos autores anunciarem na Apresentação que os estudantes terão acesso a uma pequena cronologia de Física (Física no Tempo) ao final das Unidades Temáticas para que eles tenham uma idéia de como se formou o pensamento científico, não

concordamos que essa brevíssima “cronologia” (vários séculos em uma página ou menos) ajude o estudante a ter essa idéia que os autores se propõem. Inclusive, o mais correto seria chamar essa seção de Linha no Tempo.

vi. Gaspar (2000)

O autor é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo, é Mestre em Ensino de Física e Doutor em Educação. Na análise dos três Volumes (Volume 1 – Mecânica; Volume 2 – Ondas, Óptica e Termodinâmica; Volume 3 – Eletromagnetismo e Física Moderna) pudemos observar já no 1º capítulo de cada um deles certa preocupação em apresentar que, para que a Física chegasse ao seu estágio atual, inúmeras pessoas, ao longo dos séculos, refletiram, formularam e testaram as mais variadas idéias, hipóteses e teorias para descrever e explicar o comportamento da natureza. Esse tema é trabalhado ao longo de alguns capítulos em Quadros de Leitura Complementar (em azul) numa linguagem acessível. No primeiro Volume apresenta a evolução do conceito de movimento e de repouso, de Aristóteles a Newton, embora não dê a importância devida ao fato (apresentada por Silver e já comentada nesse artigo). No segundo Volume, traz discussões às vezes mais filosóficas do que físicas. Não apresenta o conceito evolutivo de Calor. No terceiro Volume, o autor aborda todo um contexto histórico desde o âmbar de Tales de Mileto até a Física do século XX. Apesar de ser um dos autores que mais se preocupou em apresentar não apenas a

biografia do gênio, mas o próprio contexto histórico e construção humana por detrás da descoberta, ainda traz a História da Física em pequenos trechos e como Leitura Complementar.

vii. Paraná (2003)

O autor é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Este livro (Volume Único) está estruturado em três partes, com setenta e cinco módulos: Mecânica, Termologia – Óptica – Ondulatória, Eletricidade – Física Moderna. Traz ao fim de alguns módulos (capítulos) uma seção intitulada Contextos, Aplicações, Interdisciplinaridade onde apenas uma única vez se aborda um pouco de História da Ciência.

viii. Paraná (2005)

O autor é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Este livro (Volume 1) foi adotado pelo Governo do Estado do Amazonas no ano de 2007. Apesar de ser um volume bem reduzido, há certa preocupação do autor em apresentar um pouco de História antes de iniciar os capítulos.

ix. Ramalho, Nicolau e Toledo (2007)

Ramalho é professor de Física em cursos Pré-Vestibulares, Nicolau é licenciado em Física e Engenheiro Metalúrgico, Toledo é médico diplomado e professor de Física em cursos Pré-Vestibulares. Os autores apresentam os textos sobre História da Física com o intuito apenas de

servir para pesquisas adicionais, se o professor tiver interesse. Esses textos são reduzidos apenas a situar na Linha do Tempo os cientistas e seus feitos, numa espécie de biografia. Complementando essas biografias, há uma seção intitulada *Enquanto Isso...* na qual os autores fazem breves considerações a respeito das personalidades importantes do período em diferentes ramos de atividades. Esse é um dos livros mais utilizados pelas escolas em todo o território brasileiro. O primeiro volume é dedicado à Mecânica, de seus vinte e um capítulos apenas ao fim de seis capítulos traz uma página de História da Física (biografias de cientistas). O segundo volume é dedicado à Termologia, à Óptica e aos Fenômenos Ondulatórios. Dos dezenove capítulos apenas ao fim de três capítulos traz uma página de História da Física (biografias de cientistas), mas em relação aos outros livros analisados traz a evolução do conceito de Calor. O terceiro volume é dedicado à Eletricidade, à Análise Dimensional e a algumas Noções de Física Moderna. Dos vinte e um capítulos, apenas ao fim de quatro capítulos traz uma página de História da Física (biografias de cientistas).

Após a consulta feita nos livros didáticos de Física do Ensino Médio concluímos que a História da Física aparece em poucas folhas ou em poucas linhas em alguns capítulos como se não tivesse nenhuma ligação com o tema abordado que está sendo ensinado e sem nenhuma ligação com o conhecimento prévio do estudante. Em termos da teoria de Ausubel (2000), ao iniciar a aula a partir do conhecimento prévio dos estudantes e abordar o contexto histórico do tema é identificar os conceitos

subsungores existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Mesmo quando o tema é tratado, a abordagem utilizada deixa transparecer apenas que aquelas pessoas tinham mentes brilhantes e que nós, restante da humanidade, jamais poderemos fazer descobertas que tenham algum valor neste início de milênio. Fazem desses grandes cientistas, gênios, mitos, e ao fazer isso, acabam comprometendo as concepções alternativas dos estudantes. Esperamos que as críticas feitas sirvam de auxílio aos autores dessas obras para terem uma visão diferenciada e que se atenham que o Ensino Médio, a partir do Artigo 35 (Finalidades do Ensino Médio)²⁰ da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) 9394/96, não é apenas preparatório para o Vestibular.

A análise demonstrou também que há uma grande necessidade de que esse tema seja abordado nos Livros Didáticos de Física não somente para estimular o interesse dos estudantes no Ensino de Física, mas também para que os tornem mais compatíveis com as novas tendências curriculares propostas inclusive pelos PCN.

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

2.3. DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

2.3.1. Abordagem Metodológica

Para Barbosa e Miki (2007), toda investigação necessita de um parâmetro norteador que oriente a conduta do pesquisador na organização da pesquisa. Para estes autores, dependendo do objeto a ser investigado e como se desenvolverá essa investigação, há um tipo específico de pesquisa. Pautando-nos nisso, escolhemos a pesquisa do tipo **Pesquisa-Ação**, que

É um tipo de pesquisa social, com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com a realidade ou com a resolução de um problema coletivo, em que os participantes e os pesquisadores representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Não se trata de simples coleta de dados ou de relatórios a serem arquivados. Com a pesquisa ação, os pesquisadores pretendem desempenhar um papel ativo na própria realidade dos fatos observados. Consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada investigada (THIOLENT citado por BARBOSA e MIKI, 2007, p. 25).

Os instrumentos utilizados na pesquisa para a coleta de dados foram o questionário para os professores (técnica: enquete) e a entrevista com o *experts*. Primeiramente, pensáramos que seria fácil entrevistar os professores, mas o que se viu foram escolas negando a realização da entrevista e permitindo apenas a enquete. A grande desculpa entre

Diretoras e Coordenadoras Pedagógicas era que *"... os pesquisadores apareciam nas escolas munidos de todos os apetrechos da pesquisa, com o orientador à tira-colo, passavam meses observando e perturbando a rotina da sala de aula, mas nunca davam retorno da pesquisa para essa comunidade que os acolhera"*. Apenas em três escolas (das dezesseis escolas visitadas), foi possível realizar a entrevista; nas restantes, foi realizada a enquete.

Depois de aplicado o Questionário, tivemos a sensibilidade de verificar que a idéia inicial deveria ser modificada. Se inicialmente a proposta era que o professor incentivasse os alunos a editarem vídeos, vimos que isso seria difícil na atual conjuntura das escolas públicas amazonenses – explicaremos melhor essas dificuldades quando formos fazer uma discussão dos resultados da entrevista/enquete mais adiante – e, resolvemos optar pela construção de um *site* que o professor de Física pudesse utilizar em suas aulas.

2.3.2. Coleta de Dados

Nesse capítulo apresentaremos e discutiremos o resultado das enquetes e entrevistas realizadas com professores que atuam no Ensino de Física, na Educação Básica, das escolas públicas do município de Manaus, Amazonas.

Nessas enquetes, procuramos obter informações referentes à:

- ☞ Delimitar o ambiente e o tipo de profissional (escola pública, professor do Ensino Médio ou do nono ano do Ensino Fundamental);
- ☞ A utilização das TIC em seu planejamento e que informações ele tem acerca das TIC;
- ☞ A utilização da História da Física em suas aulas e qual o referencial adotado para isso, já que na análise feita nos livros didáticos este assunto é abordado de forma deficitária;
- ☞ Que temas eles gostariam que fossem explorados num *site* de Ensino de Física (as demais ferramentas do nosso *site* foram oferecidas a partir do resultado dessa pergunta).

Para a realização dessa enquete, elaboramos um questionário com onze questões fechadas (mas os professores poderiam escrever alguma observação que achasse pertinente, como alguns fizeram) que foram respondidas individualmente por vinte e cinco professores de dezesseis escolas públicas do município de Manaus, Amazonas, de diferentes turnos. Os dados foram coletados durante os meses de Fevereiro e Março de 2009.

A opção que escolhemos para a abordagem de nossa pesquisa é a qualiquantitativa, por entendermos que ambas se complementam e que deve ser eliminada essa idéia preponderante de dicotomia entre

investigação qualitativa e quantitativa em pesquisas sobre o Ensino de Física particularmente.

2.3.3. A Construção do Site

Após o tratamento estatístico dos dados dos vinte e cinco questionários, resolvemos mudar o foco da proposta. Os professores, ao invés de editarem os vídeos, os teriam sob a forma de um DVD que contém não apenas os vídeos de curta duração sobre *A Física Através dos Tempos...*, como também *Simulados de Provas para Vestibulares*, *Bancos de Questões*, *Simuladores de Fenômenos Físicos*, *as Biografias*, *Experimentos com Material Alternativo*, além dos artigos digitalizados que utilizamos para a pesquisa.

Optamos também por desenvolver uma página em *HTML* que apresenta todas as ferramentas disponíveis em nosso *site*. Cada ferramenta é autônoma, não segue uma seqüência e podem ser utilizadas a bel-prazer pelo professor. Apenas, no que se refere aos vídeos de curta duração, propomos que os mesmos sejam utilizados como **organizadores prévios** em suas aulas. Estes estão numa seqüência, pois a proposta é que eles retomem o que o estudante já sabe (conhecimento prévio) e integre-o ao novo conteúdo para que sejam formados os subsunçores. Reiterando:

Uma das condições para a ocorrência de Aprendizagem Significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-litera. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. (MOREIRA, 2006, p.21)

As idéias e os conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciado em termos de detalhes e de especificidades. (MOREIRA, 2006, p.116)

O programa utilizado na construção do *site* foi o *Publisher*, disponível no *Office 2007*, por ser de fácil utilização. Uma das preocupações na construção do *site* foram as *interfaces*. A interface do *site* é clara, organizada e não apresentando poluição visual. É de fácil navegação pelo usuário. No canto esquerdo, apresentamos os *links* com os títulos das ferramentas apresentadas em nosso *site*. Acrescentamos o logotipo do Programa do no nosso Mestrado, o PPGEEC, bem como a bandeira para caracterizar o nosso estado, o Amazonas.

A seguir, na figura 5, a *interface* do *site*:



Figura 5: Página Inicial do *site* de Física (MENEZES, 2009)

Fizemos uma adaptação de um texto de Bachelard (1983) para incentivar a visita ao *site*:

Por que se explica e a quem se explica?

Sem dúvida, explica-se a quem precisa de explicação... E a quem nada sabe!

Mas, se acaso, sabe-se um pouco e se quer saber mais?

E se, quem ignora quer saber mais, estará essa pessoa disposta a saber de modo diferente? Estará pronta a receber progressivamente toda a problemática do tema a ser estudado?

Resumindo: trata-se de querer saber por curiosidade simplesmente ou por cultura? (adaptado de BACHELARD, 1983).

E você, está disposto a aceitar o desafio de aprender Física de modo diferente?

Logo em seguida, apresentamos, em linhas gerais, o que o site contém:

O objetivo desse site é proporcionar uma visão diferenciada do Ensino de Física na Educação Básica.

Você encontrará na janela esquerda desse layout os conteúdos desse site: basta clicar no link que automaticamente você irá para a página.

*Em **VÍDEOS – HISTÓRIA DA FÍSICA** você encontrará vídeos de curta duração que trarão fatos pitorescos da vida desses grandes gênios escondidos por detrás das fórmulas.*

*Em **QUESTÕES DE VESTIBULARES** você encontrará as provas dos últimos vestibulares (PSC, PSM) e mais um banco de questões de Física de vários vestibulares do país.*

*Em **FÍSICOS FAMOSOS** você encontrará a biografia dos cientistas mais famosos estudados na Educação Básica e que são contadas em nossos vídeos de curta duração.*

*Em **SIMULADORES** você encontrará o que existe de mais moderno em simuladores Virtuais voltados para o Ensino de Física. Divirta-se com seus alunos usando esses simuladores de fenômenos físicos cedidos pela Universidade de Física do Colorado (EUA). Mas, por favor, relate sua experiência a eles através do link.*

*Em **EXPERIMENTOS** você encontrará algumas propostas de experimentos para a explicação de fenômenos físicos confeccionados com material alternativo.*

*Em **ARTIGOS CIENTÍFICOS** você encontrará alguns textos que serviram de base para nossa proposta da pesquisa.*

*Por último, apresentamos alguns **LINKS** interessantes associados ao Ensino de Física.*

Comece a navegar!

Em cada ferramenta, há um pequeno trecho explicativo sobre o que será encontrado.

2.3.3.1. A Elaboração dos Vídeos

A maioria das pessoas possuem em seu computador a plataforma *Windows*. Algumas escolas e universidades, também. Nosso trabalho faz uso da plataforma *Windows*, especificamente do *software Windows Movie Maker*, por ser gratuito, para editar os vídeos de curta duração de História da Física. O *Windows XP* conta com seu próprio programa de edição de vídeo, encontrado em *Iniciar, Todos os Programas, Acessórios e Windows Movie Maker*. O *software* permite que sejam capturados vídeos ou importados de um *HD*, depois editados através dos modos *Linha do Tempo ou Storyboard*. Também pode ser adicionada uma trilha sonora, títulos e/ou créditos, além de uma série de efeitos e transições impressionantes. Os efeitos em particular são muito bons. Pode-se inverter o vídeo, acelerá-lo ou colocá-lo em *slow motion*, aperfeiçoar as cores, deixar o clipe com aparência antiga e até mesmo criar uma aparência desbotada. Ao terminar de editar o vídeo, poder-se-á salvá-lo de volta no próprio computador ou colocá-lo de volta na câmera, gravá-lo em CD, enviá-lo por *e-mail* ou fazer um *upload* dele para a *Web*.

O *Windows Movie Maker* é um *software* de edição de vídeos compilado juntamente com a instalação do *Windows*. É um programa simples e de fácil utilização, o que permite, a pessoas com pouca experiência em informática, adicionar efeitos de transição, textos personalizados e áudio nos seus filmes e, o mais importante, ser criativo. É suportado pelos sistemas operacionais: *Windows ME*, *Windows XP* e o *Windows Vista*. Após salvo, pode ser visto pelo *Windows Media Player*, ou pode ser copiado em CD, pois o *Movie Maker* salva os vídeos em formato WMV e AVI.

A versão do *Movie Maker* inclusa no sistema operacional mais novo da *Microsoft* passou por um bom, se não espetacular, melhoramento em relação à versão do *XP*. Ele oferece as mesmas opções, mas introduz um bom número de efeitos e transições e permite que os vídeos sejam gravados diretamente para o disco através do *Windows DVD Maker*. Ele suporta também o formato *Microsoft Recorded TV (DVR-MS)* e pode salvar vídeos em um dos três perfis de alta definição – *Windows Media HD 720p* (5,9 Mb/s, 1280x720 com 30fps), *Windows Media HD* para *Xbox 360* (6,9 Mb/s, 1280x720 com 30fps), *Windows Media HD 1080p* (7,8 Mb/s, 1440x1080 com 30fps). Isso é bastante útil para se editar vídeos em alta definição, mas não está disponível como uma opção no *Windows Vista Home Basic*.


Para se editar um vídeo, faz-se necessário seguir um roteiro:

1. Elaborar um texto, que servirá tanto como marco teórico como para se fazer a narração (áudio). Os textos foram escritos a partir de alguns referenciais teóricos como Arantes (1996a), Arantes (1988b), Arnold (2002), Arntz *et al* (2007), Aragão (2006), Chassot (2004), Einstein (2006, 1981), Gleiser (2006), Halliday *et al* (2003a, 2003b, 2006), Hawking (2007, 2005, 1995, 1994), Resnick *et al* (2003), Rhoden (2007) e Silver (2008). A idéia principal foi a de que apresentaríamos o contexto em que foi formulada a teoria, mas trazendo esse contexto histórico para a nossa realidade de século XXI. As maiores dificuldades encontradas por nós nesse momento foi como transformar conceitos tão duros em imagens e exemplos do cotidiano, como aliar as biografias dos grandes cientistas (em sua grande maioria, do início do século XX) em assuntos que chamassem a atenção de jovens estudantes de início de um novo milênio. Em anexo, apresentamos os textos utilizados na edição de nossos vídeos de curta duração;
2. Buscar imagens adequadas ao texto formulado, de preferência, imagens animadas ao invés de estáticas. A dificuldade nesse item é que quase não se encontram imagens de fatos históricos muito antigos ou de personalidades não muito notáveis. Outra dificuldade é transformar alguns conceitos muito abstratos em imagens. Precisa-se de muita criatividade nesse segundo item. Para cada minuto de filme, é necessário, aproximadamente, dez imagens. É a

parte mais difícil na edição do vídeo: a escolha de imagens adequadas;

3. As músicas também devem ser escolhidas com certo cuidado, pois devem ter uma relação com o que se propõe e com o público -alvo;
4. A narração deve ser feita numa voz clara, pausada, compreensível. Para melhores resultado adquirir um microfone de qualidade superior, diminui o ruído, o som sai com uma qualidade melhor;
5. O tipo de legenda também precisa de certo cuidado, pois se corre o risco de ter palavras cortadas no decorrer da frase. Sempre que se acrescenta legenda, faz-se necessário assistir ao que se foi feito. O tipo de letra, a cor, o plano de fundo, também interferem no resultado;
6. Ao final, devem aparecer os Créditos com o nome do Editor do Vídeo, o ano, o nome do narrador, as músicas, a URL das imagens, as Referências utilizadas no texto.

