



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**O USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS ELABORADOS
COM TRECHOS DE TEXTOS HISTÓRICOS ORIGINAIS
COMO RECURSO DE ENSINO**

Thiago França Da Silva

BRASÍLIA
2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

O USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS ELABORADOS
COM TRECHOS DE TEXTOS HISTÓRICOS ORIGINAIS
COMO RECURSO DE ENSINO

Thiago França Da Silva

Dissertação apresentada ao Programa da Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília/UnB, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Maria Helena da Silva Carneiro, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

BRASÍLIA
2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

O USO DE ORGANIZADORES PRÉVIOS ELABORADOS COM TRECHOS DE TEXTOS HISTÓRICOS ORIGINAIS COMO RECURSO DE ENSINO

Thiago França Da Silva

Banca:

Prof^a. Dr^a. Maria Helena da Silva Carneiro – Orientadora
Universidade de Brasília.

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Soares Gomes de Sousa – Examinadora.
Universidade de Brasília.

Prof^a. Dr^a. Lívia Freitas Fonseca Borges – Examinadora.
Universidade de Brasília.

Prof. Dr. Cassio Costa Laranjeiras – Examinador.
Universidade de Brasília.

AGRADECIMENTOS

Definitivamente meus agradecimentos não caberiam em uma página. Costumo pensar que sou fruto de todas as experiências que tive. Boas ou más, elas me trouxeram até aqui. Agradecerei agora àquelas que foram boas:

À professora Maria Helena da Silva Carneiro, que acreditou em mim, me acolheu, me ensinou e me orientou. Sem essa confiança, acolhida e ensinamentos e não teria chegado até aqui.

A todos os meus professores, sem eles não teria aprendido o que fazer, nem como fazer.

À professora Elizabeth Tunes, que também acreditou em mim e me fez enxergar além do mito de Sísifo.

Ao professor Cássio Costa Laranjeiras, a quem sigo como exemplo. Espero um dia ter uma compreensão da Filosofia e da Ciência tão ampla quanto a sua.

À professora Célia Maria Soares Gomes de Sousa, pelos ensinamentos e por ter me apresentado em primeira mão à Teoria da Aprendizagem Significativa.

Ao amigo Idelfrânio, pela parceria e entusiasmo, por estar à frente de seu tempo e me fazer acreditar em uma Física além do convencional.

Às amigas Elis e Carla, pelos *e-mails*, mensagens, pela força, paciência, amizade e torcida. Também torço por vocês.

Aos meus alunos, por se aventurarem junto comigo nessa jornada. Obrigado e parabéns pelo sucesso de vocês.

Aos meus pais, pelo exemplo, amor incondicional, pela força, por acreditarem e me fazem acreditar. Obrigado por estarem comigo em todos os momentos, a qualquer hora.

À minha Irmã, pelo exemplo, dedicação e por ainda acreditar no ideal revolucionário.

À Clarissa, pelo amor, companheirismo, amizade e paciência.

Aos meus avós, pelo exemplo, pelo amor e respeito à vida.

Às passarinhas que fizeram um ninho no Ficus da varanda e me mostraram que para voar é preciso muito mais do que coragem.

Ao Grande Arquiteto do Universo, por tornar tudo possível.

À minha mãe que me ensinou a ver a beleza do mundo e me ensinou a voar. Ao meu pai que me ensinou a refletir sobre essa beleza e disse: "Voa, meu filho". À minha irmã que sigo como exemplo. À Clarissa por quem voei, e que hoje me acompanha em meus voos.

“Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreenda que alguém não compreenda.”

(BACHELARD, 2005, p. 23).

RESUMO

SILVA, Thiago França da. **O uso de organizadores prévios elaborados com trechos de textos históricos originais como recurso de ensino**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília.

No presente estudo buscou-se explicitar os critérios operacionais para a elaboração de organizadores prévios citados por David P. Ausubel, revendo para tanto, a evolução da própria ideia de organizador, dos termos utilizados por Ausubel e das transposições feitas pelos seus colaboradores, para assim poder: (a) identificar as concepções alternativas dos alunos a respeito do tema a ser estudado; (b) elaborar e testar os organizadores construídos a partir da utilização de textos científicos originais. O organizador prévio apresentado aos alunos foi desenvolvido a partir de trechos de textos originais da obra de Einstein, *Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento*, e Einstein e Infeld, *A evolução da Física*. Com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, desenvolveu-se uma estratégia em três etapas: (1) proposta de elaboração de um texto descritivo (redação); (2) aula expositiva; e (3) aplicação de um bloco de questões dissertativas. Especificamente com relação ao organizador, percebeu-se que, por se tratar de um material relativamente factual, o processo de ancoragem embora tenha sido evidenciado, não pareceu de todo ótimo. Embora se tenha percebido apenas um pequeno efeito facilitador em relação à assimilação de conceitos, entendeu-se que esse trabalho não deve ser feito apenas em um momento específico do processo de aprendizagem de que o aluno participa. Os conceitos devem ser identificados, mapeados, verificados periodicamente e depois, ao final de cada ciclo de ensino médio, para que possam ser verificadas as relações de aquisição ou assimilação, obliteração, modificação, disponibilidade, retenção, desenvolvimento cognitivo e prontidão.

Palavras-Chave: Aprendizagem Significativa. Organizador Prévio. História da Ciência. Trechos de textos originais.

ABSTRACT

SILVA, Thiago França da. **The use of advance organizers elaborated on excerpts from original historical texts as a resource of teaching**. 2010. Thesis (Master in Education) – Brasilia University.

This study aimed to express the operational criteria used to prepare the advance organizers cited by David P. Ausubel. For this purpose, it was reviewed the evolution of the device itself, the organizer as such, the terms used by Ausubel and the transpositions made by his collaborators, to be able to; (a) identify the learner's alternative conceptions concerning the topic to be learned; (b) to elaborate and test the organizers built from the original scientific texts. The advance organizer presented to the students was developed from excerpts taken from the following original texts: On the dynamics of moving bodies (Einstein) and Evolution of Physics (Einstein and Infeld). In order to verify the student's previous knowledge, it was developed a three stages strategy: (1) a proposal to write a descriptive composition; (2) an expository class; and (3) an application of a set of discursive questions. In relation to the organizer in particular, it was perceived that being a relatively factual material, the anchoring process despite being evident, was not satisfactory. Even though it was found a slightly facilitative effect concerning the assimilation of concepts, it was understood that this work cannot be done merely in one specific moment of the learning process in which the student participates. The concepts have to be identified, mapped, verified periodically and at the end of each of the secondary school year, to be able to confirm the relations of acquisition or assimilation, obliteration, modification, availability, retention, cognitive development and promptitude.

Key-words: Meaningful learning. Advance organizer. History of Science. Excerpts from original texts.

SUMÁRIO

1 Introdução.....	11
2 Aprendizagem Significativa: uma teoria para sala de aula.....	19
2.1 Fundamentos teóricos da aprendizagem significativa	19
2.1.1 Aprendizagem por recepção x aprendizagem por descoberta	20
2.1.2 Aprendizagem automática x aprendizagem significativa	21
2.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.....	27
2.1.4 Materiais potencialmente significativos	28
2.2 Organizadores prévios.....	30
2.2.1 O que são organizadores prévios.....	30
2.2.2 Papel dos organizadores prévios na aprendizagem.....	32
2.2.3 Elementos estruturadores dos organizadores prévios	34
2.2.4 Tipos de organizadores prévios	35
2.2.4.1 Organizadores expositivos	36
2.2.4.2 Organizadores comparativos.....	37
2.2.5 Crítica aos organizadores prévios	38
3 Organizador prévio como objeto de pesquisa.....	42
4 Que história é essa?	52
4.1 História da ciência como recurso de ensino	52
4.2 História da ciência e ensino de ciências: barreiras a serem superadas .	58
4.3 Uma história bem original	63
5 Contexto e aplicação do organizador prévio	67
5.1 Identificação do conhecimento prévio	67

5.2 Organizador prévio desenvolvido a partir de trechos de textos originais	69
5.3 A aula expositiva	70
5.4 Bloco de questões dissertativas.....	76
6 Dados evidenciados.....	79
6.1 Análise dos trabalhos do tipo “a” (primeira redação).....	80
6.2 Análise dos trabalhos do tipo “b” (segunda redação).....	81
6.3 Análise dos trabalhos do tipo “c” (questões dissertativas).....	86
6.4 Análise dos dados à luz dos fundamentos da aprendizagem significativa	91
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
Referências	100
ANEXOS	104

1 INTRODUÇÃO

Desde que aprendi com um amigo e professor de Física a compreender a Ciência como algo maior, mais divertido e precioso do que meu livro-texto apresentava, minha aprendizagem e cultura científica se intensificaram, tornando-se mais coerentes com minhas convicções e mais prazerosas.

A partir daí passei a questionar alguns aspectos da educação formal, o modo como os conteúdos são apresentados, a forma como a escola se posiciona diante de uma provável imposição de conteúdos que ora parecem ser solicitados pela sociedade, ora pela estrutura dos próprios vestibulares, que demonstra em si certa estagnação no que diz respeito a processos seletivos/avaliativos.

O fato de ter aprendido muita coisa em casa, me fez perceber como é mais animador estar fora de uma escola que se encontra presa a uma “grade” curricular, seguidora de regras que parecem não ser mais adequadas a nenhuma realidade, muito menos ao aluno. Essa escola defasada, de muros de concreto e grades, nunca foi suficiente para mim. Encantava-me muito mais o mundo que sempre existiu além dos muros. Era indiscutivelmente mais animador aprender na interação com esse mundo, com o rosto ao vento e os pés descalços, do que de uniforme (farda), confinado em uma sala de aula.

Foi no 2º ano do ensino médio que me deparei pela primeira vez com o ensino de Ciências de uma forma diferente, com uma ciência que ia além daquela apresentada na sala de aula. Com um professor de Física aprendi a navegar por um mundo completamente novo e em grupos de estudo fui convidado a ler. Então, li pela primeira vez Richard Feynman, Einstein, Paul Dirac e outros cientistas contemporâneos (me sentia um fugitivo do século XVII); também ouvia falar em eixos de liberdade de robôs, a Física das histórias em quadrinhos; aprendi a perceber a Ciência na televisão ao assistir *Discovery Chanel*, *National Geographic*, e ao ler revistas de divulgação científica, no meu dia a dia, e nas observações que fazia do mundo.

As aulas com esse professor quase nunca aconteciam nos horários de aula e muito menos nas salas de aulas, mas no pátio da escola, nas tarefas para se fazer em casa, no ônibus, na rua, e principalmente no laboratório de Física, que na verdade não era um simples laboratório de Física. Para nós, era o Clube de Física!

Depois de muitas confabulações nos encontros desse clube, eu entrei para a faculdade de Engenharia sem sequer sonhar em ser professor, e sem imaginar que depois largaria tudo e no 7º semestre entraria para a Licenciatura em Física. Nesse tempo, o clube

ganhava dimensões inimagináveis: desvencilhava-se de uma estrutura educacional que não o suportava, ideológica, filosófica, e muito menos educacionalmente.

A iniciativa do “novo” clube era continuar ensinando Física (Ciência), crescer com um projeto de internet que desenvolvíamos, e dar aulas de preparação para a Olimpíada Cearense de Física aos alunos da rede pública de ensino, com as quais eu apenas flertava, olhando do canto da sala. A sala do clube era um local fantástico e me dava uma vista inesquecível. De uma janela se via o mar, o farol e o famoso porto do Mucuripe; de outra, a imensidão e beleza do Parque do Cocó. Era muita vista para 18 anos de visão, um horizonte de possibilidades que se abria diariamente aos meus olhos.