Para elaborar os vídeos de curta duração que seriam vinculados ao nosso *site*, resolvemos adotar o Quadro Físico do Mundo. Para delimitar o tema de nossa pesquisa, optamos por trabalhar os seguintes temas:

-  **Mecânica:** A Evolução do Conceito de Movimento (de Aristóteles a Einstein);

- ☞ **Termologia:** A Evolução do Conceito de Calor (do Calórico às Leis da Termodinâmica);
- ☞ **Eletromagnetismo:** Do âmbar às Equações de Maxwell.

Para editar esses vídeos de curta duração, houve necessidade de nos preocuparmos com alguns componentes relacionados aos conteúdos e habilidades do Ensino de Física. Dentre elas podemos citar as componentes do conteúdo físico que seriam:

- ☞ O sistema de conhecimento físico²¹;
- ☞ Os sistemas de habilidades (relações do homem com o objeto);
- ☞ Os princípios didáticos;
- ☞ Características gnosiológicas do conteúdo físico.

Como a nossa pesquisa é pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (ARAGÃO, 1976; AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 2006; NOVAK, 1981), achamos melhor compartilhar com o leitor mais alguns passos para melhor entendimento do desenho de nossa estratégia.

- i. Identificamos que um dos problemas do baixo rendimento no Ensino de Física na Educação Básica é a falta de motivação dos próprios estudantes por essa componentes curricular devido a **n** fatores já registrados nessa pesquisa.

²¹ Conhecimento Físico é o reflexo subjetivo da realidade objetiva em forma de: critérios, conceitos, propriedades, magnitudes, relações, leis, teorias, métodos, técnicas e opiniões (KALHIL, 2003).

- ii. Optamos pelo uso de Vídeos de Curta Duração como **organizador prévio** para que haja uma facilitação da aprendizagem verbal significativa que modificará a estrutura cognitiva do aluno por indução de transferência positiva (associação positiva).

Entretanto, queremos deixar a critério da **criatividade** de cada professor as devidas adequações a cada realidade escolar (pois é do professor a atribuição de adaptar o seu uso à realidade local) de como ele se utilizará de nosso *site*, desde que não invalide a proposta original, pois não é nossa pretensão apresentar um Manual de Ensino de Física no Ensino Médio.

Para que esses vídeos se caracterizassem como **organizadores prévios** e não apenas como materiais introdutórios, alguns cuidados foram necessários. Mayer (citado por MOREIRA, 2006), cita algumas características a serem consideradas ao se preparar um material que será utilizado como organizador prévio:

- ✎ Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material:

Em cada série do Ensino Médio, escolhemos um tema que consideramos relevante. Na 1ª série, o tema é Mecânica, por isso, escolhemos trabalhar a evolução do conceito de movimento. A culminância dar-se-á quando o professor for trabalhar o conteúdo de Gravitação Universal. Na 2ª série, escolhemos uma das temáticas, a

evolução do conceito de calor, que terá sua relevância quando o professor for trabalhar o conteúdo de Máquinas Térmicas. Na 3ª série, tentamos abordar, de maneira diferenciada, o início de cada temática: Eletrostática, Eletrodinâmica e Eletromagnetismo.

- ✎ Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes:

Em nenhum dos vídeos são apresentados conceitos, para não caracterizar um vídeo meramente de instrução. Fazendo uma analogia entre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a semeadura de um campo, podemos considerar o organizador prévio, nesse contexto, como o momento em que o semeador ara o campo e o prepara para receber as novas sementes. Em todos os vídeos salientamos os pontos mais importantes e isso é feito na introdução de cada um deles. No caso dos vídeos do primeiro ano, salientamos o conflito entre Copérnico e a visão geocêntrica, a busca de Kepler pelas leis dos céus, o desafio de Galileu à ordem intelectual, as dificuldades de Newton para ter as suas idéias aceitas e as dificuldades de Einstein no início de sua carreira. No caso dos vídeos do segundo ano, salientamos a diferença entre Calor e Temperatura e o conceito de Entropia. No caso dos vídeos do terceiro ano, salientamos que a eletricidade e do magnetismo residem invisíveis nos átomos que compõem todas as coisas,

exploramos as origens e o comportamento da Eletricidade e do Magnetismo e como os cientistas aprenderam a lidar com elas.

- ✎ Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque, o conteúdo específico do novo material:

Os vídeos foram organizados numa seqüência lógica e fácil do estudante relacionar com o que está sendo estudado em aula. Ao iniciar cada vídeo, é especificado o que será trabalhado a partir de algumas indagações para reflexão dos estudantes. Por exemplo, no primeiro ano, antes de iniciar o conteúdo de Lançamento Vertical e Horizontal (ou Movimento de Projéteis), o professor poderia usar o vídeo de Galileu como organizador prévio, já que foi Galileu quem descobriu que o movimento de qualquer projétil pode ser dividido em duas partes, uma horizontal, com velocidade constante e outra para baixo (com aceleração constante). Inclusive, a combinação dessas duas componentes foi usada na segunda jornada de seu livro *Diálogo* para contrariar a teoria aristotélica (que negava o movimento Terrestre) de que objetos em queda livre ou mesmo as nuvens seriam deixados para trás se a Terra realmente se movesse (GLEISER, 2006).

- ☞ O material realmente se destina a facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos ou série de idéias estreitamente relacionadas:

Por exemplo, no primeiro ano, ao assistir ao vídeo de Kepler, o estudante facilmente irá relacioná-lo ao grande legislador dos céus que ele foi o que poderá facilitar a compreensão de suas três leis. No segundo ano, no início, perguntamos se calor e temperatura são conceitualmente iguais, falamos sobre as máquinas térmicas e sobre como foram formuladas as três leis da Termodinâmica. No terceiro ano, como mencionamos anteriormente, cada temática é trabalhada separadamente: do âmbar à pilha voltaica, da pilha voltaica às equações de Maxwell, e as equações de Maxwell e as ondas eletromagnéticas.

- ☞ Contém um conjunto pequeno de informações verbais ou visuais, formulado em termos de conhecimento que o aprendiz já tem. Ser apresentado antes de um conjunto maior de informações a serem aprendidos. Não deve incluir conteúdos do que deve ser aprendido:

Os vídeos têm curta duração, em média 7 min e sempre, no início, questiona sobre o que o aluno sabe sobre aquele tema e faz uma ponte sobre o que ele irá aprender. Sinalizando com temas/questões que os teóricos pesquisavam e as conclusões a que chegaram, de maneira geral.

Facilitar ao aprendiz o estabelecimento de relações lógicas entre elementos do material a ser aprendido:

Os vídeos são materiais facilitadores de aprendizagem, combinam imagem e som, recursos estes que, segundo a pesquisa de Canabrava e Vieira (2006), aumentam a retenção da mensagem enviada pelo professor ao estudante. Essa combinação pode ativar aspectos da estrutura de conhecimentos que o aprendiz já tem que não seriam normalmente ativados para assimilar o novo material.

Na figura 6, apresentamos esta primeira ferramenta: os **vídeos de curta duração de História da Física**.

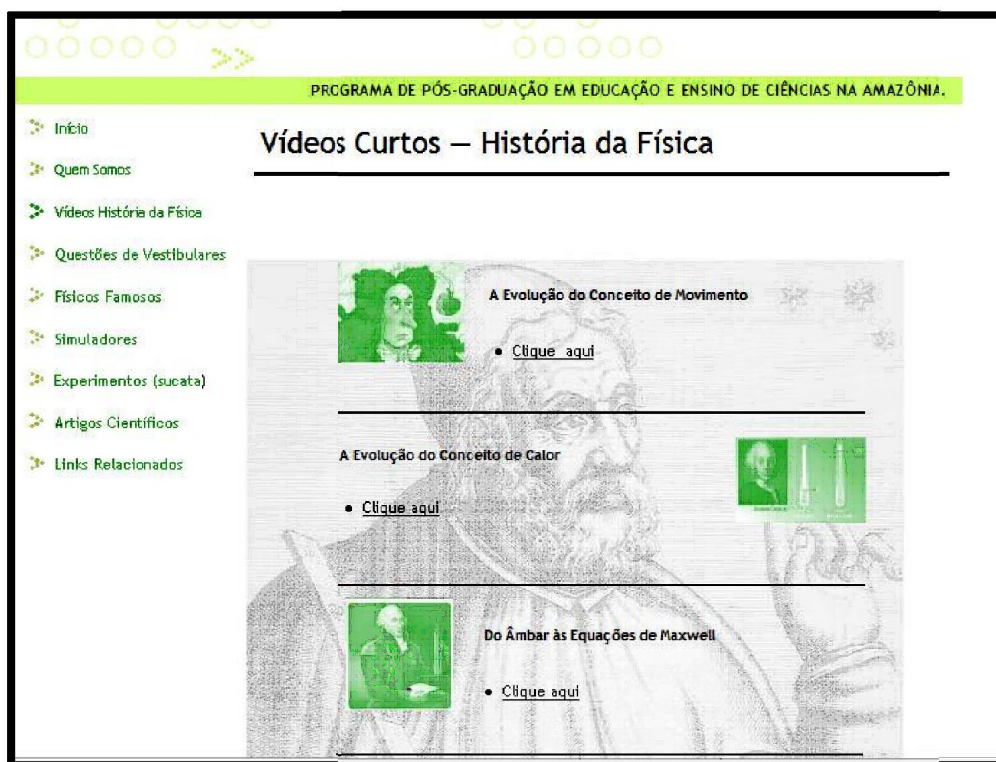


Figura 6: Interface de Vídeos de Curta Duração de História da Física

Para ter acesso ao vídeo, basta posicionar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela perguntando se usuário deseja salvar ou abrir o arquivo. Os vídeos do primeiro ano (A Evolução do Conceito de Movimento) são: Aristóteles, Geocentrismo e Heliocentrismo, Galileu, Kepler, Newton e Einstein. Os vídeos do segundo ano (A Evolução do Conceito de Calor) são: Termodinâmica 1 (A Teoria do Calórico) e Termodinâmica 2 (As Leis da Termodinâmica). Os vídeos do terceiro ano (Do Âmbar às Equações de Maxwell) são: Do âmbar à pilha voltaica (Eletrostática), Da pilha voltaica às Equações de Maxwell (Eletrodinâmica) e As Equações de Maxwell e as Ondas Eletromagnéticas (Eletromagnetismo)

2.3.3.2. A Elaboração do Banco de Questões

Para todos nós que somos professores de Física no Ensino Médio, sabemos o quão é difícil dispor de um grande número de questões, o que muitas vezes temos são questões repetitivas que servem apenas para que o aluno memorize como se resolve aquele tipo de questão sem que isso garanta os subsunçores adequados em sua estrutura cognitiva, isto é, que aquela aprendizagem seja significativa. Basta para isso analisarmos o fraco desempenho dos alunos nas provas. Eles desconhecem o conceito, por isso não conseguem resolver os problemas. Muitos professores também não têm tempo disponível para procurar outros tipos de

questões. O produto apresenta as provas dos vestibulares da UFAM (PSC e PSM) desde 2002 com seus respectivos gabaritos, disponibilizados no próprio portal da UFAM.

Na figura 7, apresentamos a segunda ferramenta: as **questões de vestibulares**. Para ter acesso às questões, basta pousar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela perguntando se o usuário deseja salvar ou abrir o arquivo.

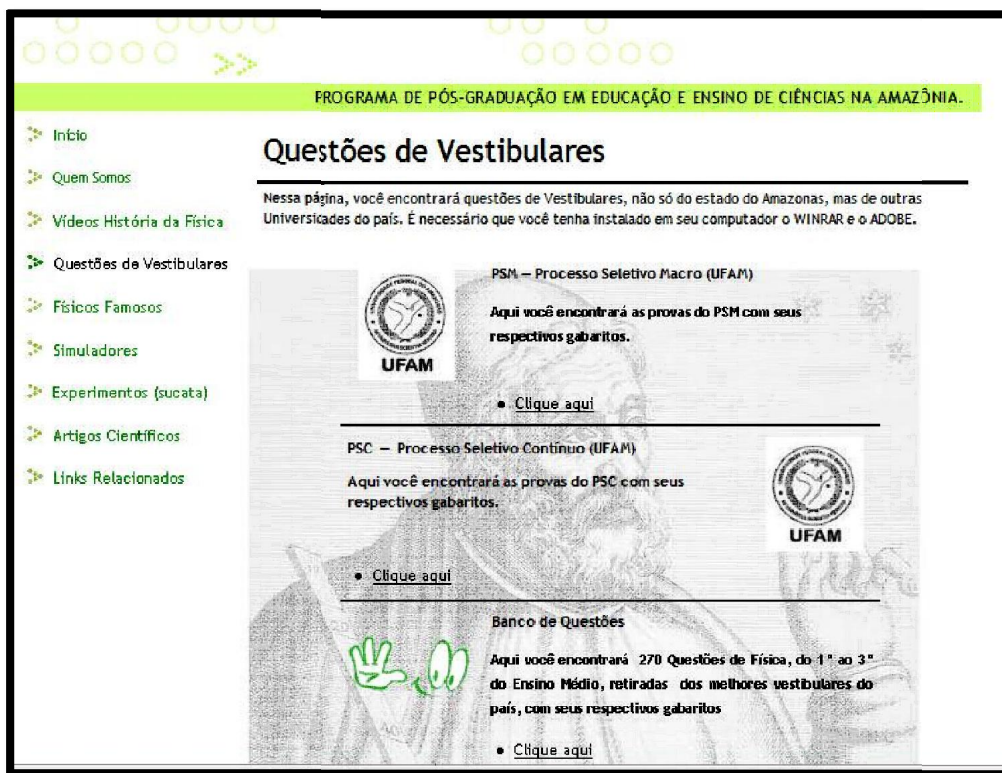


Figura 7: Interface do Banco de Questões de Vestibulares.

A principal preocupação foi apresentar aos professores questões que pudessem ser utilizadas de maneira tal que os alunos as resolvam de modo relativamente independente, ou mesmo em provas escritas. São duzentas e setenta questões de vestibulares de todo o país com os respectivos gabaritos, disponibilizados no próprio portal das universidades.

2.3.3.3. A Elaboração das Biografias

As Biografias apresentadas são as que serviram de narração para os vídeos (nos Anexos). O cuidado que tivemos foi o de tentar apresentar que a evolução do conhecimento científico se dá através de uma construção coletiva e não apenas de uma mentalidade genial, que teorias ampliadas tornam-se mais abrangentes, mas não desmerecem as anteriores. Foram abordados apenas os aspectos principais, de forma sucinta e resumida, pois a proposta é apenas despertar o interesse. Para aprofundar-se na história da Ciência há que se pesquisar em outras fontes (como as que usamos nas referências, por exemplo).

Na figura 8, apresentamos a terceira ferramenta: as biografias dos **físicos famosos** que foram usadas na edição dos vídeos. Como são três conceitos trabalhados (correspondentes às três séries do Ensino Médio), são três textos sobre (i) Evolução do conceito de movimento, (ii) Evolução do conceito de calor e (iii) Do âmbar às equações de Maxwell. Para ter

acesso aos textos, basta pousar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela perguntando se o usuário deseja salvar ou abrir o arquivo.



Figura 8: Interface das Biografias dos Físicos Famosos (MENEZES, 2009).

2.3.3.4. A Escolha dos Simuladores

Na figura 9, apresentamos a terceira ferramenta: os **simuladores** de alguns fenômenos físicos, criados pela Universidade do Colorado (PhET – *Physics Education Technology*)²². Para ter acesso ao simulador, você precisa instalar a plataforma Java em seu computador (que se encontra

²² Contato: phethelp@colorado.edu.

no *site*). Basta pousar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela onde você poderá escolher qual simulador deseja utilizar.

O Projeto *Physics Education Technology* (PhET)²³ provê um conjunto de simulações educacionais interativas (Direito autorais: Universidade de Colorado). Este programa é um *software* grátis (*freeware*); pode ser redistribuído, desde que não seja modificado. Este programa é distribuído na esperança de que seja útil no processo ensino-aprendizagem de Física.

Esses simuladores podem ser utilizados e o seu *download* feito pela *internet*. O que os criadores dos simuladores solicitam é que, ao ser utilizado em sala de aula, o professor faça um relato de sua experiência, abordando os aspectos positivos e, principalmente, os negativos, para que possam ser retificados.

Os simuladores são muito interessantes, pois ajudam o professor a simular situações que, para o aluno, são difíceis de entender por serem muito abstratas, como, por exemplo, mostrar o que ocorre numa fissão nuclear (com o aluno interagindo!), ou como ocorre a experiência que gerou o campo da Mecânica Quântica. Há também simulações mais simples, dificilmente realizáveis em Manaus devido à umidade.

Sabemos que, muitas vezes, mesmo nos laboratórios nas escolas (quando existem!), o professor reduz suas aulas práticas (método

23 Fundação de Software Grátis, Inc., 51 Franklin Street, Quinto Chão, Boston, MA 02110 -1301, E.U.A

experimental) a um simples roteiro que o aluno deve reproduzir para obter uma resposta que todos já sabem qual é. Com os simuladores, podemos alterar as variáveis e trabalhar com as hipóteses formuladas pelos próprios alunos. O aluno constrói seu conhecimento.

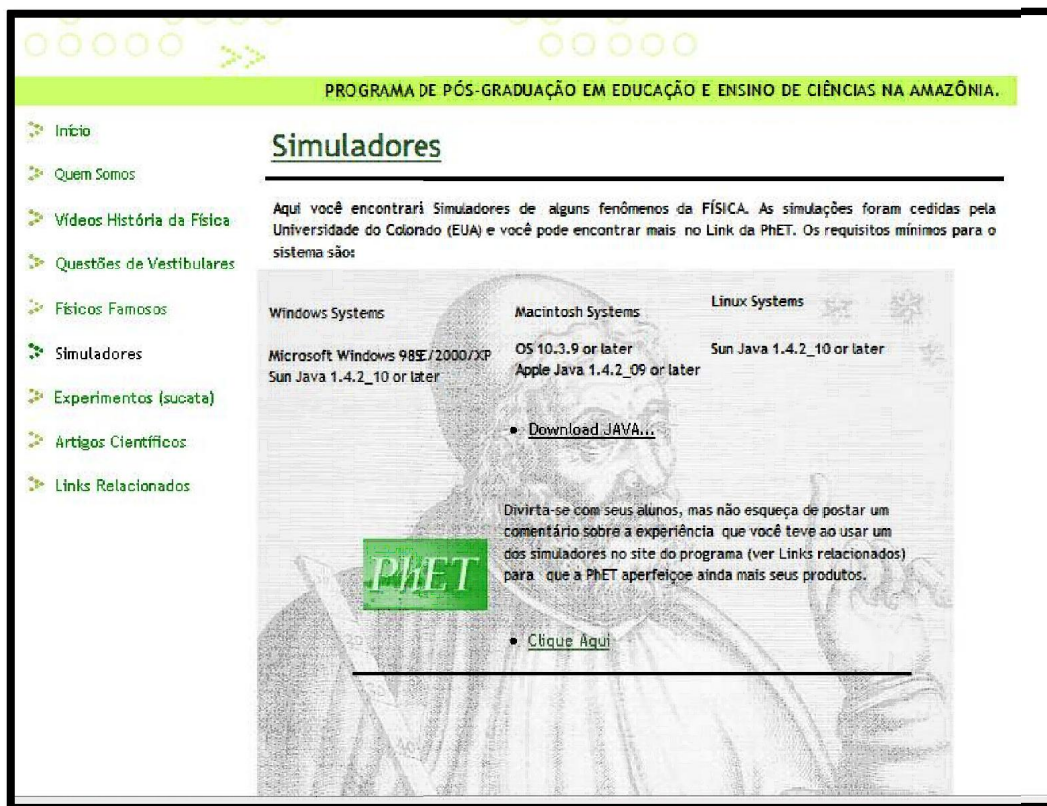


Figura 9: Interface dos Simuladores da PhET (MENEZES, 2009).

2.3.3.5. Os Experimentos com Material Alternativo

Na figura 10, apresentamos a quarta ferramenta: os **experimentos** que podem ser feitos com material alternativo e que

podem ser utilizados até com as crianças dos ciclos I ao IV, desde que os conhecimentos científicos usados sejam transpostos didaticamente. Para ter acesso aos experimentos, basta pousar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela perguntando se o usuário deseja salvar ou abrir o arquivo.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA.

Experimentos com Material Alternativo

Aqui nós damos algumas dicas de experimentos que podem ser feitos com material alternativo. Todos os experimentos são da Coleção Jovem Cientista (Editora Globo)

- Inicio
- Quem Somos
- Vídeos História da Física
- Questões de Vestibulares
- Físicos Famosos
- Simuladores
- Experimentos (sucata)
- Artigos Científicos
- Links Relacionados

Círculo de Cor
Engane seus olhos e faça-os ver diferentes cores quando, na verdade, apenas vermelho, verde e azul estão em cena. É isso o que acontece quando vemos televisão.
• [Clique aqui](#)

Caixa Fotográfica
Uma lente de aumento pode fazer outras coisas além de ampliar objetos. Você pode usá-la para construir uma câmera simples que pode formar imagens.
• [Clique aqui](#)

Descendo a Ladeira
Faça um carrinho acelerar na rampa de alturas diferentes e veja que distância ele vai e com que rapidez! Quanto maior a altura, mais rápido ele se move pela ação da gravidade.
• [Clique aqui](#)

Figura 10: Interface dos Experimentos com material alternativo (MENEZES, 2009).

Uma grande preocupação para quem não tem acesso às TIC é como fazer sua aula interessante para o aluno, sem ter muitos recursos para isso! Uma proposta é utilizar material alternativo (sucata) para fazer

alguns experimentos com os alunos em sala de aula, de modo a despertar o encanto por essa Ciência através do Lúdico.

2.3.3.6. Os Artigos – Referencial Teórico

Na figura 11, apresentamos a quinta ferramenta: **artigos científicos** digitalizados que serviram de apoio em nossa pesquisa. Relacionam-se ao tripé formador de nosso trabalho: História da Física, Aprendizagem Significativa e o uso das TIC na Educação. A nossa intenção foi proporcionar aos professores um referencial teórico que permitisse uma fundamentação adequada à proposta. Para ter acesso aos artigos, basta pousar o *mouse* em [Clique aqui](#) e aparecerá uma janela perguntando se o usuário deseja salvar ou abrir o arquivo.

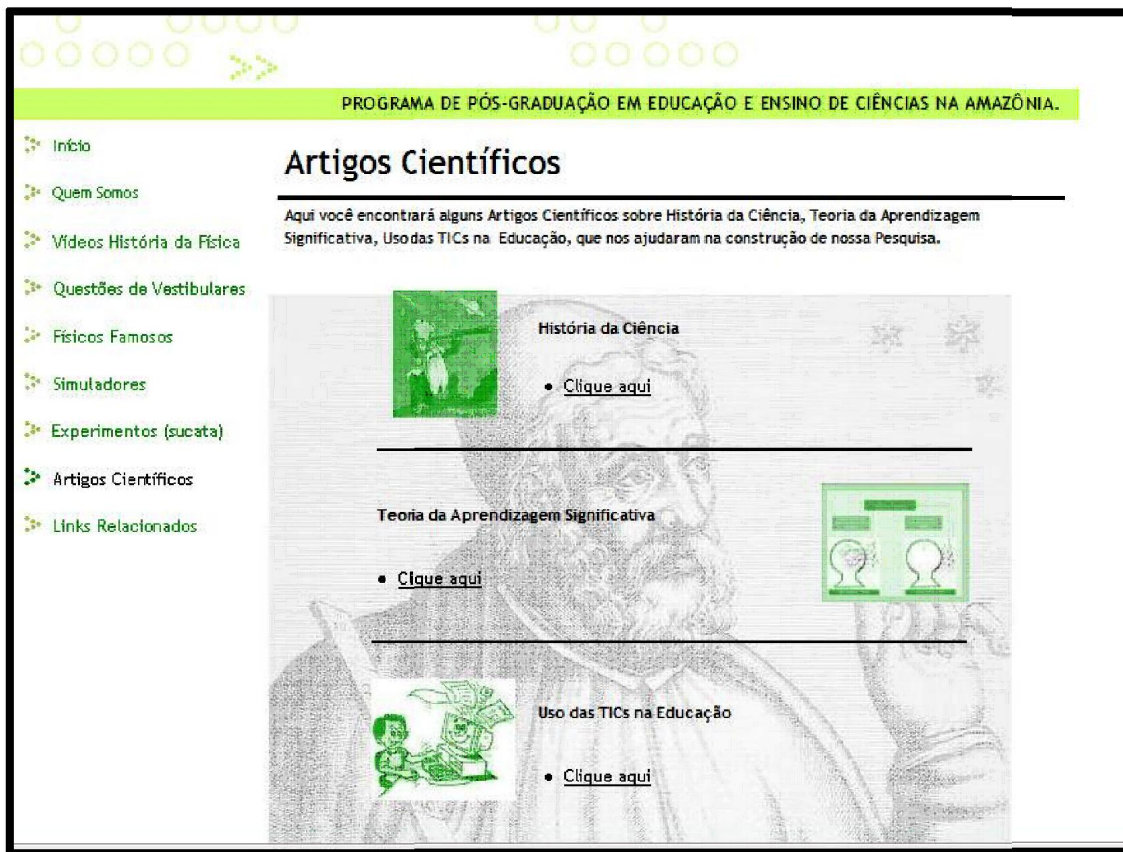


Figura 11: Interface dos Artigos Científicos.

2.3.4. A Consulta aos *Experts*

Após termos concluído nosso *site*, fomos às universidades públicas de Manaus, UFAM e UEA, para solicitarmos a alguns professores da área de Ciências e de Matemática (consulta a *experts*) que avaliassem nosso produto.

O primeiro *expert* a quem apresentamos o nosso produto, Professor Doutor Nilomar Vieira Oliveira²⁴, Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação (UFRJ)²⁵, achou a proposta do *site* interessante, visto que o mesmo poderá proporcionar ao aluno vivenciar todas as fases do processo de construção do conhecimento: desde a motivação gerada ao assistir aos vídeos de curta duração (já que os mesmos servirão de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele irá aprender), perpassando pelas questões que o professor irá apresentar para consolidar o conteúdo (que supostamente serão retiradas de nosso Banco de Questões) e, por fim, testando os conhecimentos adquiridos com as questões dos vestibulares (que também constam no *site*). Em sua opinião, o diferencial e o interessante do nosso produto é o fato de se ter bastante claro todo o processo educativo, desde a preocupação com o conhecimento prévio do aluno, a motivação, o trabalho efetivo de verificação da aprendizagem e, além de tudo isso, integra as TIC. Ele afirma que as mídias atuais oferecem ao estudante um jeito diferente de aprender, principalmente porque combina os sentidos da visão e da audição. Ele também faz referência ao fato de não haver erros conceituais nos vídeos, fato este indicador de que foi realizada uma pesquisa bibliográfica criteriosa sobre a vida desses cientistas. Ele apenas sugere que as questões dos

24 Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999). Graduado em Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (1993). Atualmente é Professor Adjunto 1 da Universidade Federal do Amazonas. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Análise Numérica, atuando principalmente nos seguintes temas: Problema de St einer Euclidiano, Razão de Steiner e Otimização Discreta. E-mail: nilomar@gmail.com. Essa entrevista foi concedida em sua sala, na UFAM, no dia 22/04/09.

25 Sigla de Universidade Federal do Rio de Janeiro.

vestibulares (as de Física, no caso) sejam comentadas e não apenas apresentem o gabarito com a alternativa correta (no caso das outras questões do Banco poderiam ter apenas a solução final, para que o aluno tentasse chegar ao resultado por meio de tentativas, de ensaio e erro, ou utilizando-se de outro método de resolução de problemas). Inclusive, ele complementa que, o próprio professor de Física, ao assistir a esses vídeos, motivar-se-á para produzir seus próprios vídeos para que suas aulas se tornem mais interessantes e, ainda, principalmente, possibilitar que esse professor seja autor de seu próprio material didático. Enfim, sua opinião é de que os vídeos são de extrema relevância, principalmente porque está pautado no ensino, numa aprendizagem significativa para o aluno, numa pesquisa que não está fadada a ficar esquecida no fundo de uma gaveta.

O segundo *expert* a quem apresentamos o nosso produto, Professor Doutor José Anglada Rivera²⁶, Pós-Doutor em Física (USP), achou a proposta do *site* interessante, visto que o mesmo poderá proporcionar ao aluno a combinação entre o que ele sabe (conhecimento prévio) e o que ele irá aprender – o que caracteriza a nossa proposta de organizador prévio. Ele só nos chama atenção que ao se utilizar a História da Ciência como recurso didático-pedagógico, especialmente a da Física, pode ser um

26 Possui pós-doutorado pela Universidade de São Paulo (2000), Doutorado em Física pela Universidad de Rostov del Don (1993) e Graduação em Licenciatura em Física pelo Instituto Superior de Guantánamo (1983). Atualmente é Professor Titular da Universidad de Oriente, assessor da Academia de Ciências e Professor da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada. Atuando principalmente nos seguintes temas: Cristais ferroelétricos, domínios ferroelétricos, defeitos, trincas, deslocamentos.

instrumento potencialmente útil, desde que a proposta seja muito bem justificada ao professor. Quanto aos vídeos, ele concorda que sejam de curta duração (5 a 7 min em média), visto que o cerne da aula não são os mesmos, e, sim, o novo conteúdo que o professor irá ensinar. Ele ratifica que os vídeos não têm erros conceituais. Ele entende que os vídeos motivam o estudante para o ensino de Física, pois os mesmos situam o estudante historicamente no momento certo. E mais, faz com o estudante comece a refletir, por exemplo, como Galileu, em pleno século XVII conseguiu, com um telescópio feito por ele mesmo, descobrir as crateras da Lua e as quatro luas de Júpiter. Este *expert* deu-nos outra visão de como o professor pode usar o *site* em sua aula: passar os vídeos mostrando o contexto histórico combinando com o avanço científico de hoje usando os simuladores (comparando o *ontem* com o *hoje*). Ele tem a opinião de que o aluno de Ensino Médio necessita entender a base de como funcionam as coisas, as condições como foram levantados os problemas científicos, as hipóteses elaboradas, como esses experimentos foram realizados, as suas dificuldades na época, coisas aparentemente simples, mas que ajudam o estudante a visualizar os conceitos. Ele apenas sugere que o vídeo *As Equações de Maxwell e as Ondas Eletromagnéticas* não seja usado no Ensino Médio – pois, mesmo que o vídeo não apresente os conceitos e nem fórmulas, os estudantes ainda não têm maturidade para entender essas equações –, e, sim, no Ensino Superior ou para aqueles alunos excepcionais que encontramos nas escolas, mas que são subutilizados. Com estes alunos, poder-se-ia,

inclusive, a partir de um vídeo como este, formar um Clube de Física na escola. Sugere ainda que façamos vídeos mostrando os instrumentos rudimentares que muitos cientistas utilizaram para suas grandes descobertas.

Ratificando a proposta do Prof. Dr. Anglada, uma maneira do professor utilizar nosso *site* é, por exemplo, após os alunos assistirem ao nosso vídeo de curta duração do terceiro ano do Ensino Médio (Da Pilha Voltaica às Equações de Maxwell), sobre Faraday, o professor apresentar o simulador *faraday.pt*²⁷ (na ferramenta Simuladores de nosso *site*), visto que foi Faraday que demonstrou como um campo magnético poderia gerar uma corrente elétrica²⁸.

O terceiro *expert* a quem apresentamos o nosso produto foi a Professora Doutora Ana Frazão Teixeira²⁹, Doutora em Química (USP), que afirma ter gostado muito do *site*, principalmente dos vídeos de curta duração. Ela afirma ter gostado da abertura dos vídeos, devido a colocação adequada das músicas (voltada para o público jovem).

27 Simulador desenvolvido pela PhET.

28 Após várias tentativas, em 1831, Faraday conseguiu demonstrar que um campo magnético poderia gerar corrente elétrica. A resposta era complicada: para tal fato ocorrer, o campo magnético tinha que variar no tempo. Um campo magnético constante não produz nenhum efeito, como, por exemplo, aquele criado por um ímã em repouso (GLEISER, 2006, p. 229).

29 Possui Doutorado em Química pela Universidade de São Paulo (2007), Mestrado em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Amazonas (1999), Graduação em Bacharelado Em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1994) e Graduação em Licenciatura Em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1994). É professora concursada do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências (UEA), onde ministra as disciplinas de Tópicos em Ensino de Química e Seminário de NTIC no Ensino de Ciências. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química dos Produtos Naturais, atuando principalmente nos seguintes temas: NTIC no Ensino de Ciências, *Myristicaceae*, *Virola mollissima*, *neolignanas* e atividade antifúngica.