O clube acabou pelo simples motivo de que ninguém consegue sobreviver financeiramente do ensino gratuito de Ciências. Partimos por outros caminhos e o Clube de Física ficou fisicamente de lado, mas consolidado em pilares seguros construídos em mim. Muitos daqueles ensinamentos me fizeram, um ano depois, começar com as aulas particulares e, em seguida dar um pulo, não um simples pulo, mas um mergulho profundo na imensidão de um mar que chamo Educação, uma queda sem precedentes no convés de um barco que chamo Física. O tempo passou e se passaram também as páginas de dois livros incríveis: “Meu Primeiro Livro de Física” e “Quem disse que Física é só Cálculo?” – frutos do Clube de Física, de autoria do professor Idelfrânio Moreira e, em parte, fruto de minha insistência.

Analisando minha trajetória até aqui foi possível perceber que em muitos momentos estive em contato com textos originais¹ de Feynman, Einstein, Vygotsky, Piaget, entre outros; percebi, ainda, que quando propagávamos no Clube de Física o lema “Você sabe Física, só não sabe que sabe...”, pensávamos, na verdade, nos conhecimentos que já possuíamos, ou seja, nos conhecimentos prévios, e que a “FilosoFísica” ou “Psicofilosomática”– termos que inventamos quando buscávamos uma definição que explicasse aquilo que fazíamos e ensinávamos, ou queríamos ensinar no Clube de Física – sempre levavam em conta “aquilo que o aluno já sabe”.

A realidade das salas de aula, porém, não é a mesma do Clube de Física, os professores também não são os mesmos, nem a relação entre aluno e escola é a mesma. Algumas escolas parecem organizadas em torno de uma estrutura que não permite a autonomia do professor para trabalhar temas diferentes, do cotidiano, ou desvencilhados dos conteúdos comuns transmitidos no dia a dia da sala de aula, diferentes daqueles que

¹ “Textos originais”, nesse trabalho, são as fontes históricas primárias, documentos, correspondências, obras literárias escritas em sua época, traduzidas para o português brasileiro. Ou seja, para os fins desse trabalho, textos originais, serão tratados como fontes cuja origem remonte à época pesquisada, e produzida pelos próprios autores da época.

são muitas vezes solicitados por processos seletivos como vestibulares, concursos para escolas militares, entre outros, que parecem exercer forte influência sobre a finalidade da escola.

Essa discussão sobre a forma como se organizam as escolas, ou como buscam se organizar recai, por exemplo, sobre o conteúdo proposto nas disciplinas de Ciências no ensino médio. Tal discussão, no entanto, é vasta, mas não é objeto de análise desse trabalho. Porém, alguns questionamentos sobre esses conteúdos se justificam devido às dificuldades que se tem em trabalhar temas diferentes daqueles propostos por esse conteúdo em muitas escolas, e cancelado, em alguns casos, por alguns livros didáticos.

A questão, porém, não é o conteúdo escolar relacionado ao ensino de Ciência, uma vez que para compreender a Física e outras ciências afins é necessário pelo menos alguma noção do conteúdo próprio, pertinente a essas disciplinas. Como exemplo, cito no caso da Física, um assunto pertinente à Termodinâmica: para aqueles que estudam esse conteúdo, um entendimento geral da Mecânica clássica é importante, uma vez que há grandezas equivalentes, como, por exemplo, a energia, que está presente tanto no desenvolvimento da Mecânica, quanto da Termodinâmica, bem como de toda a Física, mas isso não justifica um total de 98 exercícios por capítulo para se ensinar o conteúdo de energia presente na termodinâmica de forma correlacionada ao conteúdo de Mecânica.

Muitas vezes esses conteúdos são transmitidos exatamente da maneira como indicada pelos livros didáticos, no tocante à forma como tal conteúdo será transmitido ao aluno e sem levar em conta as especificidades regionais e todo um contexto de sala de aula. Os conteúdos extensos concentram-se muito em exercícios e parecem não fazer muito sentido diante das situações cotidianas vivenciadas pelos alunos, uma vez que esses exercícios se fazem valer de exemplos distantes da realidade dos discentes, longe daquela sala de aula ou da capacidade de abstração do próprio aluno.

Diante dessa situação, percebemos, de certo modo, que talvez estejamos em um momento onde não fazemos nem o tradicional da forma correta, e nem fazemos o novo de uma forma coerente, consistente e aplicável.

Na verdade, a realidade da sala de aula ainda é um tanto diferente daquilo que é solicitado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), por exemplo, apontando dessa forma, pelo menos um indício das distorções entre teoria e prática. Vejamos, por exemplo, algumas passagens dos PCN+:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por

ela construídos. (BRASIL, 2002, p. 59)².

É louvável a atitude de apresentar a Física como uma disciplina que faça com que os estudantes percebam a forma como lidam com fenômenos naturais e com os avanços tecnológicos ao seu redor, mas quando falamos de princípios, leis e modelos, não podemos, em muitos casos, abrir mão do formalismo matemático, é verdade. Também não podemos enveredar pelo extremismo de estratégias pedagógicas que sejam pouco fundamentadas por parte do professor, nem muito menos por um único tipo de abordagem metodológica.

A Física tem sua linguagem própria, não podemos ignorar esse fato, nem mascarar a realidade dessa linguagem. Devemos buscar através de múltiplas abordagens uma relação ótima entre o formalismo matemático, científico e a prática cotidiana, devemos buscar clareza e objetividade para delinear estratégias que nos levem a esse estado ótimo.

Em acordo com nossas ideias, encontramos a seguinte afirmação nos PCN+:

Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. (BRASIL, 2002, p. 59).

Além dessa preocupação, devemos ao mesmo tempo, reconhecer a Física como um processo histórico retroalimentado pelos avanços tecnológicos, pois de acordo com o texto dos PCN+ (BRASIL, 2002, p. 59), esse processo histórico está “[...] impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado.”

Os PCN+ ainda reconhecem que:

[...] por outro lado, frente a tantas solicitações, dimensões e recomendações a serem simultaneamente contempladas, os professores têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer. (BRASIL, 2002, p. 60).

Diante dessa constatação, os parâmetros expõem algumas questões relevantes. É verdade, como indicam os PCN+ (BRASIL, 2002, p. 60), que “[...] a sinalização efetuada pelos PCNEM é explícita quanto ao que não conduz na direção desejada e vem sendo percebido com clareza pelos professores.” Percebe-se, com clareza, que precisamos mudar algo, que o ensino de Física tende a deixar de lado a memorização de fórmulas, ou repetição automatizada de procedimentos, situações artificiais ou extremamente abstratas. Não se percebe com clareza, porém, que mudanças são essas, e principalmente, se tais mudanças serão efetivamente percebidas pelos professores e alunos. De fato, essa boa

² Os PNC+ são orientações educacionais complementares aos PCN.

intenção pode sobrecarregar, talvez de forma ainda mais angustiante, o ensino de ciências.

[...] o grande problema é que respostas objetivas e gerais a todas essas perguntas não podem ser apresentadas porque talvez inexistam [...]. Para a implementação dessas novas diretrizes, ou seja, sua tradução em práticas escolares concretas, não existem fórmulas prontas. Esse processo depende, ao contrário, de um movimento contínuo de reflexão, investigação e atuação, necessariamente permeado de diálogo constante. Depende de um movimento permanente, com idas e vindas, através do qual possam ser identificadas as várias dimensões das questões a serem enfrentadas, a ser constantemente realimentado pelos resultados das ações realizadas. (BRASIL, 2002, p. 60).

Se nesse momento nos perguntarmos: Qual ciência ensinar, e como ensinar? Devemos reconhecer que precisamos nos posicionar criticamente frente a uma visão de ciência compatível com as questões pertinentes a esta pesquisa, desse modo, nós estaremos inseridos nas ciências da natureza, próximos da ciência presente nos livros didáticos de Ciência, e de acordo com sugestões presentes nos PCN.

Devemos estar cientes de que o presente trabalho tem relação direta com o momento atual da sala de aula, das escolas e, dessa forma, também estabelece relações diretas com os PCN, mesmo entendendo que esses parâmetros apresentam algumas lacunas.

É fato que nos PCN falham ao não apresentarem alternativas a uma reflexão teórica em relação às concepções epistemológicas sobre a natureza da ciência. Falham também ao sugerirem ao professor que o modelo de Ciência a ser ensinada encontra-se presente na forma de manual, de um receituário (como os próprios PCN), que quando seguido corretamente conduz o aluno ao entendimento de leis, e de uma dimensão concreta de ciência.

Tal posicionamento pode, em dado momento, reforçar uma visão empirista-indutivista ainda predominante no ensino de ciências. Isso é reflexo da falta de posicionamento frente às questões relacionadas às concepções epistemológicas, que pode induzir professores, por exemplo, a compreender a ciência como resultado direto e exclusivo da descoberta de fenômenos a partir da experimentação.

No trabalho com os textos originais, vemos uma alternativa viável para agregar alguns valores àqueles propostos pelos PCN, sem alterar a dinâmica do processo de ensino de ciências, nem comprometer a relação do professor com o tradicionalismo dos livros didáticos (embora acreditemos que essa relação do professor com o tradicionalismo dos livros didáticos deva ser imediatamente revista).

Além dessas opções, vemos o próprio confronto de ideias presentes em textos originais, com as ideias de hoje, e até aquelas presentes no senso comum, como uma forma

de pensar e/ou repensar as novas tecnologias, revolução e avanços científicos presentes no paradigma atual.

Ressaltamos, também, que temos a consciência de que, assim como proposto pelos PCN+, para atingir algumas das metas apresentadas “[...] será indispensável estabelecer espaços coletivos de discussão sobre os diferentes entendimentos e sobre as experiências vivenciadas a partir dessas novas propostas.” (BRASIL, 2002, p. 60).

É válido lembrar, porém, que grande parte do esforço depreendido para realização desse trabalho estará concentrada mais especificamente no que Ausubel chama *organizador prévio*.

O presente trabalho está organizado de modo a apresentar um organizador prévio para estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola particular de Brasília, como um instrumento facilitador do ensino de Ciência.

Para Ausubel (1980, p. 144): “Em resumo, *a principal função do organizador* está em *preencher o hiato* entre aquilo que o aprendiz *já conhece* e o que *precisa conhecer* antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta.” (Grifos do autor). Em outros termos, um organizador prévio, assume o papel de inserir um indivíduo em um campo ideacional no qual os conceitos existentes no material de aprendizagem se disponham de tal forma que forneçam à estrutura cognitiva do indivíduo uma condição suficiente à manifestação de estruturas cognitivas relevantes que facilitem a incorporação estável e retenção do material de aprendizagem, bem como de assuntos correlatos.

Para os fins desse trabalho utilizaremos um organizador prévio elaborado com trechos de textos originais sobre a Teoria da Relatividade referente às seguintes obras de Albert Einstein: *Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento* e *A evolução da Física*, reeditados e traduzidos para o português de Portugal e português brasileiro, entendidos aqui como fontes primárias.

Desse modo, trechos de textos originais, que possam apresentar em sua natureza os critérios apresentados por Ausubel e que ainda retratem pensamentos, reflexões e constatações a respeito de situações cotidianas, fenômenos facilmente observáveis na natureza e até mesmo questões derivadas de situações abstratas, ou seja, situações não factuais, serão consideradas nesse trabalho como materiais potencialmente significativos, ou seja, materiais que possam viabilizar uma aprendizagem significativa.

Como veremos mais adiante, é premissa da Teoria da Aprendizagem Significativa considerar como fator isolado mais importante: aquilo que o aluno já sabe. Para tanto, supomos como aquilo que o aprendiz já sabe, os conceitos trabalhados no 1º ano do ensino médio uma vez que são conceitos pertinentes aos conteúdos trabalhados nesse ano. São

eles: sistemas de coordenadas; ponto material; referencial inercial e não inercial; espaço, tempo e velocidade no referencial galileano; composição de movimentos: velocidade relativa; princípio da simultaneidade proposto por Galileu. Esses conceitos serão verificados em procedimento posterior, descrito no capítulo 5.

Aquilo que o aprendiz deve saber ficará caracterizado pelos seguintes conceitos: postulados da teoria da relatividade; modificações na relatividade galileana: fator de Lorentz; contração do comprimento; dilatação do tempo.

Assim, buscaremos explicitar os critérios operacionais para a elaboração de organizadores prévios citados por Ausubel, revendo para tanto, a evolução da própria ideia de organizador, dos termos utilizados por Ausubel e das interpretações feitas pelos seus colaboradores, para assim poder: (a) identificar o conhecimento prévio relevante dos alunos a respeito do tema a ser estudado; (b) elaborar e testar os organizadores, construídos a partir da utilização de textos científicos originais.

Como objetivo específico, temos o intuito de verificar a aquisição de conceitos científicos em alunos do ensino médio, a partir da utilização de um organizador prévio definido segundo termos presentes na teoria de Ausubel, e elaborado com trechos de textos científicos originais.

Para tanto, apresentamos no segundo capítulo – *Aprendizagem significativa: uma teoria para sala de aula* – os fundamentos teóricos da aprendizagem significativa. Buscamos apresentar as várias formas de aprendizagem significativa, mostrando que todas fazem parte de um contínuo, em uma linha de aprendizagem, que não recaem, por exemplo, em formas antagônicas de aprendizagem, e sim que se encontram apenas em momentos distintos nesse contínuo.

A partir desse ponto estruturamos a sequência do capítulo partindo dos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, uma vez que entendemos que são esses processos que ocorrem à medida que aprendizagem significativa acontece, e podem apontar para soluções de problemas na organização da apresentação e no arranjo sequencial de unidades componentes dos materiais de aprendizagem.

Seguimos com os conceitos de material potencialmente significativo para apresentarmos por fim, o conceito de organizadores prévios, seu papel na aprendizagem e seus elementos estruturadores, e então trazemos os tipos de organizadores e as críticas que são feitas ao mesmo.

O terceiro capítulo – *Organizador prévio como objeto de pesquisa* – apresenta uma revisão bibliográfica de dez artigos, seis nacionais e quatro internacionais, referente ao período compreendido entre os anos de 1998 e 2009. O capítulo se justifica por ressaltar a

originalidade do presente trabalho e evidenciar alguns critérios operacionais indicados por Ausubel como elementos estruturadores dos organizadores prévios.

A seleção dos artigos seguiu primeiramente os critérios de pertinência, relevância com os temas correlatos à Física e proximidade com os objetivos deste trabalho em si, a pesquisa ficou inicialmente restrita ao referido período, os resultados foram extrapolados apenas quando não houve ocorrência significativa no número de artigos disponíveis em tal período.

O quarto capítulo – *Que história é essa?* – busca apresentar a história da Ciência como um recurso de ensino, assim, faz-se valer dos argumentos de Matthews (1995) na análise de vários currículos nacionais, ressaltando a importância e aproximação entre história da Ciência e ensino de Ciência. Ainda dentro da perspectiva de Matthews (1995) buscamos inserir os PCN e PCN+ como mais um programa que ressalta a importância da história da ciência para o ensino de Ciências.

Este capítulo ainda apresenta algumas barreiras e dificuldades para a utilização da história da ciência como recurso de ensino, e aponta para os textos científicos originais como um recurso válido para superar essas barreiras e amenizar as dificuldades apresentadas.

O quinto capítulo – *Procedimentos metodológicos* – apresentamos os elementos estruturadores de nossa proposta. Descrevemos uma forma alternativa para identificação dos conhecimentos prévios, apresentamos o organizador prévio utilizado em nossa pesquisa, os critérios utilizados na seleção dos conceitos relevantes, presente na estrutura cognitiva dos estudantes e o bloco de questões dissertativas constituinte do material de aprendizagem.

Por fim, no sexto capítulo – *Análise dos dados à luz dos fundamentos da aprendizagem significativa* – fazemos uma análise final dos conceitos presentes nesse material, tomando como base para nossas conclusões os preceitos da teoria de David P. Ausubel.

2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA TEORIA PARA SALA DE AULA

2.1 Fundamentos teóricos da aprendizagem significativa

Na página seguinte à dedicatória do livro *Psicologia Educacional*, Ausubel (1980, p. 8), apresenta a tônica de sua teoria com as seguintes palavras:

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

Referente a essa passagem, Moreira (2006, p. 13) diz que “[...] a ideia parece ser simples, mas que a explicação de como e porque essa ideia é defensável certamente não é simples.” Em seus argumentos, Moreira (2006, p. 14) evidencia que os termos “aquilo que o aluno aprendiz já sabe”, “averigue isso”, “ensine de acordo”, “[...] não são de simples compreensão e trazem consigo valores e conceitos agregados que vão além do senso comum.” Descobrir aquilo que o aluno já sabe não é simplesmente compreender as nuances cognitivas dos indivíduos ou as potencialidades de um dado tipo de aprendizagem.

Para que tenhamos uma visão mais abrangente dos fundamentos teóricos da aprendizagem significativa, é importante retomar algumas questões evidenciadas por Ausubel (1980), que são determinantes para contextualização de argumentações precedentes relativas à teoria.

Sobre a questão aprendizagem e ensino, Ausubel (1980) coloca que uma educação personalizada, voltada para o aluno, bem como a facilitação desta por parte do professor, é uma premissa básica do ato de ensinar. Esse ato de ensinar vai além da competência do professor, e o insucesso na aprendizagem não seria um atestado do fracasso do profissional, uma vez que também devem partir do aluno a vontade, necessidade e o empenho em aprender de forma significativa.

Concordamos com o autor quando afirma que o ato de ensinar não se encerra em si, e que o resultado final dos processos de ensino e aprendizagem na relação professor-aluno, aluno-material de aprendizagem é ainda a única medida possível para se avaliar o mérito, bem como a qualidade do ensino.

Não devemos ver como antagônica a relação entre as teorias da aprendizagem e teorias de ensino, ao contrário, devemos entendê-las como interdependentes, e nunca como

mutuamente exclusivas. Cada uma dessas teorias é fundamental para que possamos pensar em uma ciência da pedagogia de forma completa, em oposição à substituição de uma pela outra. De acordo com Ausubel (1980, p. 14), “[...] as teorias de ensino devem tomar como base as teorias da aprendizagem e ter um enfoque mais aplicado; ou seja, devem preocupar-se em ampla escala com problemas emergentes.” Dessa forma, entendemos que uma teoria do ensino só será plenamente útil quando se volta para condições que vão além dos critérios comuns a todas as classes de aprendizagem.

Evidenciaremos, portanto, a teoria da aprendizagem significativa como uma teoria voltada não somente para a aprendizagem em si, mas para todos os elementos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, tendo como foco principal o aprendiz.

Expressando uma preocupação urgente com os processos de aprendizagem Ausubel (1980, p. 20) ressalta “[...] a necessidade de se distinguir claramente os tipos principais de aprendizagem que ocorrem em classe.” De acordo com o autor, a maneira mais indicada para diferenciar esses tipos de aprendizagem escolar é distinguir dois processos decisivos que atravessam todos eles: a aprendizagem por recepção *versus* aprendizagem por descoberta, e outra distinção entre aprendizagem automática (por memorização) *versus* aprendizagem significativa.

2.1.1 Aprendizagem por recepção x aprendizagem por descoberta

Na aprendizagem receptiva (automática ou significativa) vemos que o material de aprendizagem, bem como a própria tarefa de aprendizagem é apresentado sob sua forma final, no entanto, deve haver espaço para que o aluno negocie com as ideias preexistentes em sua estrutura cognitiva e conceitos relevantes, presente no material de aprendizagem que o levem a chegar a algum resultado por si.

Para o Ausubel (1980), o que caracteriza esse tipo de aprendizagem é que a tarefa de aprendizagem não envolve qualquer descoberta independente por parte do estudante. Conforme o autor, na aprendizagem receptiva “[...] do aluno exige-se somente a tarefa de internalizar ou incorporar o material [...] que é apresentado de forma a tornar-se acessível ou reproduzível em alguma ocasião futura.” (p. 20).

Por mais forte que pareça ser o termo “aprendizagem por recepção”, devemos considerar que este tipo de aprendizagem pode ser tanto significativa quanto automática. Uma vez significativa, a aprendizagem receptiva é estabelecida durante os processos de

internalização, mediante relação do aprendiz com as tarefas de aprendizagem ou com materiais potencialmente significativos. No caso da aprendizagem ser receptiva automática, Ausubel (1980) apenas nega a afirmativa anterior e classifica a tarefa de aprendizagem e os materiais de aprendizagem como não sendo potencialmente significativo e nem possível de se tornar significativo durante seu processo de internalização.

Além da aprendizagem por recepção, temos a aprendizagem por descoberta, cuja característica essencial, segundo Ausubel (1980, p. 20):

[...] é que o conteúdo principal daquilo que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo aluno antes que possa ser significativamente incorporado à sua estrutura cognitiva. A tarefa prioritária desse tipo de aprendizagem, em outras palavras, é descobrir algo.

Descobrir algo, por mais que possa parecer óbvio durante uma rápida leitura, refere-se ao fato de que o aluno deve reagrupar informações, integrá-las à estrutura cognitiva existente e reorganizar e transformar a combinação integrada de tal forma que dê origem ao produto final desejado ou à descoberta de uma relação perdida entre meios e fins. É válido lembrar, porém, que o descobrir algo não é uma exclusividade desse tipo de aprendizagem, e sim, a forma como se descobre.

Do ponto de vista psicológico, a aprendizagem significativa por descoberta é obviamente mais complexa do que a aprendizagem receptiva significativa. Envolve uma experiência prévia na solução de problema antes que o significado emergja e possa ser internalizado. (AUSUBEL, 1980, p. 22).

2.1.2 Aprendizagem automática x aprendizagem significativa

A aprendizagem automática, que não deve ser vista como uma forma de “antiaprendizagem significativa”, ocorre conforme indicado por Ausubel (1980), na ausência de conhecimentos prévios relevantes ou quando os novos conhecimentos são internalizados de forma arbitrária. A memorização automática de uma estratégia de resolução de um problema de Física, por exemplo, não indica que houve internalização de conceitos relevantes para o entendimento da situação-problema proposta como um todo. O aluno apenas reproduz, para problemas semelhantes, uma sequência de resolução, como quem segue a receita de um bolo e se espanta com o crescimento deste, sem refletir, porém, sobre a ação do fermento no processo.

Por mais que pareça dispensável, a aprendizagem automática possui seu valor para a própria aprendizagem significativa. É ela que talvez responda a uma das críticas feitas à

Teoria de Ausubel: “Como pensar em processos de ancoragem quando não há subsunçores?” Nesse momento percebemos que por mais distantes que pareçam estar esses tipos de aprendizagem, não devemos entendê-las como formas dicotômicas dentro do processo da aprendizagem significativa. A aprendizagem mecânica (automática) também é responsável pelo aparecimento de novos subsunçores, que vão ficando cada vez mais elaborados e, dessa forma, mais aptos a servirem de ancoradouros futuros.

Na verdade, cada distinção (aprendizagem automática *versus* significativa e aprendizagem receptiva *versus* descoberta) constitui uma dimensão de aprendizagem inteiramente independente. Portanto, uma proposição muito mais defensável é de que *tanto* a aprendizagem receptiva *como* a por descoberta podem ser automáticas *ou* significativas dependendo das condições sob as quais a aprendizagem ocorre. (AUSUBEL 1980, p. 23).