Parabenizou-nos por termos conseguido relacionar fatos históricos com situações que chamam a atenção do jovem (como os vídeos do terceiro ano), isso abre uma visão diferenciada sobre os conceitos da Ciência Física, trazendo-a para o cotidiano do aluno, tornando o seu aprendizado significativo.

O quarto *expert* a quem apresentamos o nosso produto foi a Professora Doutora Ierecê Barbosa Monteiro³⁰, Doutora em Educação (UFRN), que achou a proposta do *site* e dos vídeos, como recurso didático-pedagógico, brilhante. O formato televisivo dos vídeos também está no formato adequado, sua duração (em média, 7 min) também está adequada. Ela sugere apenas que melhore o seu *lay-out*, no que diz respeito a chamar mais atenção do jovem, talvez colocando um *gif* com um *ponto de interrogação*, para interagir mais com o usuário. Ela também sugere a criação de um *link* onde se possam verificar os tipos de acesso ao *site*, frequência de visitantes e de *downloads*.

Precisamos destacar mais uma vez que, como nossos vídeos de curta duração estão sendo apresentados como **organizadores prévios**, eles devem possuir algumas características (MOREIRA, 2006), tais como:

30 Possui Doutorado em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, 2003). Possui Mestrado em Educação pela Universidade do Amazonas (1993), graduação em Pedagogia pela Universidade Federal do Pará (UFPA, 1974) e graduação em Comunicação Social pela Universidade do Amazonas (1982). Atualmente é professora da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e professora da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Tem experiência nas áreas de Educação, Comunicação e Psicanálise, atuando principalmente nos seguintes temas: educação, cultura, ensino -aprendizagem, engenharia de produção, gênero e semiologia.

- ☞ Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material.
- ☞ Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes. Para isso, em todos os vídeos, há uma introdução que convida o espectador a uma viagem que não terminará ali, pois há ainda muito a ser percorrido no que se refere à evolução do conhecimento científico.
- ☞ Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque, o conteúdo específico do novo material. Para isso, os temas específicos dos vídeos sugerem idéias estreitamente relacionadas com o conteúdo que será abordado pelo professor em sala de aula.

Capítulo 3

O CAMINHO PARA OS RESULTADOS

3. O CAMINHO PARA OS RESULTADOS

3.1. A ENQUETE

Nesta parte da pesquisa, apresentamos o Questionário respondido por vinte e cinco professores, como Enquete, que estão lecionando Física nas escolas públicas do município de Manaus.

As perguntas foram formuladas com alguns objetivos específicos que listaremos a seguir:

- ☞ No primeiro bloco, a nossa intenção era delimitar o nosso sujeito como professor de Física (não necessariamente formado em Física) atuando em escola pública e sua prática pedagógica em sala de aula (se ele utilizava ou não as TIC e o tema *História da Física*);
- ☞ Em outro bloco, elaboramos perguntas para averiguar que tipo de literatura o professor lê além do Livro Didático, com a finalidade de detectar se existe uma preocupação na busca de um entendimento mais amplo em relação à História da Física (já que a partir da análise que fizemos dos livros didáticos de Física, descobrimos que os mesmos quase não abordam esse tema), ao uso das TIC, ou de outros temas que estão sendo abordados na pesquisas atuais sobre

Teorias da Aprendizagem e que podem contribuir para a melhoria de sua *práxis* pedagógica;

✎ Enfim, perguntamos aos professores o que eles gostariam de encontrar em um *site* de Física para que pudéssemos oferecer um produto que fosse bem aceito no mercado e que satisfizesse aos anseios locais.

3.2. RESULTADOS DA ENQUETE

Conforme o exposto, analisamos os dados obtidos em três blocos.

A seguir apresentaremos esses resultados pergunta a pergunta.

Pergunta 1: Você é Professor de Física de Escola Pública ou Particular?

100% dos professores responderam que são de escola pública;

12% (03) são professores de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental e 88% (22) são professores de Física do Ensino Médio.

Pergunta 2: O que você sabe sobre a utilização das TIC (Tecnologias de Informação e de Comunicação) no trabalho pedagógico?

36% (09) responderam que usam as TIC e acham importante;

36% (09) responderam que já usaram TIC;

28% (07) responderam que nunca usaram as TIC, mas que gostariam de usar;

0% (00) respondeu que não é necessário o uso das TIC no trabalho pedagógico.

Pergunta 3: Como você considera as TIC enquanto estratégia pedagógica?

52% (13) responderam que consideram as TIC um ótimo recurso enquanto estratégia pedagógica;

40% (10) responderam que consideram as TIC um bom recurso enquanto estratégia pedagógica;

8% (02) responderam que consideram as TIC um recurso razoável enquanto estratégia pedagógica;

0% (00) respondeu que consideram que as TIC não são necessárias enquanto estratégia pedagógica.

Pergunta 4: Qual sua perspectiva em relação ao uso das TIC no processo ensino-aprendizagem de Ciências (especialmente da Física) na Educação Básica?

100% (25) responderam que acham que o uso das TIC tornaria suas aulas mais interessantes;

0% (00) respondeu que não acham necessário o uso das TIC em suas aulas.

Pergunta 5: No seu planejamento, as atividades com TIC são:

64% (16) responderam que em seu planejamento as atividades com TIC são raras;

24% (06) responderam que em seu planejamento as atividades com TIC são habituais;

12% (03) responderam que em seu planejamento as atividades com TIC são freqüentes.

Pergunta 6: Qual requisito lhe parece ser necessário para a implementação deste tipo de atividade na Educação Formal? (Poderia ser marcada mais de uma opção)

76% (19) responderam que o requisito necessário para a implementação deste tipo de atividade na Educação Formal seria a presença de um apoio técnico;

32% (08) responderam que o requisito necessário para a implementação deste tipo de atividade na Educação Formal seria a formação do professor em Informática;

4% (01) respondeu que não é necessária a implementação deste tipo de atividade na Educação Formal.

Pergunta 7: Você utiliza a História da Física em suas aulas?

52% (13) responderam que freqüentemente utilizam a temática em suas aulas;

44% (11) responderam que às vezes utilizam a temática em suas aulas;

4% (01) respondeu que raramente utilizam a temática em suas aulas;

0% (00) respondeu que não utilizam a temática em suas aulas.

Pergunta 8: Se você se utiliza da História da Física em suas aulas, que tipo de material você usa para seu embasamento teórico? (Poderia ser marcada mais de uma opção)

56% (14) responderam que utilizam de Livros como referencial teórico;

56% (14) responderam que utilizam do próprio Livro Didático da escola como referencial teórico;

24% (06) responderam que utilizam de Artigos Científicos como referencial teórico;

4% (01) respondeu que de Outras Fontes (como filmes, vídeos didáticos, documentários da *Discovery Channel*) como referencial teórico.

Pergunta 9: Se você se utiliza da História da Física em suas aulas, que recurso você utiliza? (Poderia ser marcada mais de uma opção)

76% (19) responderam que usam apenas a Exposição Dialogada;

28% (07) responderam que usam recursos Audiovisuais;

24% (06) responderam que usam o Livro Paradidático como recurso;

4% (01) respondeu que usam outros recursos, tais como textos para leitura e interpretação.

Pergunta 10: Você tem acesso à leitura e/ou material pedagógico (ou não) referente a: (Poderia ser marcada mais de uma opção)

68% (17) responderam que têm acesso à leitura sobre o Ensino de Ciências, especialmente da Física;

28% (07) responderam que têm acesso à leitura sobre História da Física;

24% (06) responderam que têm acesso à leitura sobre o Uso de TIC;

24% (06) responderam que têm acesso à leitura sobre Práticas Pedagógicas.

Pergunta 11: Que recursos você gostaria de encontrar num <i>site</i> de Ensino de Física? (Poderia ser marcada mais de uma opção)
88% (22) responderam que gostariam de encontrar <i>Curiosidades sobre Fenômenos Físicos</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
64% (16) responderam que gostariam de encontrar <i>Vídeos de curta duração de História da Física</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
52% (13) responderam que gostariam de encontrar <i>Simuladores de Modelos</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
48% (12) responderam que gostariam de encontrar <i>Biografias de Cientistas Famosos de Física</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
44% (11) responderam que gostariam de encontrar <i>Simulados de Provas para Vestibulares</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
8% (02) responderam que gostariam de encontrar <i>Outras situações</i> , tais como <i>Simuladores de Fenômenos Físicos</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
4% (01) respondeu que gostaria de encontrar <i>Outras situações</i> , tais como <i>Experimentos de Baixo Custo em Física Moderna</i> num <i>site</i> de Ensino de Física;
4% (01) respondeu que gostaria de encontrar <i>Outras situações</i> , tais como <i>Experimentos</i> num <i>site</i> de Ensino de Física.

Tabela 5: Tabulação das respostas ao questionário

Diante do exposto, podemos observar que a grande maioria dos professores ainda não sabem o que são as TIC, ou melhor, pensam que as TIC se reduzem a aparelhos eletrônicos. Isso pode ser evidenciado nas respostas às perguntas **2** e **9** quando, às vezes, o mesmo professor respondia que nunca utilizara as TIC (pergunta 2), mas que utilizava recursos áudios-visuais em suas aulas ao abordar História da Física (pergunta 9). Também pudemos observar a grande carência de referencial teórico em relação a se conhecer História da Física, já que mais da

metade se apóiam nos textos dos livros didáticos e que sabemos, após a análise desses livros, o quanto esse tema é apresentado de forma deficitária. Outro fato evidente é a dificuldade de relacionar fatos do cotidiano ao ensino dos conteúdos de Física, isso ficou expresso na quantidade de *pedidos por curiosidades de fenômenos físicos*, 88%, mais o *pedido* de simuladores sobre essa temática, totalizando mais de 90%.

3.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em se tratando de dificuldades, creio que uma das maiores para nós, pesquisadores iniciantes, é como gerenciar os sentimentos em relação à nossa pesquisa. Sabemos que não existe o *mito da neutralidade científica*, mas sabemos que existe a importância de racionalizarmos no momento exato, tentando usar da objetividade e da subjetividade quando for conveniente, de acordo com as circunstâncias, senão há o perigo de nos apaixonarmos demasiado pelo objeto de pesquisa e vou, por fim, transformar esse objeto a ser estudado em uma obsessão, colocar uma condição mágica para defender aquilo a todo custo, com um olhar, de certa forma, direcionado, altamente unidimensional, sem oportunizar outras possibilidades. Creio que esse seja o nosso maior problema como pesquisador: buscar o equilíbrio no processo de construção e desconstrução do conhecimento, do refutar *versus* o contestar, pois sem a

refutação, sem propor a possibilidade da incerteza, não há evolução do conhecimento científico. Ao dizermos que nossa pesquisa está perfeita, ao se jogar confetes, estamos banalizando e vulgarizando o conhecimento, pois estamos esquecendo que, na trajetória histórica do conhecimento científico, as teorias precisam ser refutadas para que as pesquisas continuem. Mas, por outro lado, também há a importância da contestação, de argumentarmos a relevância de nosso trabalho num determinado contexto. Por isso, também achamos necessário indicar alguns fatores que podem ter contribuído, negativa ou positivamente, para o resultado de nossa investigação.

Obviamente, a possibilidade do método escolhido e as técnicas de coleta de dados podem ter afetado o resultado dessa análise. Reconhecemos que esses resultados poderiam ter sido mais satisfatórios se as escolas visitadas tivessem dado uma abertura maior à nossa presença, se tivessem nos deixado fazer as entrevistas com os professores, como era a nossa intenção inicial. A realidade de cada zona também pode ser outra variável, já que as escolas visitadas são do Centro e da zona Oeste da cidade.

A partir do *estado da arte*, conseguimos desenvolver um processo interativo entre as questões gerais de investigação e o domínio temático em estudo. Conseguimos formar a base de nossa pesquisa: aliar a História da Física (o passado) com as TIC (o futuro) num organizador prévio, uma

estratégia facilitadora da aprendizagem significativa de Física na Educação Básica.

Diagnosticamos nas escolas públicas de Ensino Médio de Manaus como é utilizada no Ensino de Física a História desta Ciência. Analisamos, inclusive, como esse tema é abordado na maioria dos livros didáticos utilizados pelos professores no preparo e planejamento de suas aulas.

Em nossa pesquisa nas escolas encontramos pessoas não tão otimistas; para muitos, a *internet* traz caos, confusão e informações que não são confiáveis, estimulando aceitação acrítica e superficialismos; para outros, a globalização tecnológica é um instrumento dos que detêm o poder econômico.

Um fato interessante que ocorria quando íamos buscar os questionários respondidos pelos professores é que, muitos deles, timidamente, vinham conversar conosco a respeito do significado das TIC. É impressionante como, em pleno século XXI, era da Informação e da Comunicação, ainda tenhamos tanto receio em classificar o que é ou deixa de ser as TIC. E não estamos falando de seu uso, note bem, estamos falando sobre o que é TIC: Rádio é TIC? TV é TIC? Ou apenas o PC é TIC?

Um dos professores entrevistados demonstrou toda a sua preocupação inclusive com os alunos do turno da noite, pois em suas palavras,

A escola, de uma maneira geral, não está preparada para receber os alunos-trabalhadores... não há uma estrutura adequada... há laboratório, mas não há a presença de um apoio técnico... não há apoio pedagógico, já que as coordenadoras pedagógicas se limitam apenas a lembrar-nos que precisamos ir dar aulas ou darem algum recado aqui na sala dos professores.

Notamos uma grande preocupação por parte dos professores em como estão sendo ministrados os conteúdos de Física em sala de aula. O desespero neles está estampado em seus rostos, assim como a paixão em suas falas e em seus olhos querendo que esse quadro mude, mas sem entender como encontrar o caminho, a solução adequada!

Finalmente, propomos a utilização de um *site* que contém Vídeos de Curta Duração da História da Física nas aulas de Física a partir do nono ano do Ensino Fundamental até o terceiro ano do Ensino Médio, dentre outros recursos solicitados pelos próprios professores que responderam à nossa enquete.

O que me fez escolher o tema História da Física é o fato de conseguir aliar beleza e simplicidade ao responder questões fundamentais não só do cosmos, mas de nosso próprio corpo. O mais esperado é que os leitores de nossa pesquisa, assim como eu, despertem para o encanto que existe no Ensino da Física, e que comecem a buscar o conhecimento que nos liberta da ignorância. A História da Física nos abre a possibilidade como Professores de sermos críticos, inclusive, na forma como alguns conteúdos são abordados no 3º ano do Ensino Médio. Nos livros didáticos, esses são apresentados como se Eletricidade e Magnetismo fossem

fenômenos independentes, o que, na realidade, não são, pois eles são consequência de uma mesma causa.

É um tema apaixonante que, com certeza, não ficará apenas aqui nessas folhas estáticas... há muito a ser percorrido!

No entanto, a História da Física, mesmo aliada ao uso das TIC, não deve ser enfocada como a única condição para que haja sucesso no Ensino de Física. Outros recursos também devem ser pesquisados. Apesar disso, entendemos que a História da Física promove uma melhor compreensão dos conceitos e do próprio Método Científico, além de desmistificar a visão do cientista trancafiado em seu laboratório, com estalos para grandes descobertas e invenções. E isso sem falar, que o conhecimento científico pode ser mostrado como ele é, que sua evolução se dá através da refutação de teorias que, durante séculos, foram tidas como acabadas e perfeitas, que esse conhecimento é construído em tarefas cada vez mais coletivas, não nasce pronto e acabado. A história da Física é necessária para compreendermos a natureza dessa Ciência, pois contrabalança o cientificismo e o dogmatismo que são comumente encontrados nos textos e nas aulas de Física. Tudo isso pode ser alcançado dependendo da abordagem da História da Física no ensino.

Um dos obstáculos apontados como fator limitante ao uso da História da Física nas aulas é a formação atual de nosso professores e da ausência desse tema (ou mesmo de sua abordagem de forma inadequada)

nos livros didáticos de Física do Ensino Médio utilizados no planejamento das aulas e pela pouco tempo disponível para tratar de um currículo extenso. Por isso nossa proposta é vinculá-la aos conteúdos trabalhados em sala de aula.

A História da Física também permite que compreendamos quais são as principais teorias na evolução do conhecimento científico, os obstáculos no meio do caminho e o desenvolvimento da Física como Ciência.

O estudo sobre o uso da História da Física aliada às TIC como organizador prévio no Ensino de Física pode ser considerado ainda um tema pouco explorado se considerarmos as contribuições que pode fornecer no processo ensino-aprendizagem dessa componente curricular no Ensino Médio. Sem ter a pretensão de atribuir um sentido mais amplo de generalização, ressaltamos a efetiva necessidade do desenvolvimento de novas pesquisas que envolvam essa temática no ensino não só de Física, mas de outras Ciências, como a Química, a Biologia e a Matemática.

Referências

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 9610 de 19 de fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. In: **Diário Oficial da União**, Brasília, v.126, n. 36, p. 6009, 19 fev. 1998. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9610.htm> Acesso em: 27 fev. 2009.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

_____. **PCN+. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. V.2. Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRITO, Gláucia da Silva. Tecnologias para transformar a educação. **Educ. rev.**, Curitiba, n. 28, 2006.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602006000200018&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jul 2008. doi: 10.1590/S0104-40602006000200018

BUGAEV, A. I. **Metodología de la Enseñanza de la Física en la Escuela Media**: Fundamentos teóricos. La Havana: Pueblo y Educación, 1989.

CACIQUE, A. **O Ensino Presencial e Via Internet**: Uma Experiência Comparativa em Educação à Distância. Disponível em: <<http://www2.abed.org.br/>> Acesso em 27/Mar/08 às 19h59min.

CANABRAVA, Tomasina; VIEIRA, Onízia de Fátima Assunção. **Treinamento e Desenvolvimento para Empresas que Aprendem**. Brasília: SENAC, 2006.

CANALS, María de las M. Carnero. **Los Métodos Activos En La Enseñanza De Las Ciencias**. La Havana: Academia, 1999.

CARRASCOSA, J. **Las concepciones alternativas de los estudiantes y sus aplicaciones didácticas**. La Havana: Pueblo y Educación, 1996.

CARRILHO, M.M. e SÁÁGUA, J. **Epistemologia**: Posições e Críticas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física**. V. Único. São Paulo: Moderna, 1999. 264 p.

CHASSOT, Attico. **A Ciência Através dos Tempos**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004.

Coleção Jovem Cientista. **Cores**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

_____. **Gravidade**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

_____. **Luz**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

_____. **Magnetismo**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

_____. **Máquinas**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

_____. **Som**. Rio de Janeiro: Editora Globo S.A., 1996.

CURADO, Maria Clotilde Gomes. **Ação Pedagógica em Física no Ensino Médio**: contribuições da história da Ciência – um Estudo de Caso. 1999. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

DANILOV, M.A. **Didáctica de la Escuela Media**. La Havana: Pueblo y Educación, 1984.

EINSTEIN, A. Física e Realidade . (Trad.de Sílvio Dahmen). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 9-22, 2006.

_____. **Como Vejo o Mundo**. (Trad. de H.P. de Andrade). 11. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

ESTRELA, Maria Tereza. **Relação Pedagógica, Disciplina e Indisciplina na Aula**. Porto Codex (Portugal): Porto Editora, 1992.

FLEMMING, D.M.; LUZ, E.F.; COELHO, C. **Desenvolvimento de Material Didático para Educação a Distância no Contexto da Educação Matemática**. Disponível em <<http://www2.abed.org.br/>> Acesso em 27/Mar/08 às 19h49min.

FRIGOTTO, Gaudêncio. **O Enfoque da Dialética Materialista Histórica na Pesquisa Educacional**. In: FAZENDA, I. *et al* (org.). **Metodologia da pesquisa educacional**. São Paulo: Editora Cortez, 1998. pp. 69 a 90.

GALVÃO, Izabel. **Henri Wallon**: uma concepção dialética do desenvolvimento infantil. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

GAMBOA, Sílvio Ancízar Sanchez. **A Dialética na Pesquisa em Educação**: elementos de contexto. In: FAZENDA, I. *et al* (org.). **Metodologia da pesquisa educacional**. São Paulo: Editora Cortez, 1998. pp. 91 a 115.

GATTI, Sandra Regina Teodoro. **Análise de uma ação didática centrada na utilização Da história da Ciência**: uma contribuição para a Formação Inicial do Docente de Física. 2005. Tese (Doutorado em

Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GEBARA, Maria José Fontana. **O Ensino e a Aprendizagem de Física:** contribuições da história da Ciência e do movimento das concepções alternativas – um estudo de caso. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

GIL-PÉREZ, Daniel; FERNÁNDEZ-MONTORO, Isabel; CARRASCOSA-ALÍS, Jaime; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência& Educação** 7 (2): 125–153, 2001.

GLEISER, Marcelo. **A Dança do Universo:** dos mitos de criação ao Big Bang. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

GOMES, Henriette Ferreira. O ambiente informacional e suas tecnologias na construção dos sentidos e significados. **Ci. Inf.** , Brasília, v. 29, n. 1, 2000 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652000000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jul 2008. doi: 10.1590/S0100-19652000000100007

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

_____.; _____.; _____. **Física 4.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

_____.; _____.; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física. V.2. Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** 7.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006.

HAWKING, Lucy; HAWKING, Stephen. **George e o Segredo do Universo.** (Trad. de Laura Alves e Aurélio Rebello). Rio de Janeiro: Ediouro, 2007.

HAWKING, S. **Os Gênios da Ciência:** sobre os ombros de gigantes. (Trad. de Marco Moriconi). Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

_____. **Buracos-Negros, Universos-Bebês e Outros Ensaio.** (Trad. de Maria Luiza de X. A. Borges). Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

_____. **Uma Breve História do Tempo.** (Trad. de Ribeiro da Fonseca). 3.ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1994.

HECKLER, V. *et al.* Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de Óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/>>. Acesso em 21/Nov/07 às 20h34min.

HENNIG, George J. **Metodologia do Ensino de Ciências.** 3.ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1998.

HENRI WALLON – COLEÇÃO GRANDES EDUCADORES. Apresentado por Izabel Galvão. Produzido por ATTA Mídia e Comunicação. Belo Horizonte: CEDIC – Centro Difusor de Cultura Ltda, 2007. 1 DVD GE-12

HERNANDEZ, Felicitó Barreras. **Modelo pedagógico para la formación de habilidades, hábitos y capacidades.** La Havana: IPLAC, 1999.

GASPAR, A. **Física – Mecânica.** v.1. São Paulo: Ática, 2000. 384 p.

_____. **Física – Ondas – Óptica - Termodinâmica.** V.2. São Paulo: Ática, 2000. 416 p.

_____. **Física – Eletromagnetismo – Física Moderna.** V.3. São Paulo: Ática, 2000. 448 p.

JAEGER, F.P.; ACCORSSI, A. **Tutoria em Educação a Distância.** Disponível em <<http://www2.abed.org.br/>> Acesso em 27/Mar/08 às 19h59min.

JEAN PIAGET – COLEÇÃO GRANDES EDUCADORES. Apresentado por Marta Kohl de Oliveira. Produzido por ATTA Mídia e Comunicação. Belo Horizonte: CEDIC – Centro Difusor de Cultura Ltda, 2007. 1 DVD GE -08

KALHIL, J.B. **Estrategia pedagógica para el desarrollo de habilidades investigativas en la Disciplina Física de Ciencias Técnicas.** 2003. Tese (Doutorado em Ciências Pedagógicas), Centro de Estudos para el Perfeccionamiento de La Educación Superior, Universidade de La Habana, Hanana/Cuba, 2003.

_____. **Pesquisa Quantitativa em Educação.** Manaus: BK Editora, 2005.

_____. **Metodologia do Ensino Superior.** 2.ed. Manaus: FSDB Editora/BK Editora, 2008.

LEV VYGOTSKY – COLEÇÃO GRANDES EDUCADORES. Apresentado por Yves de La Taille. Produzido por ATTA Mídia e Comunicação. Belo Horizonte: CEDIC – Centro Difusor de Cultura Ltda, 2007. 1 DVD GE -11

LÉVY, Pierre. **Cibercultura.** São Paulo: Atlas, 1999.

_____. **As Tecnologias da Inteligência:** o futuro do pensamento na era da Informática. (Trad. de Carlos I. da Costa). 14. reimp. São Paulo: Editora 34, 2006.

LIBÂNEO, J.C. **Didática.** 22. reimp. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério. Série Formação do Professor)

LÔBO, Soraia Freaza e MORADILLO, Edilson Fortuna de. Epistemologia e a Formação Docente em Química. **Revista Química Nova na Escola.** n.17, p. 39-41, maio, 2003. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc17/a10.pdf>> Acesso em 28/Jun/08 às 17h15min.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A História das Ciências e seus usos na Educação.** In: SILVA, Cibelle Celestino (Ed.). **Estudos de História e**

Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006, pp. xxi a xxxiv.

MEDEIROS, A. e MEDEIROS, C.F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Coleção Explorando o Ensino**. V.7. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. pp. 46 a 57.

MENEZES, Ana P. S.; KALHIL, Josefina Barrera. TIC: Organizador Prévio no Processo Ensino-Aprendizagem na Amazônia. In: V Taller Iberoamericano de Enseñanza de La Física Universitaria. **Anais**. La Habana - Cuba: Universidad de La Habana, 2009. CD-ROM

MONTEIRO, Dilva Martins; RIBEIRO, Victoria Maria Brant; ST RUCHINER, Miriam. As tecnologias da informação e da comunicação nas práticas educativas: espaços de interação? Estudo de um fórum virtual. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 28, n. 101, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302007000400009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jul 2008. doi: 10.1590/S0101-73302007000400009

MOREIRA, M.A., MASSONI, N.T. e OSTERMANN, F. "História E Epistemologia Da Física" Na Licenciatura Em Física: Uma Disciplina Que Busca Mudar Concepções Dos Alunos Sobre A Natureza Da Ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-47442007000100019&lng=&nrm=iso&tlng> Acesso em 21/11/07 às 20h13min.

_____. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MORIN, Edgar. **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. (Trad. De Catarina E.F. da Silva e Jeanne Sawaya). 4.ed. São Paulo: Cortez, 2001.

MORTIMER, Eduardo Fleury (org.). **Química: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (Coleção Explorando o Ensino, v.5). 222 p.

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1981

OREJOV, V. **Metodología de la Enseñanza de la Física**. La Havana: Pueblo y Educación, 1980.

PARANÁ, D.N. da S. **Física: Mecânica**. V. 1. Ensino Médio. São Paulo: Editora Ática, 2007. 208 p.

PERRENOUD, P. **Pedagogia Diferenciada. Das Intenções à Ação**. Porto Alegre: Artmed Editora 1999.

PIMIENTA, Orestes D. Castro. **Evaluación en la Escuela Actual, ¿Reduccionismo o Desarrollo?** La Havana: IPLAC, 1995.

POPPER, Karl. **The Logic of Scientific Discovery**. Hutchison: [s.ed.], 1959.

PRADO, Ricardo. Só aprende quem tem fome. **Nova Escola**, São Paulo, ano 17, n. 152, p. 45-47, maio. 2002.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A. de T. **Os Fundamentos da Física**. V. 1. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2007.

_____. **Os Fundamentos da Física**. V. 2. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2007. 463 p.

_____. **Os Fundamentos da Física**. V. 3. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2007. 508 p.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 1**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

RODHEN, Huberto. **Einstein**: o enigma do Universo. São Paulo: Editora Martin Claret, 2007.

RETO, Luís; NUNES, Francisco. **Normas de Elaboração de Teses de Mestrado**. Lisboa: ISCTE, 2001.

RICARDO, E.C. e FREIRE, J.C.A. A concepção dos alunos sobre a Física do Ensino Médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/>>. Acesso em 21 de Novembro de 2007 às 20h29min.

QUEIROZ, Glória Pessôa; TEIXEIRA, Sonia Krapas. As Revoluções que não Convencem: um Desafio para o Ensino de Física. **Revista da SBHC**, n.8, p. 31-46, 1992.

SÁNCHEZ, Armando Cruz. **La evaluación en la enseñanza -aprendizaje de la Física**. La Havana: Pueblo y Educación, 1996.

SARGUERA, Rogelio Bermudez. **Teoría y metodología del aprendizaje**. La Havana: Pueblo y Educación, 1996.

SANTOS, Maria E. V. M. dos, **Mudança conceitual na sala de aula: Um desafio pedagógico**. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.

SILVA, Robson S. da. **Concepção Pedagógica para os Desafios Metodológicos em Educação a Distância (EaD)**. In: SILVA, J.G. da; MOREIRA, E.V.; LIMA, O.G. de (Orgs.). **O Fazer Pedagógico: entre o método e a metodologia**. Manaus: Editora Nilton Lins, 2006, pp. 121 a 141.

_____. **Uso de Softwares Livres para a Efetivação de Educação Básica a Distância em Comunidades de Fronteira da Região Amazônica**. Disponível em <<http://www2.abed.org.br/>> Acesso em 27/Mar/08 às 19h59min.

_____ ; SILVA, L.R. de A. **Gestão Escolar e Tecnologias**. Manaus: UEA Edições, 2008.

SILVA-PENA, Ilich, BORRERO, Ana María, MARCHANT, Paola *et al.* Percepções De Jovens Sobre O Uso Das Tecnologias De Informação No Âmbito Escolar. **Ultima década**, jul. 2006, vol.14, no.24, p.37-60. ISSN 0718-2236. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-22362006000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 27/Jul/08 às 16h32min

SILVER, Brian L. **A Escalada da Ciência**. (Trad. de Arno Blass). 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

STENSMANN, Berenice H.W. **A Utilização de TIC como Instrumento Potencializador Visando Proporcionar uma Aprendizagem mais Significativa em Física de Fluidos**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

TEIXEIRA, Ana Frazão; MONTEIRO, Darlinda Dias. Ensino Médio Presencial com Mediação Tecnológica: o aprendizado da Química através de meios tecnológicos. In: IX Encontro Internacional Virtual Educa 2008. **Anais**. Zaragoza, Aragão, Espanha, 2008. Disponível em <<http://www.virtualeduca.info/forumveduca/>> Acesso em 24/Ago/2008 às 22h.

TORUNCHA, José Ziberstein. **Una Didáctica para una enseñanza y un aprendizaje desarrollador**. Havana: IPLAC, 1999.

_____. **Desarrollo intelectual en las ciencias naturales**. Havana: Pueblo y Educación, 2000.

TOSCHI, Mirza Seabra; RODRIGUES, Maria Emília de Castro. Infovias e educação. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022003000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jul 2008. doi: 10.1590/S1517-97022003000200009

WOLFF, Jeferson F. de S. **O Ensino da Teoria da Relatividade Especial no Nível Médio:** uma abordagem histórica e conceitual. Porto Alegre: UFRGS, 2005. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

ZAYAS, Carlos M. Álvarez de. **La escuela en la vida. Didáctica.** La Havana: Pueblo y Educación, 1999.

_____. **Hacia una escuela de excelencia.** La Havana: Academia, 1996.

Apêndice

APÊNDICE A – O QUESTIONÁRIO - ENQUETE

1. Professor de Física de Escola:

pública privada 9º ano Ensino Médio

2. O que você sabe sobre a utilização das TIC (Tecnologias de Informação e de Comunicação) no trabalho pedagógico?

Uso e acho importante

Já usei

Nunca usei, mas gostaria de usar

não é necessário

3. Como você considera as TIC enquanto estratégia pedagógica?

ótimo recurso

bom recurso

razoável

não é necessário

4. Qual sua perspectiva em relação ao uso das TIC no processo ensino - aprendizagem de Ciências (especialmente da Física) na Educação Básica?

Vai tornar minhas aulas mais interessantes

não é necessário

5. No seu planejamento, as atividades com TIC são:

freqüentes

habituais

raras

6. Qual requisito lhe parece ser necessário para a implementação deste tipo de atividade na educação formal?

formação do professor em informática

presença de um apoio técnico

não é necessário

7. Você utiliza a História da Física em suas aulas?

frequentemente

às vezes

raramente

não me utilizo, porque

8. Se você se utiliza da História da Física em suas aulas, que tipo de material você usa para seu embasamento teórico? (Pod e marcar mais de uma opção)

Artigos Científicos

Livros

O próprio livro didático da escola

Outro. Qual? _____

9. Se você se utiliza da História da Física em suas aulas, que recurso você utiliza? (Pode marcar mais de uma opção)

Áudio-visual

Exposição dialogada

Livro paradidático

Outro. Qual? _____

10. Você tem acesso à leitura e/ou material pedagógico referente

a: (Pode marcar mais de uma opção)

() Uso de TIC

() Práticas pedagógicas

() O Ensino de Ciências, especialmente da Física

() História da Física

11. Que recursos você gostaria de encontrar num *site* de Ensino de Física? (Pode marcar mais de uma opção)

() Biografias de Cientistas Famosos de Física

() Vídeos de curta duração de História da Física

() Simulados de Provas para Vestibulares

() Simuladores de Modelos

() Curiosidades sobre Fenômenos Físicos

() Outros. Quais? _____

APÊNDICE B – O QUESTIONÁRIO – ENTREVISTA

ENTREVISTA SOBRE O SITE DO ENSINO DE FÍSICA

1. Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
2. Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
3. Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque, o conteúdo específico do novo material;
4. O material realmente se destina a facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos ou série de idéias estreitamente relacionadas.
5. Contém um conjunto pequeno de informações verbais ou visuais, formulado em termos de conhecimento que o aprendiz já tem.
6. Ser apresentado antes de um conjunto maior de informações a serem aprendidos. Não deve incluir conteúdos do que deve ser aprendido.

7. Facilitar ao aprendiz o estabelecimento de relações lógicas entre elementos do material a ser aprendido.
8. Ativar aspectos da estrutura de conhecimentos que o aprendiz já tem que não seriam normalmente ativados para assimilar o novo material.
9. Os vídeos não têm erros conceituais.
10. Sugestões para o seu uso e melhorias.