Já a aprendizagem significativa, conforme entendemos, ocorre quando o material de aprendizagem, bem como a própria tarefa de aprendizagem, é apresentada de forma que o aluno pode relacionar de forma própria e única uma nova informação com ideias preexistentes em sua estrutura cognitiva, com situações vivenciadas em seu cotidiano, fazendo com que os conteúdos e conceitos presentes no material de aprendizagem, por exemplo, o levem a alcançar algum resultado por si.

Dessa forma, compreendemos a aprendizagem significativa como necessariamente dependente de processos de ancoragem, ou seja, é o tipo de aprendizagem em que conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva do indivíduo interagem de forma a ancorarem em si novos conceitos provenientes de situações de aprendizagem e/ou de materiais potencialmente significativos de tal maneira, que esses conceitos passem a ser internalizados e posteriormente utilizados.

Para Ausubel (1980), o fundamento de uma aprendizagem significativa é fruto de um processo em que ideias apresentadas em um nível simbólico são relacionados a informações previamente adquiridas, quer por experiências (práticas) anteriores, quer por outros processos, de forma única, própria, não arbitrária e não literal. De acordo com o autor, essa relação não arbitrária e substantiva é proveniente de relações preexistentes entre aspectos relevantes presentes em sua estrutura cognitiva e novos conteúdos significativos.

A aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa – ou seja, uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva – e que o material aprendido seja potencialmente significativo – principalmente incorporável à sua estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal. (AUSUBEL, 1961 *apud* AUSUBEL, 1980, p. 34).

Esse processo de relacionamento não arbitrário e não literal entre o novo material e sua estrutura cognitiva (aprendizagem significativa) pode ser caracterizado de três formas distintas: aprendizagem representacional, aprendizagem proposicional e aprendizagem de conceitos.

A aprendizagem representacional está relacionada aos significados de palavras isoladas (ou símbolos), fora de um contexto, referindo-se a símbolos unitários; na aprendizagem proposicional as relações são estabelecidas entre palavras ou símbolos pertinentes a um contexto particular, combinadas em proposições ou sentenças, ou seja, apresenta uma relação com conteúdos preexistentes na estrutura cognitiva em dado contexto, e outra relação diferente, com conteúdos diferentes, em outro contexto.

Percebemos que no primeiro caso, “[...] o aprendizado do significado de palavras isoladas implica aprender o que elas representam (Lenenberg, 1967). Ou seja, que os símbolos particulares representam ou significam o mesmo que seus correspondentes referentes particulares.” (AUSUBEL, 1980, p. 39-40).

Na aprendizagem proposicional a tarefa de aprendizagem não deve se reduzir ao aprendizado daquilo que as palavras representam exclusivamente. Seria como uma tradução literal de um texto do inglês para o português, muitas palavras possuem vários significados, mas nem todos se aplicam ao contexto da frase, da informação a ser transmitida, ou seja, não podemos, nesse tipo de aprendizagem, interagir cognitivamente com palavras isoladas, fora de um contexto, como unidades desconexas e não relacionadas que não represente um todo. Devemos estar atentos ao aprendizado do significado de novas ideias presentes no contexto, expressas de forma proposicional.

Na aprendizagem proposicional o que se aprende é o significado de uma nova estrutura no sentido de que: (1) a estrutura proposicional propriamente dita é o resultado da combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial; e (2) as palavras isoladas combinam-se de tal forma que compõe um todo. (AUSUBEL, 1980, p. 40).

Desse modo, temos que pensar a aprendizagem significativa de forma integrada, em que elementos e conceitos se apresentam conjuntamente, mesmo que em posições opostas em uma linha de desenvolvimento conceitual.

Esses dois tipos de aprendizagem significativa (conceitual e proposicional) são diferentes. No primeiro caso, os atributos essenciais do novo conceito são incorporados pela estrutura cognitiva, resultando num novo significado genérico, porém unitário, enquanto que no segundo uma nova proposição (ou uma ideia composta) é incorporada pela estrutura cognitiva. Ambas são diferentes da aprendizagem representacional, muito embora a

formação de conceito seja geralmente acompanhada por uma forma de aprendizagem representacional na qual o conceito adquirido tem o mesmo significado que o significante que o representa.

Na aprendizagem significativa *de conceito*, os conceitos podem ser representados por símbolos particulares, assim como outras formas de unidades referenciais. Os conceitos, como objetos ou situações são, por sua vez, representados por palavras ou nomes.

Como vimos, a aprendizagem significativa pode ser representacional, proposicional ou de conceitos (conceitual). A primeira envolve a aquisição de significados para símbolos unitários (tipicamente, palavras) e é básica para as outras duas.

Definiremos conceito, assim como Ausubel (1980, p. 47), ou seja, “[...] como objetos, eventos, situações ou propriedades que possuam atributos essenciais comuns que são designados por algum signo ou símbolo.”

Entendemos que na formação de conceito, os atributos essenciais que formam esses conceitos são adquiridos por meio da prática, da experiência direta, e também entre aquilo que o aluno já sabe e o material potencialmente significativo com o qual interage. A aprendizagem por conceitos se dá de duas formas: “(1) formação de conceito, que ocorre primordialmente em crianças em idade pré-escolar; (2) assimilação de conceito, que é a forma dominante de aprendizagem de conceito em crianças em idade escolar e adultos.” (AUSUBEL, 1980, p. 47).

Na teoria da aprendizagem significativa fica claro que o processo de aquisição conceitual produz uma modificação tanto nos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo quanto no novo conceito (a ser adquirido), uma vez que esse novo conceito estabelece relações específicas com o conceito preexistente, formando de fato o novo conceito. Dessa forma, vemos que a aprendizagem significativa não forma um simples elo com os conceitos (elementos) preexistentes na estrutura cognitiva, ela produz modificações a partir da interação entre os conceitos que já existem e os que serão incorporados. De acordo com Ausubel (1980, p. 48), “[...] somente na aprendizagem automática ocorre uma simples ligação arbitrária e não substantiva com a estrutura cognitiva preexistente.”

Assim, o que determina se a aprendizagem é ou não significativa, está diretamente ligada às relações estabelecidas nos processo de ancoragem que ocorrem na estrutura cognitiva de um indivíduo. Quanto mais bem organizado for o processo de ancoragem dos novos conceitos àqueles já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, mais significativa será a aprendizagem.

A importância de se possuírem ideias relevantes, ou apropriadas, estabelecidas, já disponíveis na estrutura cognitiva, para fazer com que as novas ideias *logicamente* significativas se tornem *potencialmente* significativas e as novas ideias *potencialmente* significativas se tornarem *realmente* significativas (i.e., possuírem novos significados), bem como fornecer-lhes uma ancoragem estável. (AUSUBEL, 2003, p. 12).

O que se configura como a tarefa mais árdua nesse processo é, conforme já mencionamos acima, descobrir primeiramente quais são os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva e como esses conceitos são organizados a ponto de ancorarem com segurança os novos conceitos. Em segundo lugar, e não menos difícil, deve-se identificar como os conceitos preexistentes estão relacionados e qual será o nível de assimilação e posterior diferenciação dos novos conceitos a serem incorporados na estrutura cognitiva do indivíduo.

Tanto na aprendizagem conceitual como na aprendizagem proposicional, a informação nova liga-se ou apoia-se frequentemente em aspectos relevantes da estrutura cognitiva do indivíduo. O processo pelo qual se vinculam novas informações a elementos preexistentes na estrutura cognitiva é chamado de aprendizagem subordinativa.

A relação do aprendiz com conceitos presentes no material de aprendizagem e com o próprio material em si se dá de forma hierárquica. Ausubel (1980) explica que há uma tendência de organização hierárquica decorrente do nível de abstração, generalização e relevância das ideias, e tal organização, posteriormente, refletirá nas relações subordinativas entre material de aprendizagem e estrutura cognitiva.

Entendemos que esse processo de organização hierárquica implica na subordinação de proposições potencialmente significativas às ideias mais gerais e abrangentes existentes na estrutura cognitiva. A eficiência da aprendizagem subordinativa pode ser atribuída provavelmente ao fato de que, quando as ideias estão agrupadas entre si e estabelecidas adequadamente na estrutura cognitiva:

1. Têm o máximo de relevância específica e direta para as tarefas de aprendizagem subsequente.
2. Possuem poder explanatório suficiente para representar detalhes factuais potencialmente significativos, que, em outras circunstâncias, seriam arbitrários.
3. Possuem estabilidade interna suficiente para proporcionar o tipo mais firme de esteio para significados recém-aprendidos.
4. Organizam os novos fatos relacionados em torno de um tema comum, com isso integrando entre si os elementos componente da nova informação, e o conhecimento existente. (AUSUBEL, 1980, p. 49).

Ausubel (1980) distingue dois tipos diferentes de aprendizagem subordinativa: a subordinação derivativa e a subordinação correlativa. No primeiro caso, a subordinação ocorre na relação entre elementos preexistentes na estrutura cognitiva e o material de

aprendizagem, quando um conceito já modificado e assimilado ilustra uma proposição geral previamente adquirida, ou seja, ocorre quando o indivíduo relaciona de forma rápida e sem esforço o novo material a ser aprendido por derivação direta ou por autoevidência aos conceitos preexistentes em sua estrutura cognitiva.

No segundo caso, é por subordinação correlativa – considerada a forma mais comum dentre esses dois tipos de aprendizagem – que o novo conceito é aprendido. Nesse tipo de aprendizagem, as proposições preexistentes servem como base, subordinadoras do novo conceito, que será, depois de assimilado, uma extensão, modificação ou qualificação dessas proposições. Esse novo material é assimilado pela estrutura cognitiva, e se relaciona com os conteúdos preexistentes mais relevantes e inclusivos, mas não necessariamente esses conteúdos preexistentes constituem representações similares aos últimos conteúdos incorporados.

Além dos tipos de aprendizagem descritos acima, temos presente na Teoria da Aprendizagem Significativa, outros dois tipos de aprendizagem: superordenada e combinatória. O tipo de aprendizagem significativa de novas proposições que não apresenta relação direta com conceitos-âncora, não interage na formação de novos conceitos e não está subordinado a proposições relevantes, não podendo assim condicionar o aparecimento de novas ideias, é chamado de aprendizagem combinatória.

A aprendizagem superordenada ocorre mais comumente na aprendizagem decorrente da experiência direta, das generalizações e de processos de assimilação de novos conceitos, uma vez definido os atributos de tais conceitos, do que na aprendizagem mediante interações particulares entre sentenças significativas e estrutura cognitiva. De acordo com Ausubel (1980, p. 49), “[...] a nova aprendizagem apresenta uma relação *superordenada* para a estrutura cognitiva quando se aprende uma nova proposição inclusiva que condicionará o surgimento de várias outras ideias.”

A necessidade em disponibilizar conteúdos específicos provavelmente torna a proposição combinatória menos relacionável ou subordinada ao conhecimento anteriormente adquirido e, portanto, pelo menos inicialmente, mais difícil de aprender e lembrar que as proposições subordinativas, superordenadas. Dessa forma, o que se apresenta como tarefa neste trabalho é a organização de um material que seja um tipo de indutor, condutor (manipulador), que envolva a síntese de ideias apresentadas por um aluno em particular e que, ao mesmo tempo, atenda as idiosincrasias de outros alunos envolvidos no processo, dispostos a aprender de forma significativa, uma vez que consideramos que esse tipo de instrução seja voltado para a sala de aula e comum para um grupo de alunos.