APÊNDICE C – Texto dos Vídeos de Curta Duração

VÍDEO – EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MOVIMENTO

INTRODUÇÃO

O progresso científico é, quase sempre, fruto de um trabalho longo, árduo e persistente.

É fascinante acompanhar a gênese deste processo de descoberta, quais os percursos de cada cientista na busca por uma compreensão da Natureza, os passos em falso, os triunfos.

É uma aventura intelectual que fica registrada nos trabalhos originais. Após aceitos e compreendidos, estes trabalhos são freqüentemente reformulados e apresentados de maneira diferente da original. A leitura é agradável, mas onde, em meio a tantos problemas diferentes, estão suas contribuições fundamentais?

Neste filme, convidamos você a um passeio por alguns destes grandes momentos.

Apresentaremos o lado humano destes gênios da ciência, das dificuldades que passaram, pessoalmente, ou ao confrontar a mentalidade de sua época, seus conflitos.

Passeio este, que não terminará aqui... Há muito a ser percorrido.

Na primeira parte, apresentaremos o conflito entre Copérnico e a visão geocêntrica, a busca de Kepler pelas leis dos céus, o desafio de Galileu à ordem intelectual, as dificuldades de Newton para ter as suas idéias aceitas e as dificuldades de Einstein no início de sua carreira.

ARISTÓTELES (384-322 A.C.)

No século IV a.C., o filósofo e pensador grego Aristóteles concebeu um Sistema Planetário descrito em seu livro, *Sobre os Céus*, e concluiu que, devido ao fato de a sombra da Terra sobre a Lua durante eclipses ser sempre redonda, a forma do mundo era esférica e não plana.

Ele também supôs que a Terra era plana pois ao se observar um navio que se afasta mar afora, o casco desaparece antes das velas.

Aristóteles dizia que o movimento de um corpo é simples e, por serem simples, deveriam ser retilíneos e circulares. Ele dividiu o movimento simples em três gêneros: longe do centro, em direção ao centro e ao redor do centro. Se são retilíneos, ou é para cima ou é para baixo. Logo, todo movimento simples é em direção ao centro, isto é, para baixo; ou se afastando do centro, isto é, para cima; ou ao redor do centro, isto é, circular. Como a Terra e a Lua são pesadas, devem ser levadas para

baixo, isto é, em busca do centro. O ar e o fogo, que são dotados de leveza, movem-se para cima, isto é, afastam-se do centro...

Em sua visão geocêntrica, a Terra estava em repouso e os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, assim como o Sol e a Lua, realizavam órbitas circulares ao redor dela.

Ele também acreditava que as estrelas estavam fixas na esfera celeste.

Ele acreditava em movimentos circulares perfeitos em que a Terra estava em repouso.

Ele concebeu a teoria que existia um *motor primeiro* que sustentava que uma força mística atrás das estrelas fixas causava os movimentos circulares observados. Muitos teólogos achavam que esse *motor primeiro* eram os anjos e, assim, a visão de Aristóteles perdurou por vários séculos.

PTOLOMEU (87 -150 D.C.)

Ptolomaeus criou um modelo do universo que previa mais precisamente os movimentos e ações das esferas celestes.

Como Aristóteles, ele acreditava que a Terra estava em repouso: objetos caíam para o centro da Terra porque a Terra deveria estar fixa no centro do Universo.

A cristandade ocidental não se incomodava com o sistema geocêntrico de Ptolomeu, que deixava espaço no universo atrás das estrelas fixas para o Paraíso e o Inferno e, assim, a Igreja adotou o modelo Ptolomaico como verdadeiro.

A visão do cosmos de Aristóteles e Ptolomeu reinou, com algumas poucas modificações, por mais de mil anos. Somente em 1514 que o padre polonês Nicolau Copérnico reviveu o modelo heliocêntrico.

COPÉRNICO (1473-1543)

O que poderia ser mais belo do que os céus que contêm todas as coisas belas?

Nicolau Copérnico, padre e matemático polonês do século XVI, é frequentemente considerado o fundador da astronomia moderna.

Foi o primeiro a concluir que os planetas e o Sol não se movem ao redor da Terra.

Ele se convenceu de que a Terra era apenas outro planeta e que o Sol era o centro do universo. Esta hipótese ficou conhecida como o Modelo Heliocêntrico.

A ruptura de Copérnico marcou uma das maiores mudanças de paradigma na história do mundo, abrindo caminho para a astronomia moderna e afetando profundamente a ciência, a filosofia e a religião.

Seu trabalho fundamental, *Sobre as Revoluções*, foi publicado em 1543 em seu leito de morte. Ele não viveu o bastante para testemunhar o caos que sua teoria heliocêntrica iria provocar.

Copérnico foi o primeiro a posicionar Vênus e Mercúrio corretamente, estabelecendo com precisão notável a ordem e as distâncias dos planetas conhecidos.

Antes de Copérnico, acreditava-se que o Sol era apenas um outro planeta. Colocar o Sol como centro do sistema planetário foi o início da revolução copernicana, um salto intelectual para uma nova visão de mundo.

Foi Copérnico que concluiu que o Sol nos dá o ano e as mudanças das quatro estações, a Lua os meses – os períodos de tempo mais comuns.

Suas idéias permaneceram obscuras por quase 100 anos, mas o século XVII veria gênios como Galileu, Kepler e Newton elaborarem as teorias de um universo heliocêntrico, derrubando definitivamente as idéias aristotélicas.

De todas as descobertas e opiniões, nenhuma exerceu um efeito maior no espírito humano do que a doutrina de Copérnico. O mundo mal se tornara conhecido como redondo e completo em si mesmo, quando se pediu a ele

que abrisse mão do enorme privilégio que é ser o centro do universo. Nunca, talvez, foi feito um pedido de tal magnitude à humanidade – pois com tal admissão tantas coisas desapareceriam em névoa e fumaça! O que aconteceu com Éden, nosso mundo de inocência e poesia; o testemunho dos sentidos; a convicção de um fé poético-religiosa? Não é de surpreender que seus contemporâneos não quiseram perder tudo isso e resistiram de todo o modo possível a uma doutrina que autorizava e exigia de seus convertidos uma liberdade de visão e grandeza de pensamento desconhecidas até então e de fato nunca antes sonhadas.

GALILEU (1564-1642)

Eu, Galilei Galileu, com 70 anos de idade, julgado pessoalmente por esta corte, e ajoelhado diante de vós, tendo sob meus olhos os Santíssimos Evangelhos, juro que sempre cri, que creio agora, e que com a ajuda de Deus creerei sempre no futuro em tudo que a Igreja Católica e Apostólica afirma, prega e ensina. Eu abjurei, jurei, prometi e me obriguei, de meu próprio punho subscrevi a presente cédula da minha abjuração e a recitei palavra por palavra, em Roma, no vigésimo segundo dia de junho de mil seiscentos e trinta e três. Eu, Galileu Galilei, abjuro de minhas idéias.

Diz a lenda que ao levantar-se, Galileu resmungou “*Eppur si muove*” – “Mesmo assim, move-se”.

Galileu nasceu em Pisa em 1564 e demonstrou desde cedo facilidade para a Matemática e interesse em Mecânica.

Diz-se que foi ao observar as oscilações pendulares de uma luminária pendurada na catedral de Pisa que Galileu descobriu o isocronismo do pêndulo (no qual o período do movimento pendular não depende de sua amplitude), que aplicaria meio século mais tarde ao construir o relógio astronômico.

Já em 1586, aos 22 anos, Galileu já questionava a ciência e a filosofia aristotélicas.

Em 1589, aos 25 anos, tornou-se professor de Matemática da Universidade de Pisa, e um dos requisitos era ministrar o curso de astronomia ptolomaica, a teoria segundo a qual o Sol e os planetas descrevem uma órbita ao redor da Terra. Foi o início de sua ruptura com a astronomia aristotélica e o tornaria líder da reforma científica.

Em 1597, Galileu inventou um compasso geométrico e militar que se tornou útil para engenheiros mecânicos e militares. Galileu também começou a se corresponder com Kepler.

Em 1610, o cosmos se abriu literalmente para a humanidade através das observações feitas por Galileu em seu telescópio. A Lua deixou de ser um disco perfeito, ganhando montanhas e crateras. Galileu determinou que a Via Láctea era na verdade uma vasta aglomeração de estrelas individuais. Ele também descobriu as quatro luas ao redor de Júpiter.

Em 1633, noventa anos após a morte de Copérnico, a Inquisição Galileu a Roma para julgamento sob acusação de heresia. A acusação teve origem na publicação de *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo: copernicano e ptolomaico*. Neste livro, Galileu desafiou abertamente o édito de 1616 contra a propagação da doutrina de Copérnico ao afirmar categoricamente que o sistema heliocêntrico deixava de ser apenas uma hipótese, e se confirmava como verdadeiro. A maioria dos cardeais que constituíam o tribunal concluiu que o réu “era veementemente suspeito de heresia” por apoiar e ensinar a idéia de que a Terra se move, e que não é o centro do universo. O tribunal condenou Galileu à prisão perpétua. A sua pena, porém, foi prontamente comutada a uma prisão domiciliar. Galileu também foi forçado a assinar uma confissão redigida por seu próprio punho, e a renunciar suas idéias em público.

Duas Novas Ciências gerou contribuição tão significativa para a Física que estudiosos há muito mantêm que o livro antecipou as leis do movimento de Newton. Na época de sua publicação, Galileu já tinha perdido a sua visão.

Seus últimos anos transcorreram em Arcetri, aonde veio a falecer em oito de janeiro de mil seiscentos e quarenta e dois.

As contribuições de Galileu para a humanidade nunca deixaram de ser reconhecidas.

Em 1979, o Papa João Paulo II declarou que a Igreja pode ter cometido um engano ao condenar Galileu, convocando uma comissão para reabrir o caso. A comissão concluiu seus trabalhos ao fim de quatro anos, chegando à conclusão de que Galileu não deveria ter sido condenado, e publicando todos os documentos relevantes ao seu julgamento. Em 1992, o Papa endossou o resultado do inquérito.

As proposições deduzidas através da lógica pura são completamente nulas em relação à realidade. E Galileu, por ter percebido esta verdade, e por tê-las instigado no mundo da ciência, tornou-se o Pai da Física Moderna, na verdade, Pai da Ciência Moderna.

KEPLER (1571-1630)

Atrevo-me a confessar francamente que roubei os vasos de ouro dos egípcios para fabricar um tabernáculo ao meu Deus longe das terras do Egito. Se me perdoarem, eu me alegrarei; se me reprovarem, eu o suportarei. O dado foi lançado e estou escrevendo o livro. Se para ser lido agora, ou pela posteridade, não importa. Ele pode esperar um século por um leitor, assim como o próprio Deus esperou seis mil anos por uma testemunha.

Se houvesse um prêmio a ser concedido à pessoa mais empenhada na busca da precisão absoluta, esta honra caberia provavelmente ao astrônomo Kepler, conhecido como Legislador dos Céus.

Sua obsessão por medidas precisas era tão grande que ele chegou a medir sua própria gestação: 224 dias, 9 horas e 53 minutos.

Em 1577, aos 6 anos, sua mãe lhe mostrou um grande cometa que apareceu no céu naquele ano. Kepler mais tarde reconheceu que esta experiência compartilhada com sua mãe deixou-lhe forte impressão.

Frágil e precoce, Kepler apanhava rotineiramente de seus colegas na escola, que o consideravam um sabe-tudo.

Em 1587, matriculou-se na universidade onde estudou Teologia e Filosofia. Estabeleceu-se como um estudioso sério da matemática e da astronomia, além de um controverso defensor da teoria copernicana do Heliocentrismo.

Ele dedicou sua vida à pesquisa astronômica. Construiu tabelas astronômicas precisas para seu tempo, tabelas que abririam o caminho para a aceitação da teoria heliocêntrica do sistema planetário.

Como Copérnico, Kepler era profundamente religioso.

Kepler manteve uma série de relacionamentos complicados, dentre eles, o mais célebre, com Brahe, o grande observador astronômico a olho nu. Brahe dedicou sua vida a registrar e medir corpos celestes, carecendo entretanto das habilidades matemáticas e analíticas necessárias à compreensão do movimento planetário. Brahe contratou Kepler para elucidar suas observações sobre a órbita de Marte.

Kepler mapeou os dados levantados por Brahe de forma a construir uma elipse, um feito que contribuiu para dar credibilidade ao modelo copernicano do sistema heliocêntrico. Sua descoberta das órbitas elípticas foi um passo importante para inaugurar uma nova era na astronomia.

Foi a partir deste momento que se tornou possível prever o movimento dos planetas.

Depois de transcorrido um ano e meio de sua relação profissional com Brahe, o astrônomo dinamarquês adoeceu repentinamente durante um jantar e morreu em poucos dias de infecção na bexiga. Kepler ascendeu à posição de Matemático Imperial.

Foi depois da morte de Brahe que Kepler testemunhou uma nova, posteriormente conhecida como a Nova de Kepler, e também fez experimentos com teorias de ótica. Cientistas e estudiosos vêem seus trabalhos em ótica como de menor importância se comparados aos seus feitos em astronomia e matemática.

Kepler descobriu as três leis que governam o movimento planetário e que ainda hoje, quase quatrocentos anos depois, ainda são ensinadas nas salas de aula de Física. Foi também a Terceira Lei de Kepler, e não uma maçã, que levou Newton a enunciar a Lei da Gravitação Universal.

Em 1605, Kepler anunciou sua Primeira Lei, a Lei das Elipses, que afirma que os planetas se movem através de elipses com o Sol em um dos focos.

Sua Segunda Lei, a Lei das Áreas Iguais, os planetas varrem áreas iguais em períodos iguais.

Kepler publicou ambas as leis em 1609 no seu livro *Nova Astronomia*.

Em 1618, Kepler publicou *Harmonias do Mundo*, onde estende sua teoria da harmonia para a música, astrologia, geometria e astronomia, além de incluir sua Terceira Lei sobre o movimento dos planetas, conhecida como a Lei das Harmonias. Esta Lei, segundo a qual os cubos das distâncias médias entre os planetas e o Sol são proporcionais aos quadrados de seus períodos de revolução, viria a inspirar Newton 60 anos mais tarde. Em outras palavras, Kepler descobriu como os planetas orbitavam, e ao fazê-lo abriu o caminho para que Newton descobrisse o porquê.

Kepler era míope além de sofrer de visão dupla, que acreditavam ter sido causada por varíola, doença que por pouco não lhe tomou a vida. Ele também sofria de problemas abdominais e tinha dedos "tortos", o que lhe impediu de seguir o que seria a carreira mais promissora, a de pastor protestante. Apesar de ter aberto mão da carreira de pastor pelo estudo da ciência, jamais abandonou sua fé no papel de Deus na criação do universo.

Foi um dia, ao pé do quadro-negro enquanto dava aula em Graz, que teve uma súbita revelação que significou o começo de uma viagem apaixonante e mudou o rumo de sua vida. Era, a seu ver, a chave secreta para a compreensão do universo. Kepler desenhou no quadro-negro, para

a sua turma, um triângulo equilátero dentro de um círculo, e outro círculo dentro de um triângulo. Esta teoria geométrica das órbitas e distâncias planetárias lhe inspirou a escrever *Mistérios do Cosmos*, publicado em 1596.

Kepler viveu o resto de sua vida procurando obter a prova matemática e as observações científicas que comprovaria m suas teorias.

Como teólogo e astrônomo, Kepler estava decidido a compreender como Deus criou o universo e porquê. A defesa do sistema heliocêntrico tinha sérias implicações religiosas, mas Kepler manteve que a centralidade do Sol era essencial à criação divina, uma vez que conservava os planetas alinhados e em movimento. Neste sentido, Kepler rompeu com a tradição copernicana de um sistema heliostático que coloca o Sol "próximo" ao centro, ao colocar o Sol diretamente ao centro deste sistema.

Kepler morreu aos 59 anos de idade, em 1630, enquanto procurava receber um salário atrasado.

Apesar de nunca ter obtido a fama de Galileu, Kepler produziu uma obra que foi extraordinariamente útil a astrônomos como Newton, que se debruçaram sobre os detalhes e a precisão da ciência de Kepler.

Kepler foi um homem que preferiu a harmonia e a ordem estética. Tudo o que ele descobriu estava ligado à sua visão de Deus. Lê-se em seu epitáfio, escrito por ele mesmo: "Eu media os céus, e agora medirei as

sombras da terra. Apesar da minha alma vir dos céus, a sombra de meu corpo descansa aqui.”

NEWTON (1642-1727)

Não sei como pareço ao mundo, mas para mim me sinto como um menino brincando em uma praia, me divertindo, encontrando aqui e ali um seixo mais liso, ou uma concha mais bonita do que as outras, enquanto o grande oceano da verdade jaz totalmente inexplorado diante de mim.

Qual seria a forma da órbita de um planeta que se move ao redor do Sol, se ele fosse atraído para o Sol por uma força que varia com o inverso do quadrado da distância?

A resposta a essa pergunta revolucionou o estudo da Física e deu origem ao mito que foi Isaac Newton.