2.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Segundo a teoria da assimilação, quando a aprendizagem subordinativa ocorre, a nova informação pode estar ligada a uma ideia superordenada, representando um exemplo ou extensão desta, no caso de subordinação derivativa; ou então pode estar ligada à ideia superordenada e não ser uma extensão, modificação ou correlação desta ideia, no caso de subordinação correlativa.

No primeiro caso os atributos essenciais do conceito subordinado não sofrem alteração, mas os novos exemplos são relevantes. Já no segundo caso os atributos essenciais do conceito subordinativo podem ser ampliados ou modificados com a nova subordinação correlativa. A ocorrência desse processo de ampliação ou modificação uma ou mais vezes leva a uma *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor.

De acordo com Ausubel (1968), quando uma matéria de ensino é programada de acordo com os princípios da diferenciação progressiva, primeiramente as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina são apresentadas, e em seguida são diferenciadas em termos específicos. Essa diferenciação tem relação direta com conteúdos anteriores, não em um nível meramente tópico de uma relação capitular, mas em um nível relativo de abstração, generalidade e inclusividade.

Na aprendizagem superordenada, no entanto, as ideias estabelecidas são consideradas como exemplos mais específicos da nova ideia e passam a associar-se a ela. A ideia superordenada é então definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange as subordinativas. Na aprendizagem combinatória a nova ideia é vista como relacionada a outras existentes, mas não é mais abrangente, nem mais específica que elas. A nova ideia possui apenas alguns atributos em comum com aquelas preexistentes. Esta relação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva do indivíduo é referida por Ausubel (1968) como *reconciliação integrativa*.

Conforme Moreira (2006, p. 37), “Conflitos entre novos significados podem ser resolvidos por meio da reconciliação integrativa. Trata-se de um processo cujo resultado é o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas.”

A reconciliação integrativa e diferenciação progressiva são processos dinâmicos e inter-relacionados que ocorrem no transcurso da aquisição de conceitos, uma vez que toda aprendizagem que resulte em reconciliação integrativa, também resultará na diferenciação progressiva.

Toda aprendizagem que resulta na reconciliação integradora resultará

também na posterior diferenciação dos conceitos ou proposições existentes. A reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa. (AUSUBEL, 1980, p. 104).

Ausubel (1980) cita como exemplo a confusão que alunos podem experimentar com relação à classificação nutricional e biológica de raízes, ou tubérculos e frutos. Para o autor, os alunos podem saber que ervilhas e tomates são vegetais, mas estes são classificados como frutos em biologia e tal ideia pode gerar algum conflito conceitual no aluno. No entanto, tal confusão pode ser resolvida com o aprendizado de novos significados combinatórios e o estudante pode perceber que cenouras, beterrabas e inhame são vegetais e raízes, ou tubérculos, mas ervilhas, pepinos e tomates são vegetais e frutos. Ou seja, o aluno percebe, após a reconciliação integrativa da informação botânica, que há diferença entre classificação nutricional e classificação biológica.

De acordo com Ausubel (1980, p. 104), “[...] a reconciliação integradora é mais completa quando as possíveis fontes de confusão são eliminadas pelo professor ou pelos recursos didáticos. Portanto, pode-se ajudar o aluno a resolver as inconsistências ou conflitos entre conceitos ou proposições.”

2.1.4 Materiais potencialmente significativos

Para Lawton e Wanska (1977) um dos pontos cruciais que Ausubel (1962a, 1962b) apresenta em sua teoria não é a relação de ancoragem de novos conceitos à estrutura cognitiva existente em si, e sim a relação dos novos conceitos a serem apreendidos com o novo material de aprendizagem, que deve ser sempre considerado como potencialmente significativo.

A qualificação do termo “potencial” é de fundamental relevância para Ausubel (1963a). Se o material de aprendizagem (tarefas) for considerado, simplesmente, já significativo, o processo de aprendizagem pode ocorrer de modo completamente supérfluo; o objeto de aprendizagem poderá ser alcançado de forma óbvia, por definição, antes que qualquer aprendizado seja tentado, independentemente do tipo de tarefa proposta ou de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo. É como se, por exemplo, a tarefa fosse compreender, individualmente, uma palavra de um teorema geométrico, enquanto o verdadeiro aprendizado deveria ser voltado ao entendimento da palavra em um contexto relevante ao entendimento do próprio teorema.

Ausubel (1963b) apresenta algumas concepções sobre materiais potencialmente significativos e enfatiza dois importantes critérios, que podem determinar se a nova aprendizagem será ou não potencialmente significativa.

O primeiro critério apresentado é a propriedade (no sentido de ser apropriado àquele fim) do material em si. Ausubel (1963b) chama a atenção para uma relação de não arbitrariedade entre conceitos relevantes presentes tanto no material quanto na estrutura cognitiva do indivíduo. Para o autor, essa deve ser uma propriedade característica do próprio material.

O segundo critério está de fato mais relacionado ao indivíduo do que ao material propriamente dito, uma vez que diz respeito particularmente à sua estrutura cognitiva, seguindo indicações precedentes na teoria da aprendizagem significativa. Esse critério está relacionado ao fato de que a estrutura cognitiva do indivíduo é um fator crítico na aprendizagem, o novo conhecimento deve ser, então, não arbitrário e relacionado a esses conceitos presentes na estrutura cognitiva particular do indivíduo.

A partir desses critérios, percebemos que Ausubel (2003) apresenta elementos para determinar se o material não é potencialmente significativo; para o autor, se tanto o total da tarefa de aprendizagem quanto a unidade básica dela forem apenas relacionadas com alguns conceitos alicerçados em bases puramente arbitrárias, presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, o material em si não poderá ser considerado como potencialmente significativo.

De acordo com o autor, os mecanismos importantes relacionados aos materiais potencialmente significativos são:

(1) alcançar uma ancoragem relacional apropriada num sistema ideacional relevante, e (2) a retenção que reflete uma resistência às crescentes incursões da assimilação obliterante ou perda de dissociabilidade e que caracteriza a organização e a integridade memorial a longo prazo de materiais apreendidos significativamente na estrutura cognitiva. (AUSUBEL, 2003, p. 129).

Esta retenção, no entanto, implica à resistência aos avanços progressivamente maiores da assimilação inibidora ou à perda da dissociação, e caracteriza a organização e integridade de uma memória duradoura das informações adquiridas significativamente na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

Dessa forma, entenderemos que um material potencialmente significativo é essencialmente exclusivo, uma vez que não depende apenas de si para ser significativo. Tais materiais devem apresentar conceitos que se relacionem de forma hierárquica e não arbitrária à estrutura cognitiva de um indivíduo, bem como apresentar pré-requisitos para a

estruturação desses conceitos em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1980).

Procurando restringir a abrangência da definição indicada por Ausubel (1960, 1961), a partir dos elementos presentes em seus artigos sobre organizadores prévios, buscaremos nos textos originais trechos dos cientistas e reflexões compatíveis com a estrutura cognitiva de alunos na faixa etária de 16 a 18 anos, como trechos relacionados aos movimentos dos corpos, referencial inercial, não inercial, velocidade da luz e relatividade, por exemplo.

2.2 Organizadores prévios

2.2.1 O que são organizadores prévios

A fim de inserir e contextualizar o presente referencial teórico no desenvolvimento desta pesquisa, nos concentraremos em um elemento da aprendizagem significativa que Ausubel (1980) denomina de *organizador prévio* (OP) (antecipatório ou avançado). Esse organizador é proposto como material introdutório apresentado antes do material de aprendizagem. Tais organizadores podem fornecer “ideias-âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material.

A relevância dos elementos antecedentes da estrutura cognitiva para o novo material de aprendizagem é também um fator importante no funcionamento cognitivo. Os conceitos são mais facilmente adquiridos se os exemplos específicos dos quais são abstraídos forem frequente e não raramente associados com seus atributos definidores (criteriais) e se os sujeitos possuem mais e não menos informação relevante sobre a natureza deste atributo. (UNDERWOOD; RICHARDSON, 1956 *apud* AUSUBEL 1980, p. 145).

Conforme visto anteriormente, tomaremos as indicações de materiais potencialmente significativos como norteadoras de nossa prática no presente trabalho, considerando, para efeitos iniciais, que os materiais apresentados nesse trabalho são potencialmente significativos e que fazem parte do rol de elementos apresentados pela teoria da aprendizagem significativa.

Em sua teoria, Ausubel (1980) propôs o uso de um elemento denominado organizadores prévios (OP). Tais organizadores devem ser utilizados quando o sujeito não dispõe, em sua estrutura cognitiva, de subsunçores que ancorem novas aprendizagens ou quando for constatado que os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva não são

suficientemente claros, estáveis e não organizados para desempenhar as funções de ancoragem do novo conhecimento. Esses instrumentos também podem servir como ativadores de subsunçores que não estavam sendo usados pelo indivíduo, mas que estão presentes na estrutura cognitiva.

A principal estratégia advogada nesse livro, para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva de modo a aumentar a facilitação proativa e minimizar a interferência proativa, envolve o uso de materiais adequados relevantes e inclusive introdutórios (organizadores) que são maximalmente claros e estáveis. Estes organizadores são normalmente introduzidos antes do próprio material de aprendizagem e são usados para facilitar o estabelecimento de uma disposição significativa para a aprendizagem. Os organizadores antecipatórios ajudam o aluno a reconhecer que elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos relacionando-os com aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva existente. A vantagem de elaborar deliberadamente um organizador especial para cada nova unidade de material é que só assim o aprendiz pode aproveitar-se das vantagens de um subordinador. Este lhe dá uma visão geral do material mais detalhado *antes* de sua confrontação com o mesmo e também oferece elementos organizadores que são inclusivos e levam em consideração o *conteúdo particular* contido nesse material. (AUSUBEL, 1980, p. 143-144).

Em termos operacionais, Ausubel (2003) define os organizadores como introduções relativamente breves e mais abstratas, inclusivas e gerais do que o material de aprendizagem mais detalhado que as precede, bem como mais relacionais e explicativas do que as ideias relevantes existentes, presentes na estrutura cognitiva.

Os organizadores avançados operam sobre o mesmo princípio geral que o material ideário antecedente e relevante já existente na estrutura cognitiva, na medida em que o novo material de instrução a ser apresentado mais tarde está sequencialmente dependente deste (exceptuando o facto de que a sua relevância, quer para o novo material de aprendizagem, quer para as ideias relevantes ancoradas na estrutura cognitiva, se encontra localizada de forma mais específica e explícita). (AUSUBEL, 2003, p. 151).

Organizadores prévios constituem um instrumento específico para dada tarefa de aprendizagem (textos, filmes, trechos de filmes, quadrinhos, desenhos, fotos, exposições, apresentações em computador, mapas conceituais e outros) que é apresentado ao aluno, em primeiro lugar, num nível de menor diferenciação, ou maior inclusividade, que permita a integração dos novos conceitos aprendidos. Um organizador prévio prescinde de nível de inclusividade e abrangência sobre o conteúdo que será posteriormente apresentado.

2.2.2 Papel dos organizadores prévios na aprendizagem

Para Ausubel (1980, p. 144), as razões para utilização de organizadores se baseiam primariamente em:

1. A importância de ter ideias estabelecidas relevantes e de outra forma apropriada *já* disponíveis na estrutura cognitiva para tornar logicamente significativas ideias potencialmente significativas e lhes dar um esteio estável.
2. As vantagens de usar as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina como ideias de esteio ou subordinadores (a saber, a adequação e a especificidade da sua relevância, sua maior estabilidade inerente, seu maior poder explanatório e sua capacidade de integração).
3. o fato de que eles próprios tentam tanto identificar um conteúdo relevante *já* existente na estrutura cognitiva (e a ser explicitamente relacionado com ele) como indicar explicitamente a relevância deste conteúdo e sua própria relevância para o novo material de aprendizagem.