“Se vi mais longe foi porque estava sobre os ombros de gigantes”. Nesta frase, Newton reconhece as contribuições de Copérnico, Galileu e Kepler em suas descobertas científicas.

Isaac Newton é considerado o Pai do estudo do Cálculo Infinitesimal, Mecânica, movimento planetário e a teoria da luz e da cor.

Conquistou seu lugar na história ao formular a Força Gravitacional e ao definir as Leis do Movimento e da Atração no seu trabalho fundamental, *Principia*, o primeiro livro de Física Teórica.

Quando menino, Newton se perguntava questões que ludibriavam a humanidade e foi adiante, respondendo muitas delas. Desde cedo, demonstrou o tipo de curiosidade que definiria os grandes feitos de sua vida, interessando-se por modelos mecânicos e desenho arquitetônico.

Isaac Newton nasceu em uma cidadezinha industrial inglesa, no dia de Natal de 1642, o mesmo ano em que Galileu morreu. Sua mãe não esperava que ele sobrevivesse, pois ele nasceu prematuro. Era tão pequeno que cabia em uma garrafa de um litro. Seu pai morreu três meses antes de seu nascimento e sua mãe casou-se novamente... Mas, não havia lugar para o pequeno Newton nesse novo lar, por isso ele foi morar com sua avó. A lembrança deste abandono, junto com a tragédia de não ter conhecido o pai, perseguiu Newton pelo resto de sua vida.

Na infância, Newton demonstrou pouca aptidão para as tarefas escolares, o que fez sua mãe tirá-lo da escola. Anos depois, o irmão de sua mãe, um clérigo, acha melhor que Newton termine sua educação e o levou de volta à escola. Diz a lenda que uma pancada em sua cabeça, conferida por um valentão da escola, o teria iluminado, permitindo ao jovem Newton mudar o curso de sua educação. Demonstrando agora capacidade intelectual e

curiosidade, Newton começou a se preparar para a Universidade. Decidiu se matricular na Universidade de Cambridge.

Em 1665, devido à peste bubônica, a Universidade fecha e ele volta para casa. Nos 18 meses que passou em casa durante a peste, ele se dedicou à Mecânica e à Matemática, e começou a se concentrar em Óptica e Gravitação. Este ano miraculoso, como Newton o chamou, foi um dos períodos mais produtivo e férteis de sua vida.

Foi também nessa época que uma maçã, de acordo com a lenda, caiu na cabeça de Newton, despertando-o de uma soneca embaixo de uma árvore e inspirando-o a formular a Lei da Gravidade.

Ao retornar a Cambridge, Newton estudou a filosofia de Aristóteles e Descartes, ficou encantado pela mecânica de Copérnico e pela astronomia de Galileu, junto com a óptica de Kepler. Nessa época, deu início aos seus experimentos com prismas com a refração e dispersão da luz.

Em 1666, Newton já havia descoberto métodos gerais para resolver problemas de curvatura, que ele denominou "método dos fluxos e fluxos inversos". Essa descoberta deu origem a uma contenda dramática com os partidários do filósofo e matemático alemão Leibniz, o qual mais de uma década depois publicou seus achados sobre o cálculo diferencial e integral. Os partidários de Newton diziam que Leibniz havia roubado suas idéias anos antes. Uma discussão acalorada entre os dois grupos ficou conhecida como a Disputa da Prioridade do Cálculo, que só terminou com a morte de

Leibniz em 1716. Os ataques maldosos de Newton, que frequentemente transbordavam para as idéias sobre Deus e o universo, assim como as suas acusações de plágio, levaram Leibniz à miséria e à desgraça.

Em 1669, aos 28 anos de idade, é nomeado professor Lucasiano de Matemática, vaga essa ocupada hoje pelo grande gênio Stephen Hawking.

Os primeiros estudos de Newton como professor Lucasiano eram centrados no campo da óptica. Seu objetivo consistia em mostrar que a luz branca era composta de uma mistura de vários tipos de luz, cada uma produzindo uma cor diferente do espectro quando refratada por um prisma.

Ao estudar a terceira Lei de Kepler, Newton se propôs a descobrir a causa das órbitas elípticas dos planetas, resultando na dedução da Lei do Inverso do Quadrado, mais conhecida como Lei da Gravitação Universal, que diz que a força da gravidade entre dois objetos é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros destes objetos.

Newton estava começando a perceber que a lei da gravitação é universal: a mesma força que causa a queda de uma maçã no solo é a mesma que causa o movimento da Lua ao redor da Terra.

Se Galileu havia mostrado que os objetos eram “puxados” para o centro da Terra, Newton foi capaz de mostrar que esta mesma força, a gravidade, afetava as órbitas dos planetas. No primeiro volume dos *Principia*, ele formula as três leis do movimento:

1 – Todo corpo continua em seu estado de repouso, ou movimento uniforme em linha reta, a menos que seja forçado a mudar este estado por forças atuantes nele.

2 – A alteração do movimento é sempre proporcional à força motriz aplicada; e ocorre na direção da linha reta da força aplicada.

3 – Para cada ação há uma reação igual e contrária; ou equivalentemente, as ações mútuas de dois corpos um no outro são sempre iguais, e em direções contrárias.

Principia foi elogiado de forma moderada na ocasião de sua publicação em 1687, mas apenas 500 cópias da 1ª edição foram impressas.

Ele foi nomeado Sir pela Rainha Anne em 1705.

Morreu em março de 1727, após ataques de infecção pulmonar e gota.

EINSTEIN (1879-1955)

Eu raramente penso em palavras. Um pensamento vem, e, posteriormente, posso tentar expressá-lo em palavras.

Albert Einstein nasceu em Ulm em 14 de março de 1879 e cresceu em Munique. A família o considerava lento no aprendizado porque ele teve dificuldade de aprender a falar (Hoje, acredita-se que talvez ele fosse disléxico).

Gênio nem sempre é reconhecido imediatamente. Apesar de Albert Einstein ter se tornado o maior físico teórico de todos os tempos, quando estava na escola primária o diretor disse a seu pai: "Ele nunca terá sucesso em nada".

Einstein não foi bem na escola. Não gostava da disciplina rigorosa e sofria por ser uma das poucas crianças judias em uma escola católica. Esta experiência de excluído se repetiria muitas vezes em sua vida.

Aos seis anos, começou a estudar violino. Não era algo que fazia com grande facilidade, mas depois de muitos anos, quando entendeu a estrutura matemática da música, o violino se tornou uma paixão para o resto da vida – apesar de seu talento não ser tão grande quanto o seu entusiasmo!

Aos 10 anos, sua família o matricula no Ginásio Luitpold, lugar onde desenvolveu um senso crítico com relação à autoridade. Esse traço lhe foi útil mais tarde, em sua vida de cientista. Seus hábitos de cético fizeram com que fosse fácil para ele questionar suposições científicas bem estabelecidas.

Aos 20 e poucos anos, Einstein não conseguia encontrar um emprego decente como professor, mesmo tendo se formado como professor de Física e de Matemática pela Escola Politécnica de Zurique.

Assim, ele desistiu da busca de uma posição de professor universitário e se candidatou a trabalhos temporários em Berna.

Com a ajuda de um colega de seu pai, obteve uma posição no serviço civil como analista no escritório de patentes suíço. Ele trabalhava seis dias por semana, ganhando seiscentos dólares por ano. Desta forma se sustentou enquanto trabalhava em sua tese de doutorado em Física pela Universidade de Zurique.

Em 1903, casou-se com Mileva Maric. Em 1905, tiveram um filho, Hans Albert. O jovem pai empurrava o carrinho do bebê pelas ruas da cidade. De tempos em tempos, Einstein apanhava um bloco de anotações que deixava dentro do carrinho e tomava notas para si mesmo. É provável que este bloco no carrinho do bebê contivesse algumas das equações e fórmulas que levaram à teoria da relatividade e ao desenvolvimento da bomba atômica.

Einstein passava a maior parte de seu tempo livre estudando física teórica. Ele escreveu uma série de quatro artigos fundamentais, que impulsionaram algumas das idéias mais importantes na longa história da busca da compreensão do universo. Espaço e tempo nunca mais seriam vistos da mesma maneira.

No último de seus artigos, em 1905, *Sobre a Eletrodinâmica dos corpos em Movimento*, ele introduziu o que viria a ser conhecido como a Teoria da Relatividade Especial. É completamente teórico, não há nenhum comentário ou citação bibliográfica, foi escrito em apenas 5 semanas.

Newton havia declarado que "O tempo absoluto, verdadeiro, mate mático, por si próprio e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação a qualquer coisa externa". Einstein sustentava que todos os observadores deveriam medir a mesma velocidade da luz, independentemente de quão rápido eles estivessem se movendo. Einstein também afirmou que a massa de um objeto não é algo imutável, mas que cresce com a velocidade do objeto. Outra consequência da relatividade é que a relação entre Energia e Massa pode ser escrita matematicamente: Energia é equivalente à massa multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz.

Se a Teoria da Relatividade Especial mudou radicalmente os conceitos de tempo e massa, a Teoria da Relatividade geral mudou o nosso conceito de espaço. Newton havia escrito que "O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação a qualquer coisa externa, permanece sempre simular e imutável". O espaço Newtoniano é euclidiano, infinito e ilimitado, sua estrutura geométrica é completamente independente da matéria que o ocupa. Nele, todos os corpos gravitam uns em direção aos outros sem ter nenhum efeito na estrutura do espaço. Em forte contraste, a Teoria da Relatividade geral de Einstein afirma que não apenas a massa gravitacional de um corpo age em outros corpos mas também influencia na estrutura do espaço.

A Teoria da Relatividade geral foi confirmada em 1919 por Sir Arthur Eddington, mudando eternamente o curso da Física. Anos mais tarde, quando um de seus alunos lhe perguntou como reagiria caso ficasse

provado que a teoria estava errada, ele respondeu: "Eu teria sentido pena de nosso bom Deus. A teoria está correta".

O trabalho de Einstein *Sobre uma visão heurística da produção e transformação da luz*, e não o seu trabalho em Relatividade, fez com que ganhasse o prêmio Nobel de Física de 1921, assim como lhe trouxe grande fama. Nesse mesmo ano foi eleito membro da Sociedade Real Inglesa.

Einstein se radicou nos Estados Unidos, onde advogava publicamente causas como o Sionismo e o Desarmamento Nuclear, mas sempre mantendo sua paixão pela Física.

Em 1927, Einstein começou a desenvolver os fundamentos da Mecânica Quântica junto ao físico Dinamarquês Niels Bohr, mesmo continuando a busca de sua tão sonhada Teoria do Campo Unificado.

Em 1939, no início da Segunda Guerra Mundial, Einstein passou a se preocupar que os alemães pudessem estar desenvolvendo a bomba atômica, uma arma feita graças à sua própria pesquisa e pela qual ele se sentia responsável. Ele enviou uma carta ao presidente Roosevelt alertando-o desta possibilidade e exortando o governo americano a desenvolver pesquisa nuclear. Era o início da formação do projeto Manhattan, que produziu as primeiras armas nucleares do mundo. Após a guerra, Einstein continuou envolvido em causas e assuntos que o preocupavam.

Em 1952, após ter mostrado forte apoio ao Sionismo por vários anos, ofereceram-lhe a presidência de Israel. Ele educadamente recusou a oferta.

Em abril de 1955, uma semana antes de sua morte por um ataque cardíaco, Einstein escreveu uma carta ao filósofo Bertrand Russell, na qual concordava em assinar um manifesto demandando que todas as nações abandonassem as armas nucleares.

Até o momento de sua morte, em 1955, ele buscou a teoria do campo unificado, que uniria os fenômenos gravitacionais e eletromagnéticos em um único conjunto de equações. É um tributo à visão de Einstein que até hoje físicos continuam a buscar uma grande unificação das teorias físicas.

Einstein revolucionou o pensamento científico do século XX e além.

Em toda a sua vida ele procurou entender os mistérios do cosmos por meio de investigações do pensamento em vez de confiar em seus sentidos. “A verdade de uma teoria está na mente”, ele disse uma vez, “não nos olhos”.

VÍDEO – A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE CALOR

INTRODUÇÃO

A beleza nas Leis da Física é a sua fantástica simplicidade (Wheeler).

Quando um saco de pipocas é aquecido em um forno de microondas, os grãos de milho explodem em flocos macios comestíveis que são um lanche perfeito para um jogo de futebol. Contudo, se você conseguir remover energia térmica dos grãos estourados colocando-os em um refrigerador, eles nunca voltarão ao seu estado original.

Por que um processo que ocorreu em um forno não pode ser revertido, como um videotape rodado para trás?

Por que o tempo não volta atrás?

O que no mundo atribui ao tempo um sentido de evolução?

Qual a diferença entre Calor e Temperatura?

Neste filme, convidamos você a um passeio por alguns dos momentos da evolução do conceito de Calor. Nesta segunda parte, apresentaremos a evolução do conceito de Calor, desde a visão da Teoria do Calórico até chegarmos ao conceito de Entropia. É um passeio longo... mas, que não terminará aqui... há muito a ser percorrido!

A TEORIA DO CALÓRICO

Num período antigo da especulação científica, duas teorias concorriam ao tentar explicar o conceito de Calor. Na 1ª, a Teoria Dinâmica, o calor era uma forma de movimento e os efeitos térmicos eram explicados em

termos dos movimentos das partes constituintes da matéria. Na outra, chamada de Teoria do Calórico, os efeitos térmicos observados eram atribuídos ao "calórico" que penetrava nos interstícios de todos os corpos.

A Teoria do Calórico surgiu, pela 1ª vez, com Joseph Black (1778 -1799), químico e físico inglês, como explicação dos fenômenos caloríficos. Foi ele quem fez a distinção entre Temperatura e Calor. Foi também ele quem enunciou o conceito de calor latente. Para Black, o Calórico seria um fluido sem peso, muito elástico, indestrutível, capaz de penetrar em todos os corpos sob a influência de causas exteriores, bem determinadas.

Benjamim Thomson (1753-1814), Conde de Rumford, demonstrou que o calórico não produzia qualquer alteração no peso dos corpos. Para ele, a absorção de calórico ou frio e a libertação de calórico ou calor eram sinônimos. Em suas experiências, ele chegou à conclusão de que o calor não seria mais do que o escoamento do calórico, o que o levou a duvidar do próprio conceito de calórico que ele próprio acreditava. Em 1798, ele mesmo começa a atacar suas hipóteses a respeito do calórico após investigar a produção do calor por atrito numa fábrica em Munique. Mesmo após as investigações de Rumford de que o calor poderia ser provocado por atrito, passaram-se 50 anos até que a Teoria do Calórico fosse abandonada e a outra teoria, a Dinâmica, fosse aceita como correta.

De acordo com a Teoria Dinâmica, o calor e o trabalho podem ser convertidos um no outro, embora ambos sejam formas diferentes de

energia. A aceitação final da Teoria Dinâmica ou Mecânica do Calor, deve - se ao trabalho de muitos investigadores, dentre eles, Carnot.

Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832), cientista francês, obteve resultados fundamentais ao introduzir a idéia de transformações reversíveis e ciclos ideais nas máquinas térmicas.

Só em 1921 a hipótese do Calórico foi completamente abandonada, com o enunciado da 1ª Lei da Termodinâmica.

AS LEIS DA TERMODINÂMICA

Julius Robert Von Mayer (1814-1878), médico alemão que se dedicou à Física, formulou a 1ª Lei da Termodinâmica, ou Lei da Conservação da Energia, em 1842, que estabelece que a variação de energia interna de um sistema é dada pela diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo termodinâmico, ou seja, é a reafirmação de que a energia não pode ser criada e nem destruída.

James Prescott Joule (1816-1889), físico inglês, concluiu que o calor e o trabalho eram conversíveis em no outro. Foram suas experiências, realizadas de 1840 a 1849, que deram à Lei da Conservação da Energia uma base segura. É dele a Lei que relaciona a energia libertada em um condutor com uma resistência dada, com a corrente que percorre o circuito.

Carnot, através dos ciclos ideais e da idéia de transformações reversíveis, obteve os resultados fundamentais acerca das máquinas térmicas. Ele desenvolveu as suas investigações, principalmente sobre a teoria mecânica do calor e a teoria cinética dos gases, sendo de enorme importância os seus trabalhos sobre Termodinâmica e sobre a noção de Entropia.

Em 1854, a 2ª Lei da Termodinâmica, formulada separadamente por Rudolph J.E. Clausius (1828-1888) e por Thomson, mais conhecido como Lorde Kelvin (1824-1907), estabelece que todos os processos naturais levam à um aumento na entropia do sistema interno envolvido. A entropia da substância é função da condição da substância.

Por exemplo, considera-se um sistema em duas condições diferentes: um quilograma de gelo a 0°C que derrete e forma um quilograma de água a 0°C. Então, cada condição está associada a uma quantidade chamada Entropia, que é independente da história passada da substância. Quando o calor é removido, a entropia diminui e quando o calor é adicionado, a entropia aumenta. Esta é a definição de entropia numa máquina reversível, uma máquina ideal, que não sofreria atrito, como supôs Carnot.

Mas, o que vem a ser Entropia?