Ainda de acordo com este autor: “Em resumo, *a principal função do organizador está em preencher o hiato* entre aquilo que o aprendiz *já conhece* e o que *precisa conhecer* antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta.” (AUSUBEL, 1980, p. 144 – grifos do autor). Um organizador prévio também deve inserir o indivíduo em um campo ideacional no qual os conceitos existentes no material de aprendizagem se disponham de tal forma que forneçam à estrutura cognitiva do indivíduo uma condição suficiente à manifestação de subsunçores relevantes que facilitem a incorporação estável e retenção do material de aprendizagem, bem como de assuntos correlatos.

Outra função dos organizadores, e não menos importante, é aumentar a discriminabilidade entre este último material e ideias similares ou ostensivamente conflitantes na estrutura cognitiva. Fazer isso talvez seja um dos maiores desafios desse organizador, pois é justamente nesse processo que a aquisição de conceitos se apresenta na forma proposicional. Voltando ao exemplo das traduções inglês-português, é justamente na discriminabilidade dos significados que a aprendizagem pode ocorrer de forma significativa, uma vez que é pelo contexto da situação que se dá tal processo.

Os organizadores prévios funcionam como agentes na aprendizagem, criando uma “ponte cognitiva” entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber. Vistos dessa forma, organizadores prévios, tal qual previstos por Ausubel (2000), facilitam a incorporabilidade e longevidade do material de aprendizagem (significativo) em três diferentes formas: primeiramente ele conduz explicitamente e mobiliza qualquer conceito-âncora relevante já estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz e faz com que este faça parte dos mecanismos de subsunção. Em segundo lugar, por fazer a subsunção sob possíveis ideias especificamente relevantes, os organizadores prévios em um nível

apropriado de inclusividade provêm uma ancoragem ótima de materiais instrucionais. Em terceiro, o uso de organizadores prévios podem evitar memorizações desnecessárias, uma vez que é requerido do estudante detalhes específicos e significativos de uma disciplina não familiar, fazendo com o que o essencial seja retido, economizando, desta forma, “espaços na memória”.

Ausubel (1980, p. 144) considera que as funções básicas de um OP são:

- 1) “[...] oferecer uma armação ideativa para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue no texto a ser aprendido” ou na exposição a ser acompanhada;
- 2) “[...] aumentar a discriminabilidade entre este último material e ideias similares ou ostensivamente conflitantes na estrutura cognitiva.”

Ainda inferimos uma terceira função básica de um OP que seria: *tornar evidentes as ideias já existentes na estrutura cognitiva que possam servir de esteio às novas aprendizagens, potencializando, assim, a capacidade de aprendizagem do sujeito.*

Ausubel (2003, p. 11), aponta um organizador prévio como elemento pedagógico que contribui para implementação das seguintes variáveis:

- (1) disponibilidade de ideias ancoradas e especificamente relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz, a um nível ótimo de inclusão, generalidade e abstração; (2) o ponto até onde se podem discriminar estas ideias dos conceitos e princípios quer semelhantes, quer diferentes (mas potencialmente confusos), no material de instrução; e (3) a estabilidade e clareza das ideias ancoradas.

A qualidade do material de aprendizagem, bem como sua organização didática devem ser fatores determinantes, mas o que importa é facilitação que os organizadores prévios podem prover, quando trabalhados desde o início da tarefa, à aprendizagem e retenção de conceitos.

O valor pedagógico dos organizadores antecipatórios depende, *em parte*, de quão bem organizado é o próprio material de aprendizagem. Se já contém organizadores incorporados e procede de regiões de menor a maior diferenciação (maior a menor inclusividade), ao invés da apresentação típica do livro-texto ou da conferência, muito do benefício potencial derivável dos organizadores antecipatórios não será atualizado. (AUSUBEL, 1980, p. 145 – grifo nosso).

De acordo com o autor, “Para serem úteis, porém, os próprios organizadores devem ser passíveis de apreensão e devem ser apresentados em termos familiares.” (AUSUBEL, 1980, p. 145).

Constroem-se os organizadores de forma a fornecer conceitos, proposições

e princípios gerais subordinantes para a subsunção daquelas ideias da tarefa de aprendizagem que estão subordinadas a estas últimas ideias mais gerais. Assim, isto significa que os organizadores devem ter os efeitos mais positivos em unidades ideárias conceptuais e proposicionais e nos problemas de transferência que exigem conceitos gerais para a sua resolução. (AUSUBEL, 2003, p. 152).

Trabalhando com organizador prévio o aluno pode se aproveitar de uma visão geral do conteúdo antes que possa dissecá-lo em seus elementos constitutivos. Os organizadores prévios podem constituir importantes instrumentos de contextualização, uma vez que criam referências para o conteúdo.

2.2.3 Elementos estruturadores dos organizadores prévios

Para a elaboração/produção dos organizadores prévios é preciso considerar as representações construídas pelos alunos a respeito do tema que será estudado, ou seja, procurar identificar, explicitamente, o conteúdo já existente na estrutura cognitiva que pode "subsidiar" a aprendizagem do novo conteúdo. Desse modo, faz-se coerente propor que os organizadores prévios sejam apresentados como elementos que contribuam para a aquisição de conceitos.

Assim, procuraremos apresentar alguns elementos da aprendizagem significativa que evidenciam as características de um organizador prévio, bem como seu potencial pedagógico e sua funcionalidade como material didático.

Com relação ao conteúdo significativo de um organizador, Ausubel (2003, p. 12) mostra que:

Não só tem de ser mais geral, inclusivo e abstrato do que as ideias da passagem de aprendizagem que o mesmo precede, como também deve ter em conta ideias potencialmente relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (de forma a poder ser passível de aprendizagem e a poder, também, mobilizar, de forma explícita, todo o conteúdo relevante já disponível nessa estrutura).

Para Ausubel (1961) um organizador prévio pode facilitar a aprendizagem e retenção de um material não familiar, porém significativo, aumentando a discriminabilidade entre o novo material a ser aprendido e os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva do indivíduo. Procurando demonstrar tal afirmação, Ausubel (1961) se vale de um experimento em que foram utilizados três tipos de passagens introdutórias: um organizador comparativo, um organizador expositório (expositivo, explicativo) e uma introdução histórica usada como

controle. Nessa pesquisa foram usados textos com aproximadamente 500 palavras e o assunto abordado foi o Budismo. O autor justifica sua escolha, devido ao fato de que o Budismo é um assunto explicitamente não familiar para a maioria dos estudantes selecionados para o teste e por também lidar com variantes de conceitos previamente apreendidos das doutrinas cristãs e de outras religiões e, presumidamente, bem estabelecidos na estrutura cognitiva da maioria dos estudantes analisados.

Por razões semelhantes às utilizadas por Ausubel em seu experimento, entendemos que “[...] os materiais de instrução deveriam ser desconhecidos, difíceis, técnicos e não estar relacionados com áreas de conhecimento em que os estudantes já têm, ou têm possibilidades de utilizar, subsunçores relevantes aproximados (AUSUBEL, 1960, 1963a, 1968; MAYER, 1979).”

Simultaneamente deve ter-se em conta que, para que os organizadores sejam mais eficazes, devem formular-se a níveis de conceitualização mais elevados e não mais baixos (Mayer, Stiehl & Greeno, 1975) e que os materiais de instrução devem ser muito mais diferenciados do que os próprios organizadores. (AUSUBEL, 2003, p. 153).

O Princípio da Diferenciação Progressiva prevê a apresentação das ideias mais gerais ao aluno em primeiro lugar. De acordo com Ausubel (2003), deve-se apresentar um organizador prévio a um aprendiz antes de se confrontar o OP com o próprio material de instrução, para que só depois as outras ideias, presentes no material de instrução, sejam progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidade, uma vez que entendemos que um OP tem a função de ressaltar as semelhanças e diferenças que existem entre o conteúdo a ser aprendido e aquele que está disponível na mente do aluno.

2.2.4 Tipos de organizadores prévios

Ao longo de seus estudos sobre organizadores, Ausubel apresenta dois tipos deles: os expositórios e os comparativos. No primeiro caso, o organizador é sugerido quando o material, potencialmente significativo, é pouco familiar. Acreditamos, assim como Ausubel (2003), que um organizador expositório é o mais indicado para o desenvolvimento de estudos sobre sua eficácia, uma vez que o assunto apresenta-se em maior nível de generalidade e inclusividade, por ser pouco familiar. Quando o material de aprendizagem for relativamente familiar, é usado um organizador “comparativo” tanto para integrar as ideias novas com conceitos basicamente similares na estrutura cognitiva como para aumentar a discriminabilidade entre ideias novas e existentes que são essencialmente diferentes, mas

que se prestam à confusão.

Essas duas classes de organizadores contemplariam os dois principais aspectos relacionados à aprendizagem escolar; a aprendizagem que decorre da relação tradicional professor-aluno, mediada pela linguagem, e aquela que privilegia um importante aspecto da aprendizagem humana — a aprendizagem através da comparação.

2.2.4.1 Organizadores expositivos

A partir de Ausubel (2000), vimos que de um modo geral, a função de um organizador prévio, depois que interage com os subsunçores relevantes presentes na estrutura cognitiva, é prover uma armação ideacional para estabilizar incorporações e retenções de um material mais detalhado que estabelece em suas passagens uma maior discriminabilidade entre o último material e um semelhante posterior ou ostensivamente, entre esse último material e ideias conflitantes presentes na estrutura cognitiva.

Ausubel (2000) sugere que para materiais relativamente não familiares apenas um organizador expositivo necessita ser utilizado para prover subsunçores que “estejam” mais próximos. Desses subsunçores, que carregam consigo uma relação superordenada com o novo material de aprendizagem, é esperado que primeiramente forneçam uma ancoragem ideacional em termos que já sejam familiares ao aprendiz.

O organizador expositivo deve ser utilizado quando o aluno não dispõe de ideias relevantes sobre um tópico específico, ou seja, no momento em que ele está aprendendo um novo assunto. Ausubel (1961) propõe o uso de um organizador do tipo expositivo quando se tratar de um tema desconhecido para os alunos. Esses organizadores teriam uma relação de superordenação com o novo conhecimento a ser aprendido. É o caso, por exemplo, de um texto jornalístico que serviria como “introdução” ao tema. Esse texto seria apresentado num nível maior de abrangência. A vantagem do uso de um OP é que o aprendiz pode ser favorecido por uma visão geral do conteúdo, antes do detalhamento dos seus elementos constitutivos.

Em Física, quando um estudante se depara com o conceito de energia, por exemplo, espera-se que os conceitos de velocidade, aceleração, força e trabalho estejam acessíveis naquele momento. Caso isso não ocorra, o professor pode, por exemplo, recorrer a um texto em que o assunto seja tratado de modo mais abrangente, como no exemplo sugerido anteriormente, com os estudos de Galileu, retirados de seus originais sobre aceleração, por

exemplo, permitindo com isso, a inclusividade das novas ideias sobre o conceito de aceleração, o que ocorrerá por subordinação. Esse texto poderia versar sobre a relação entre massa e aceleração, passando por uma importante afirmação de Galileu sobre a pena e o martelo, em que explica que em um ambiente sem resistência do ar ambos cairiam com mesma velocidade. Dessa maneira, os organizadores prévios teriam a função de prover um arcabouço de conhecimentos para sustentar a nova aprendizagem, servindo como elementos de contextualização.

2.2.4.2 Organizadores comparativos

De acordo com Ausubel (2000), para materiais de aprendizagem relativamente familiares, por outro lado, um organizador comparativo é mais indicado tanto para aumentar a discriminabilidade entre ideias semelhantes na estrutura cognitiva quanto para integrar novas ideias com outras basicamente similares. Em outras palavras, o uso de organizadores comparativos pode ser eficiente no propósito de integrar os novos conceitos ou proposições com os conceitos similares presentes na mente do sujeito ou então poderão, ainda, aumentar a discriminabilidade entre as ideias novas e as existentes, que são essencialmente diferentes, mas que podem causar alguma confusão.

Com base nessas definições apoiaremos nosso trabalho, no sentido de que selecionaremos trechos de textos originais, para serem apresentados na forma de organizadores prévios, seguindo como parâmetro, para cada contexto específico em sala de aula, a fim de facilitar a incorporabilidade e longevidade do material de aprendizagem (significativo), as três diferentes características apresentadas por Ausubel (1980). Ou seja, os trechos de originais serão escolhidos de forma que:

- a) conduza explicitamente e mobilize qualquer conceito-âncora relevante já estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz;
- b) faça a subsunção sob possíveis ideias especificamente relevantes, em um nível apropriado de inclusividade;
- c) otimize memorizações desnecessárias, fazendo, dessa forma, com o que o essencial seja retido, economizando “espaços na memória”.

Diante do que já foi exposto, em termos de seus elementos estruturadores, entendemos que um organizador prévio deve:

- a) ser elaborado a partir do levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos;
- b) ter como base assuntos potencialmente significativos;
- c) facilitar a aquisição conceitual de tarefas de aprendizagem que sejam, na medida do possível, inéditas para os alunos e dispostas de forma distintas a do material de aprendizagem;
- d) uma vez não sendo possível a aplicabilidade de um organizador dentro de um contexto inédito, que seja feita em um momento ótimo, em que o estudante se depare pela primeira vez com o conteúdo da tarefa de aprendizagem;
- e) apresentar conceitos mais gerais e inclusivos;
- f) apontar tanto para os conceitos presentes nas tarefas de aprendizagem quanto os conceitos prévios presentes na estrutura cognitiva do aluno, uma vez levantados;
- g) estar em um nível próximo do nível de leitura do estudante, uma vez que o vocabulário, a formatação e a extensão do texto devem ser adequados a faixa etária de aplicação.

2.2.5 Crítica aos organizadores prévios

Apesar de já terem sido feitas muitas pesquisas para testar a eficácia dos organizadores prévios, os resultados encontrados ainda são contraditórios. De acordo com os estudos Barnes e Clawson (1975), numa meta-análise de 32 artigos cujo tema era referente ao contexto dos organizadores prévios, alguns desses artigos apresentaram constatações significativas a favor dos organizadores, outros artigos, no entanto, chegam a apontar organizadores como elementos que poderiam impedir o desenvolvimento cognitivo, em sala de aula, de alunos em situações mais avançadas nesse desenvolvimento cognitivo.

Conforme Barnes e Clawson (1975), a eficácia dos organizadores prévios não é consensual. Dos 32 estudos revisados pelos autores, 12 indicaram que organizadores prévios facilitavam a aprendizagem, e 20 reportavam que não havia tal facilitação. Mesmo concentrando-se apenas nas variáveis, separadamente, ainda assim não fica claro o efeito facilitador dos organizadores prévios. Os pesquisadores evidenciam os trabalhos de Woodward (1966 *apud* BARNES; CLAWSON, 1975) que pesquisou 27 estudantes para comparar o efeito facilitador dos organizadores prévios, e não encontrou diferença

significativa entre os grupos pesquisados.

Os trabalhos de Alen (1969 *apud* BARNES; CLAWSON, 1975), por sua vez, concluem que os organizadores evidenciavam a aprendizagem em alunos acima da média, mas que não evidencia efeitos em estudantes menos hábeis, ao contrário do que se supõe na teoria de Ausubel (1980).

A pesquisa ainda mostra que nos trabalhos em que os resultados são favoráveis, além das limitações dos estudos, não há uma relevância significativa no que diz respeito à aquisição de conceitos, à aprendizagem segundo as predições da teoria em si.

Dessa forma, Barnes e Clawson (1975) concluem nessa revisão que os organizadores prévios, tais como foram construídos, não facilitavam a aprendizagem.

Ao analisarem os resultados confusos do período compreendido entre os anos de 1961 e 1976, sobre os efeitos facilitadores dos organizadores, Hartley e Davies (1976) concluem que os organizadores prévios aparecem diferentemente de resumos, revisões, métodos heurísticos, como forma de prover alguma vantagem na aquisição de conhecimentos para o aprendiz, mas que não é possível diferenciá-los com precisão, nem que muito menos é claro essa vantagem sobre as metodologias tradicionais de aprendizagem.

Mayer (1979) aponta que organizadores prévios, quando usados em situações apropriadas e desenvolvidos adequadamente, influenciam, mesmo que em pequenas contribuições, no resultado final da aprendizagem.

Luiten, Ames e Ackerson (1980) mostram que, na média, os estudos com organizadores prévios indicam um pequeno efeito facilitador na aprendizagem e retenção. Os pesquisadores atribuem esse pequeno efeito à curta duração do experimento (tratamento), e ressaltam que em geral os achados indicam que os efeitos facilitadores dos organizadores prévios abrangem as diversas áreas examinadas pela pesquisa e indivíduos de todas as séries e níveis de habilidade.

Como referência a pesquisas feitas no Brasil, temos o trabalho de Sousa (1981) no qual foi constatado que, de um modo geral, não houve diferença estatisticamente significativa a favor dos pseudo-organizadores prévios – materiais (organizadores) destinados a facilitar a aprendizagem de uma unidade, e não de um tópico específico –, em relação a metodologias tradicionais em sala de aula, como se poderia esperar em princípio.

Outro ponto relevante presente nas críticas à teoria da aprendizagem significativa, mais especificamente em relação às pesquisas feitas com os organizadores prévios é que não são encontrados elementos nem diretrizes para elaboração dos organizadores

utilizados, e sim pequenas descrições sobre como eles foram construídos. As variáveis teóricas não são apresentadas nem desenvolvidas adequadamente uma vez que não são precisamente definidas e nem facilmente traduzidas em termos operacionais.

De acordo com Ausubel (1980), no entanto, aqueles que criticam a teoria parecem desconhecer o conteúdo presente em sua obra que fora dedicado à natureza e definição de um organizador, como ele afeta o processamento de informações.

Com relação às críticas, outro ponto levantado por Ausubel (1980) está no fato de que não se pode ser mais específico sobre a construção de organizadores, uma vez que isto depende da natureza de cada material de aprendizagem, da idade do aprendiz, do seu grau de familiaridade com o conteúdo proposto, que conhecimento prévio possui, e sua predisposição para aprender de forma significativa.

Ainda em defesa aos organizadores, Ausubel (1980) lembra que além de não seguirem os critérios apresentados em sua teoria sobre a natureza de um organizador, muitos críticos ainda apresentam grandes deficiências metodológicas em seu campo de pesquisa.

Em nossa opinião, nossa compreensão dos efeitos dos organizadores avançaria muito mais rapidamente se (1) os autores das numerosas críticas lessem em primeiro lugar uma descrição e os critérios de um organizador que foram publicados em vários de nossos artigos e livros antes de censurá-los por serem de natureza vaga e intuitiva, e (2) se também consultassem as fontes originais primárias sobre a metodologia de pesquisa empregada nos estudos sobre os organizadores, ao invés de citar as fontes secundárias inexatas e enganadoras que têm pouca relação com os procedimentos experimentais atualmente utilizados. (AUBUBEL, 1980, p. 147).

Entendemos que são encontradas dificuldades para evidenciar o papel pedagógico dos organizadores no processo de apropriação de conceitos científicos, e que ainda há necessidade de novas pesquisas relacionadas a essas questões, uma vez que temos problemas na construção desses organizadores, por falta de elementos suficientes para definir sua constituição. Ainda temos problemas com relação ao contexto de aplicação e tempo de exposição ao experimento (tratamento), temos também problemas com as formas de verificação da eficácia do organizador, pois a maioria dos experimentos se concentra em análises quantitativas sendo ainda poucas as análises qualitativas desses resultados.

Porém, acreditamos que os estudos e pesquisas são válidos, uma vez que Ausubel (1980) apresenta evidências de que organizadores prévios provavelmente facilitam a possibilidade de incorporação e longevidade do material aprendido significativamente de três maneiras diferentes.

Em primeiro lugar eles explicitamente se apoiam em (e mobilizam)

quaisquer conceitos de esteio relevantes já estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz, tornando-os parte da entidade subordinadora. Desta forma, não apenas o novo material se torna mais familiar e potencialmente mais significativo, como os antecedentes ideacionais mais relevantes na estrutura cognitiva também são selecionados e utilizados de forma integrada. Em segundo lugar, os organizadores antecipatórios num nível adequado de inclusividade, tornando possível a subordinação sob proposições especialmente relevantes (e ao se aproveitarem de outras vantagens da aprendizagem subordinativa), oferecem um esteio ótimo. Isso tanto fomenta a aprendizagem inicial como a resistência ulterior a uma subordinação obliterativa. Em terceiro lugar, o uso de organizadores antecipatórios torna desnecessária muita da memorização mecânica à qual os alunos tantas vezes recorrem porque se exige que aprendam os detalhes de uma disciplina não familiar antes de terem disponível um número suficiente de ideias de esteio-chaves. Por causa da falta de disponibilidade de tais ideias na estrutura cognitiva às quais os detalhes podem ser relacionados não arbitrariamente e substantivamente, o material, embora logicamente significativo, carece de significância potencial. (AUBUBEL, 1980, p. 146).

Entendemos pro fim que embora os organizadores não devam e nem possam ser os únicos elementos presentes nas relações de aprendizagem, estes complementam, e buscam facilitar a relação do aprendiz com o material de aprendizagem. Vemos assim, que como material complementar, os organizadores são de grande valia uma vez que mobilizam elementos presentes tanto na estrutura cognitiva do aprendiz quanto elementos presentes na relação do aprendiz com o material de aprendizagem.

3 ORGANIZADOR PRÉVIO COMO OBJETO DE PESQUISA

Com a finalidade de ressaltar a originalidade deste trabalho iniciamos uma pesquisa nas bases de dados e indexadores on-line a seguir: SciELO, Eric, Springlink e na ferramenta de busca Google. Foram analisados dez artigos, sendo seis deles nacionais e quatro internacionais. A seleção dos artigos seguiu primeiramente os critérios de pertinência, relevância com os temas correlatos à Física e proximidade com os objetivos deste trabalho em si. A pesquisa ficou inicialmente restrita ao período compreendido entre 1998 e 2009, os resultados foram extrapolados apenas quando não houve ocorrência significativa no número de artigos disponíveis em tal período. Foram utilizadas em nossa pesquisa as palavras-chaves: **Ausubel**, **aprendizagem significativa** e **organizadores prévios**, para as pesquisas em português, bem como **Ausubel**, **meaningful learning** e **advance(d) organizers** para as pesquisas em inglês.

A pesquisa realizada na **SciELO** – *Scientific Electronic Library Online* (Biblioteca Científica Eletrônica on line) deu-se inicialmente com a palavra **Ausubel**; foi feita em todos os índices (Autor, Título e Resumo) da biblioteca e em todas as regiões (Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Espanha, México, Portugal, Venezuela, Saúde Pública e *Social Sciences*). Foram exibidos doze resultados, refinados pelo indexador por **assunto**: cinco em ciências da saúde, um em ciências biológicas, um em ciências humanas; por **revista**: cinco na *Revista Brasileira de Ensino de Física*; dois no *Caderno de Saúde Pública*; um na revista *Educação e Pesquisa*; um no periódico *Gayana* (Concepción); um na *Revista Cubana da Educação Médica Superior*; um na *Revista Brasileira de Educação Médica*; e um na *Revista Chilena de Anatomia*.