Entropia é o índice da desordem associada com a degradação da energia.

Por exemplo:

Os organismos, os ecossistemas e a Biosfera inteira possuem a característica termodinâmica essencial: eles conseguem criar e manter um alto grau de ordem interna, ou uma condição de baixa entropia, isto é, pequena quantidade de desordem. Os ecossistemas são sistemas termodinâmicos abertos, fora do ponto de equilíbrio, que trocam continuamente energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna, na medida em que sua entropia externa aumenta. Esse fluxo de energia se dá através das cadeias alimentares, onde há transferência de energia alimentar desde a fonte dos autótrofos através de uma série de organismos que consomem e são consumidos. Em cada transferência, 80% a 90% da energia potencial perdem-se sob a forma de calor.

Ludwig Boltzmann (1844-1906), físico alemão, foi um dos criadores da Teoria Cinética dos Gases, fez importantes contribuições sobre o calor específico dos gases e sobre a 2ª Lei da Termodinâmica. Ele provou que a entropia termodinâmica de um sistema estava relacionada com o número de estados microscópicos possíveis através de uma constante: a constante de Boltzmann. Mas, sua análise foi muito ridicularizada por algumas das figuras mais poderosas do meio científico da época, lideradas pelo químico Ostwald, o qual não acreditava em átomos. Boltzmann, que possuía saúde frágil, profundamente desgostoso com os ataques que sofreu, veio a suicidar-se em Duino, em 1906.

William Ostwald (1883-1932), químico alemão de origem russa, introduziu em 1887 o princípio da energia na físico-química. Suas pesquisas o levaram a receber o Prêmio Nobel de Química em 1909.

Em 1906, Nernst (1864-1941), cientista alemão, formulou o seu Teorema do Calor, que dizia "em qualquer reação envolvendo só sólidos cristalinos, a variação da entropia é nula". Esta afirmação constituiu o 1º enunciado, menos geral, da 3ª Lei da Termodinâmica, que veio a ser reformulada em 1913 por Planck acrescentando que o valor nulo da variação da entropia da reação, era devido ao fato de ser nula a entropia de todos os sólidos cristalinos perfeitos, ou seja, no zero absoluto.

Planck recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1921 pelo enunciado da 3ª Lei da Termodinâmica.

APLICAÇÕES DA TERMODINÂMICA

Através das leis da Termodinâmica, podem-se obter, para quaisquer substâncias, os calores específicos referentes à pressão e volume constantes. Talvez a mais importante aplicação da Termodinâmica seja o estudo do equilíbrio dos sistemas, em mudanças de estado: a Regra das Fases. Outra importante aplicação da Termodinâmica é no campo das reações químicas.

O desenvolvimento das máquinas térmicas, como a máquina a vapor, turbinas e máquinas de combustão interna, envolve o conhecimento das propriedades termodinâmicas do fluido, ou mistura explosiva empregada, de forma que se possam projetar as máquinas mais convenientes, podendo-se prever a sua eficácia.

Essa teoria é também muito importante em Astrofísica e a sua aplicação aos problemas da radiação contribuiu para a formulação da Teoria Quântica.

VÍDEO – DO ÂMBAR ÀS EQUAÇÕES DE MAXWELL

INTRODUÇÃO

O conceito de energia revela-se como sendo o mais geral que a Ciência produziu até agora (Heisenberg).

Nem sempre nos damos conta da eletricidade e do magnetismo, dois fenômenos aparentados que ocorrem na maioria dos lugares – na verdade, onde existir matéria. Eles residem invisíveis nos átomos que compõem todas as coisas.

O que a eletricidade tem a ver com o fato do pêlo do gato se arrepiar sob a mão que o acaricia?

O que ocorre ao se acender uma lâmpada?

Neste filme, convidamos você a um passeio por alguns dos momentos mais belos da Física: do âmbar às equações de Maxwell. Nesta terceira parte, exploraremos as origens e o comportamento da Eletricidade e do Magnetismo e como os cientistas aprenderam a lidar com elas. É um passeio longo... mas, que não terminará aqui... há muito a ser percorrido!

DO ÂMBAR À PILHA VOLTAICA

Os fenômenos elétricos são conhecidos desde tempo muito remotos. Nossos antepassados já observavam as auroras polares e as trovoadas, sem saber explicar esses fenômenos os atribuíam aos deuses. Muitas vezes terrorizados adoravam os deuses responsáveis pelos raios. É possível que o conhecimento do fogo tenha se dado em incêndios provocados por raios durante grandes tempestades com trovoadas.

A eletricidade tornou-se conhecida na Grécia Antiga, ao verificar-se que uma substância, o âmbar, depois de friccionado com um pano, apresenta a característica de atrair pequenos fragmentos de natureza diferente, a eletrização. Este fenômeno foi descrito no século VII a.C. por Tales de Mileto (640-546 a.C.).

Nessa época também já era conhecido o fenômeno magnético da atração exercida sobre o ferro por um ímã natural de magnetita, não só pelos gregos, mas ao que se julga, também por parte dos chineses. Durante muitos séculos, era natural atribuir aos ímãs certas propriedades

fantasiosas, como por exemplo, dizer que maridos se reconciliavam com suas esposas, que curavam dores de cabeça e que o seu poder atrativo era enfraquecido na presença de alho ou de diamante.

Tales de Mileto atribuía o poder de atração da magnetita a uma alma ou emanção que passava rapidamente através dos poros do ferro, criando um vácuo entre a magnetita e o ferro. O grande mérito de Tales de Mileto consiste em procurar explicações naturais dos fenômenos, sem recurso a explicações místicas.

Peter Peregrinus, no século XIII, descreveu a existência de dois pólos nos ímãs: o norte e o sul. Descreveu também a atração entre dois pólos diferentes, a produção de pólos numa peça de ferro que tenha sido tocada por um ímã e a formação de dois ímãs quando um ímã maior é subdividido.

Só no final do século XVI as experiências foram retomadas. William Gilbert, físico da Rainha Isabel I, dedicou-se ao estudo dos fenômenos eletrostáticos e magnéticos. Verificou que muitas outras substâncias possuíam as mesmas propriedades do âmbar como o enxofre, o vidro, a resina, etc. a sua grande contribuição foi a descoberta de que a própria Terra era um enorme ímã, deixando em aberto pesquisas sobre o estudo sistemático do magnetismo terrestre.

Deve-se a Benjamin Franklin (1706-1790), escritor, estadista e cientista norte-americano, a introdução da noção de eletricidade positiva (ou

vítrea) e negativa (ou resinosa). Essas duas espécies de eletricidade são de certo modo antagônicas e, por isso, seus efeitos se anulam. Por isso, um corpo com um número de cargas positivas e negativas é eletricamente neutro. No entanto, duas cargas elétricas do mesmo nome repelem-se, enquanto que duas cargas de nomes contrários se atraem. Em 1752, ele protagonizou a conhecida experiência com a pipa de papel, que o ajudou a estabelecer a natureza elétrica da descarga. Descobriu o Poder das Pontas de atrair e de deixar escoar a eletricidade e inventou o pára-raios

Charles Coulomb (1736-1806), físico francês, veio a se destacar no domínio da eletricidade e do magnetismo. De suas investigações, concluiu que as forças de atração ou de repulsão entre corpos eletrizados são inversamente proporcionais ao quadrado da distância que os separa. Esse enunciado é conhecido como a Lei de Coulomb. Em 1779, Coulomb recebeu o prêmio da Academia Francesa pelas suas investigações a respeito da preparação de agulhas magnéticas. O tratamento matemático das leis de Coulomb foi desenvolvido mais tarde por Green, Gauss, Maxwell, Lord Kelvin e outros.

O Conde Alessandro Volta (1745-1827), físico italiano, realizou trabalhos notáveis no domínio da eletricidade. Em 1782, inventou o eletroscópio (instrumento que verifica se um corpo está carregado positiva ou negativamente) e o condensador eletrostático. Em 1800, apresentou à Royal Society de Londres a descrição da 1ª bateria geradora de corrente elétrica: a pilha de Volta.

DA PILHA À LÂMPADA ELÉTRICA

A eletricidade dinâmica foi descoberta por Luigi Galvani (1732 -1789), médico e físico italiano. Acidentalmente, um de seus alunos, numa aula de Anatomia, aproximou dos nervos musculares internos de uma de várias rãs esfoladas que se encontravam numa mesa, onde também estavam uma máquina elétrica e um escalpelo. Imediatamente, todos os músculos dos membros foram agitados por fortes convulsões. A experiência foi repetida e Galvani julgou que os músculos são dotados de uma eletricidade particular. Volta, que era professor de Física, não concordou, gerando uma controvérsia que acabou resultando, em 1800, na pilha elétrica ou pilha de Volta.

Em 1780, Laplace formulou as leis elementares do Eletromagnetismo. Em 1801, realizou-se a 1ª experiência de incandescência de um fio metálico, ficando demonstrado o efeito calorífico da passagem da corrente elétrica.

Em 1820, Hans Christian Oersted (1777-1851), químico e físico dinamarquês que vinha estudando os fenômenos do eletromagnetismo, descobriu a criação de um campo magnético por uma corrente elétrica ao constatar que a passagem de uma corrente elétrica em um circuito elétrico faz desviar uma agulha magnética, situada na proximidade do circuito. Esse efeito é conhecido por Efeito de Oersted. Essa descoberta foi desenvolvida posteriormente por Ampère.

Em 1820, Andre-Marie Ampère (1775-1836), matemático e físico francês, descobriu que na ausência de qualquer ímã, dois fios exercem, um sobre o outro, uma ação atrativa ou repulsiva, dependendo dos sentidos das correntes que os percorrem. Em 1822, ele descobriu os princípios da telegrafia elétrica.

George Simon Ohm (1787-1854), físico alemão, estabeleceu a relação entre a diferença de potencial e a corrente elétrica apresentando a noção de resistência elétrica, que resultou nas Leis de Ohm. Deixou vários trabalhos publicados sobre correntes elétricas, Física Molecular, polarização e interferências.

Michel Faraday (1791-1867), físico e químico britânico, é um dos grandes nomes da Ciência mundial. Começou sua vida como moço de recados e depois encadernador numa oficina em Londres. A sua cultura era muito restrita, pois só cursou os anos iniciais da escola. Mas a paixão pelo conhecimento dominava-o e nas horas vagas lia tudo quanto passava pelas suas mãos de encadernador. O seu amor pela Ciência surgiu depois de ouvir algumas conferências dadas por Davy e que mais tarde o nomeou assistente da Royal Institution, onde desenvolveu toda a sua atividade científica. Consciente da importância da experimentação, dedicou-lhe grande parte do seu tempo. Faraday não tinha qualquer interesse pela Matemática. Nunca escreveu uma fórmula, mas gostava de meditar sobre o que se passava à sua volta, e inventou o conceito de Campo Magnético. Nunca teve cobiça material, por isso cresceu e morreu pobre. Criou as

designações de Eletrólise, Catodo, Anodo, íon. Construiu a 1ª Gaiola de Faraday baseada na investigação da indução eletrostática. Maxwell provou matematicamente a exatidão de suas teorias. Faraday também tentou estabelecer a conexão entre magnetismo e Luz. Em seus estudos sobre as características magnéticas, classificou as substâncias em paramagnéticas ou diamagnéticas, de acordo com o fato de serem ou não atraídas por um ímã.

Em 1879, Thomas Alva Edison (1847-1931), um inventor norte-americano, construiu a lâmpada de incandescência de filamento de carvão. De família muito pobre, começou a vida vendendo jornais nos trens quando tinha apenas 12 anos. Empregou-se mais tarde como telegrafista, o que lhe aumentou o gosto por questões de Eletricidade. Dotado de grande capacidade inventiva e de grande capacidade de trabalho, a ele se devem numerosas invenções da técnica moderna, como o fonógrafo em 1877, a lâmpada incandescente, e o Efeito Termoiônico ou Efeito de Edison em 1883. Seu nome também é ligado à história do cinema e à sua industrialização, nos EUA. Ao morrer, tinha registrado cerca de 1500 patentes.

EQUAÇÕES DE MAXWELL E ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

James Clerk Maxwell (1831-1879), físico teórico escocês, foi o 1º a fornecer a estrutura matemática das Leis do Eletromagnetismo. Ele

também desenvolveu a mecânica estatística dos Gases e fez importantes contribuições para a fotografia a cores e para a compreensão dos anéis de Saturno. As equações do Eletromagnetismo na sua forma atual foram desenvolvidas não por Maxwell, mas pelo físico britânico Oliver Heaviside (1850-1925), que reconheceu nelas a importante simetria entre os campos elétrico e magnético.

O que é especialmente notável acerca das equações de Maxwell é que elas são inteiramente consistentes com a teoria especial da Relatividade. Em contraste com a Lei de Newton para a Mecânica, a qual requer consideráveis alterações para movimentos com velocidades próximas à velocidade da Luz, as equações de Maxwell permanecem as mesmas para todos os observadores, independentemente das suas velocidades relativas. De fato, a descoberta de Einstein da relatividade surgiu diretamente dos seus estudos sobre as leis do eletromagnetismo e as equações de Maxwell.

1ª Equação de Maxwell: Lei de Gauss para a Eletricidade – descreve a carga e o campo elétrico (cargas iguais repelem-se e cargas opostas se atraem).

2ª Equação de Maxwell: Lei de Gauss para o Magnetismo – descreve o campo magnético (linhas de campo magnéticas formam espirais fechadas; não existe evidência de que existam monopolos magnéticos).

3ª Equação de Maxwell: Lei de Faraday da Indução – descreve o efeito elétrico de um campo magnético variável (uma barra de ímã, empurrada através de uma espira fechada de fio, irá estabelecer uma corrente na espira)

4ª Equação de Maxwell: Lei de Ampère generalizada por Maxwell – o efeito magnético de uma corrente ou um campo elétrico variável (uma corrente em um fio estabelece um campo magnético próximo ao fio; a velocidade da luz pode ser calculada através de medições puramente eletromagnética).

As equações de Maxwell são escritas considerando -se que nenhum material dielétrico ou magnético está presente.

Maxwell demonstrou que as ações elétricas irradiam no espaço tal como a luz e deslocam-se à mesma velocidade. Os conhecimentos facultados por Maxwell tiveram aplicações práticas e de importância extraordinária. Basta pensar que as ondas eletromagnéticas, as ondas curtas, têm aplicação na transmissão das mensagens por telégrafo sem fio, nas vozes e nos sons da rádio, e nas imagens da TV.

Existem muitas situações nas quais as equações de Maxwell fornecem uma compreensão teórica sobre um dispositivo prático ou fenômeno. Um caso particular é o da cavidade metálica contendo campos elétricos e magnéticos oscilantes. Essas cavidades de oscilação formam a base do Magnétron, que serviu como um gerador de radiação de microondas para

o uso no radar durante os anos 40 do século XX. Um ou tro dispositivo baseado em cavidade é o Klystron, que foi utilizado para amplificar sinais de radar refletidos. No interior do Acelerador de partículas é comum o uso de Klystron, pois cada Klystron produz uma potência de pico de 67 MW.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, Nick. **Caos Químico**. São Paulo: Melhoramentos, 2002. (Coleção Saber Horrível).

_____. **Forças Físicas**. São Paulo: Melhoramentos, 2002. (Coleção Saber Horrível).

ARANTES, Elzira.(ed). **Forças Físicas**. Ciência & Natureza. 2. ed. Traduzido por Noêmia R. de A. Ramos. Rio de Janeiro: Abril Coleções, 1996.

ARANTES, J.T. **Newton: gênio difícil**. Revista Superinteressante, n.05, p.58-63, fev. 1988.

ARAGÃO, Maria José. **História da Física**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

ARNTZ, W. , CHASSE, B. , Vicente,M.(Trad. De Doralice Lima) **Quem somos nós? – A descoberta das infinitas possibilidades de alterar a realidade diária**. Rio de Janeiro: Prestígio Editorial, 2007.

CHASSOT, Attico. **A Ciência Através dos Tempos**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004.

EINSTEIN, A. Física e Realidade . (Tradução de Sílvio Dahmen). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 9-22, 2006.

_____. (Trad. de H.P. de Andrade). **Como Vejo o Mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. 377 p.

_____; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 4**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003. 384 p.

_____; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física. V.2. Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006. 392 p.

HAWKING, Lucy; HAWKING, Stephen. **George e o Segredo do Universo**. (Trad. de Laura Alves e Aurélio Rebello). Rio de Janeiro: Ediouro, 2007.

HAWKING, S. **Os Gênios da Ciência: sobre os ombros de gigantes**. (Trad. de Marco Moriconi). Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

_____. **Buracos-Negros, Universos-Bebês e Outros Ensaios**. (Trad. de Maria Luiza de X. A. Borges). Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

_____. **Uma Breve História do Tempo**. (Trad. de Ribeiro da Fonseca). 3.ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1994.

RODHEN, Huberto. **Einstein: o enigma do Universo**. São Paulo: Editora Martin Claret, 2007.

SILVER, Brian L. (Trad. de Arno Blass). **A Escalada da Ciência**. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.