Com referência ao refinamento apresentado, tivemos ainda as categorias: **ano de publicação**, **idioma** e **coleção**. Os resultados apresentados pelo indexador foram do período de 1999 a 2008, com exceção dos anos de 2000 e 2005, que não contaram com artigos apresentados. Por **coleção** foram apresentados oito artigos na coleção Brasil, dois na coleção Chile, um em Cuba e um em Saúde Pública, dos quais oito estão em português e quatro em espanhol.

Quando o termo pesquisado na **SciELO** foi “**aprendizagem significativa**” (entre aspas), o indexador exibiu 23 resultados (ressaltamos que foram utilizadas as mesmas condições da pesquisa do termo anterior no que se refere aos índices e regiões).

As mesmas opções de refinamento foram oferecidas pelo indexador, sendo que na categoria **assunto** foram apresentados os seguintes resultados: doze artigos em Ciências

da Saúde, três em Ciências Humanas e um em Ciências Agrárias; por **revista**: nove na *Revista Brasileira de Ensino de Física*; quatro na *Revista Brasileira de Educação Médica*, dois no *Caderno de Saúde Pública*; dois no periódico *Interface (Botucatu): Comunicação, Saúde, Educação*; dois na *Revista de Saúde Pública*; um em *Acta Paulista de Enfermagem*; um no periódico *Educar em Revista*; um na *Revista Brasileira de Ciência do Solo*; um na *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. As publicações são do período de 1999 a 2008, sendo que nos anos de 2001 e 2003 não constaram artigos apresentados. Por **coleção** foram apresentados vinte artigos em Brasil, dois em Saúde Pública e um em *Social Science*. Dos vinte e três artigos apresentados vinte e um estão em português e dois em inglês.

Quando pesquisamos o termo “**organizadores prévios**” na SciELO, apenas um resultado foi apresentado, publicado na *Revista Brasileira de Ensino de Física*, no ano de 2004, no idioma português, na coleção Brasil.

Fazendo um cruzamento dos resultados apresentados para cada palavra-chave, encontramos em comum apenas um artigo:

(A2) DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal: um texto para o ensino médio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 26, n. 3, 2004.

Percebemos, porém, a partir da leitura dos artigos apresentados pelo indexador que, embora os demais textos não apresentassem como palavra-chave o termo “**organizador prévio**”, faziam referência ao mesmo. Dessa forma, considerando os artigos que apresentaram em sua estrutura elementos relacionados a esse termo, ou aos processos de organização prévia, tivemos um total de 8 artigos para análise no indexador SciELO.

Dos 8 artigos apresentados, selecionaremos os três de maior representatividade, no sentido de pertencerem ou serem próximos ao contexto de ensino de ciências, para os fins desse trabalho, seguindo ainda o critério estabelecido para o período mais recente. Os artigos são:

(A1) MAGALHAES, Murilo de F.; SANTOS, Wilma M. S.; DIAS, Penha M. C. Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da Física. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 24, n. 4, 2002.

(A2) DIAS, Penha Maria Cardoso; SANTOS, Wilma Machado Soares; SOUZA, Mariana Thomé Marques de. A gravitação universal: um texto para o ensino médio. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 26, n. 3, 2004.

(A3) MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hiperfísica. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 28,

n. 4, 2006.

A pesquisa na base de dados ERIC (*Educational Resources Information Center*) foi realizada na guia *Advanced Search* com as seguintes palavras-chave, pela ordem: *advance organizers*, *meaningful learning* e *Ausubel*, cujo período pesquisado inicialmente foi de 1998 a 2009. Nenhum resultado foi apresentado. Posteriormente, o período foi estendido, compreendendo os anos de 1988 a 2009. Para tal período, utilizando as mesmas palavras-chaves foram apresentados três artigos. Com o intuito de ampliarmos os resultados apresentados, mantivemos o mesmo período anterior e restringimos a pesquisa aos termos *advanced organizers* e *meaningful learning*. Dessa forma, foram obtidos nove resultados. Relacionando os artigos pela data de publicação temos um artigo em cada um dos respectivos anos a seguir: 1988, 1990, 1993, 1994, 1997, 2003 e 2004. A pesquisa também aponta para dois artigos publicados no ano de 1992.

Listando os artigos por suas fontes de publicação, tivemos um artigo em cada um dos respectivos periódicos, a seguir: *American Biology Teacher*, *Journal of College Science Teaching*, *Journal of Technical Writing and Communication*, os demais artigos apresentaram o termo N/A (*not available or not applicable*) em suas fontes de aplicação, mas encontravam-se disponíveis para *download* na íntegra. Embora a restrição inicial de nossa busca também faça menção ao período compreendido entre 1998 e 2009, analisaremos apenas os artigos que estão relacionados às áreas das ciências da natureza (1994, 1997). São eles:

(A9) DOWNING, Agnes. An Investigation of the Advance Organizer Theory as an Effective Teaching Model. ANNUAL MEETING OF THE AUSTRALIAN TEACHER EDUCATION ASSOCIATION, 24., Brisbane, Queensland, 1994.

(A10) KIRKMAN, Grace; SHAW, Edward L., Jr. Effects of an Oral Advanced Organizer on Immediate and Delayed Retention. ANNUAL MEETING OF THE MID-SOUTH EDUCATIONAL RESEARCH, 26., Memphis, TN, 1997.

Os resultados apresentados na base de dados *SpringerLink* para os termos: *advance organizers*, *meaningful learning* e *Ausubel*, no período compreendido entre 1998 e 2009, constaram de vinte e quatro trabalhos relacionados, sendo treze artigos publicados em periódicos e onze capítulos de livros. Cronologicamente tivemos três trabalhos publicados em 2009, seis publicados em 2008, dois em 2007, um em 2006, seis em 2005, um em 2004, dois em 2002, um em 2001, um em 2000 e um em 1998. Os trabalhos foram apresentados por assunto. Sem cruzamento de dados, são apresentados da seguinte forma: onze na área de humanidades, ciências sociais e direito, dez em educação, cinco em ciência da

educação, cinco em educação (geral), quatro em educação tecnológica, quatro em aprendizagem e instrução, três em educação de professores/formação de professores, dois em ciência da computação, dois em ciência do comportamento e dois em psicologia. Dos vinte e quatro trabalhos relacionados, vinte e dois encontram-se escritos em inglês e dois em alemão.

Para os fins desta pesquisa restringiremos nossa busca na base de dados *Springerlink* às seguintes áreas: educação, ciência da educação, educação (geral), educação tecnológica, aprendizagem e instrução e em educação (formação) de professores. Fazendo o devido cruzamento de dados, obtivemos um total de dez artigos, dos quais selecionamos apenas dois que, somados aos encontrados no indexador anterior, totalizaram quatro artigos internacionais. Recorrendo aos critérios preestabelecidos, dando prioridade aos mais relevantes, ou seja, àqueles pertencentes à área das ciências da natureza e os mais recentes, temos os seguintes arquivos:

(A7) BERNARD, N. Githua; RACHEL, Angela Nyabwa. Effects os Advance Organizer strategy during instruction on secondary school student's mathematics achievement. In: Kenya's Nakuru District. *International Journal of Science and Mathematics Educational*, Taiwan, v. 6, n. 3, 2008.

(A8) HUNG, Wei-Chen; SMITH, Thomas J.; HARRIS, Marian S.; LOCKARD, James. Development research of a teachers' educational performance support system: the practices of design, development, and evaluation. *Educational Technology Research and development*, Tacoma, 2007.

Apresentamos até aqui um total de sete artigos retirados das bases de dados e indexadores apresentados, os três artigos restantes serão pesquisados no site de busca *Google*, utilizando o seguinte termo: **organizadores prévios**, bem como os termos: **ensino**, **Física** e **aquisição de conceitos**, respectivamente, para a busca nos resultados obtidos. Pelo critério de relevância apresentado pela ferramenta de busca e pela própria relevância do conteúdo dos artigos, selecionamos os seguintes:

(A4) SILVA, José Roberto; MOREIRA, Marco Antonio. Uso de um texto de apoio como organizador prévio: combinatória para o ensino fundamental e médio. *Revista Electrónica de Investigación em Educación em Ciencia*. Madrid, ano 2, n. 2, 2006.

(A5) BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de; LISBOA FILHO, Paulo Noronha; CALUZ, João José. História da ciência e a aprendizagem significativa: o conceito de carga elétrica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., Curitiba, 2008. *Anais...*, Curitiba, 2008.

(A6) BENEVIDES, Rodrigo C. S.; DIAS, Penha M. C.; SANTOS, Wilma M. S.; FILHO, Otávio

F. A dinâmica do movimento circular: uma proposta para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 13., Vitória, 2009.

Descrito o processo de seleção dos artigos, daremos início ao processo de análise de cada um, conforme os seguintes critérios:

- C1 – nível de escolaridade dos estudantes pesquisados;
- C2 – natureza do conteúdo proposto nos organizadores prévios;
- C3 – forma de levantamento dos conhecimentos prévios;
- C4 – natureza do organizador prévio – derivado de textos originais ou não originais, verbal, textual, visual, audiovisual;
- C5 – contexto de aplicação dos organizadores – na aula, horário alternativo, na escala, seminário;
- C6 – retomada dos conteúdos trabalhados – teste, avaliação oral, provas;
- C7 – critério de análise dos dados e tipo de pesquisa: qualitativa ou quantitativa, conclusões relativa à eficácia do organizador;
- C8 – apresenta resultados relevantes, pouco conclusivos, não conclusivos.

Os critérios utilizados em nossa análise foram desenvolvidos com base nos estudos realizados por Ausubel (1960, 1961, 1962a, 1962b). Na descrição do método utilizado, o autor evidencia a população do experimento fazendo uma distinção de gênero, explicita o nível de escolaridade da população, o contexto de aplicação do organizador: curricular ou extracurricular; evidencia também a divulgação do resultado final do estudo, o tamanho da tarefa de aprendizagem e sua natureza: familiar ou não familiar (inédita) e especifica a quantidade de itens presentes no questionário de diagnóstico.

De acordo com o critério C1 (classificação relativo ao nível de escolaridade dos estudantes pesquisados), percebemos que dos artigos analisados, três (A4, A5 e A8) foram desenvolvidos com estudantes de nível superior, sendo que dois desses artigos (A4, A5) foram desenvolvidos com estudantes de pós-graduação e um (A8) com estudantes de graduação. Do restante, quatro artigos foram desenvolvidos com estudantes de nível médio, sendo que três (A1, A2 e A3) foram desenvolvidos com estudantes do 3º ano do nível médio e um (A6) com estudantes do 1º ano do nível médio. Os outros três artigos (A7, A9 e A10) foram desenvolvidos e aplicados em outra realidade educacional e não apresentaram referência com as séries nem com o contexto educacional brasileiro. Dessa forma, foram classificados como não aplicáveis, no que se refere especificamente à série em que o artigo foi desenvolvido, porém, foi possível agrupá-los juntamente com os artigos desenvolvidos

com estudantes de nível médio, uma vez que esses artigos tratavam de alunos de *hi-school*³ ou equivalente.

Segundo o critério C2 (natureza do conteúdo proposto nos organizadores prévios), verificamos a partir de nossa análise que cinco artigos (A1, A2, A3, A5 e A6) abordaram temas relativos às seguintes áreas de conhecimento: ciências da natureza, códigos e suas tecnologias e, mais especificamente, voltados ao ensino de Física; dois dos artigos (A4 e A7) estavam ligados à área de Matemática, códigos e suas tecnologias, mais especificamente ao ensino de Matemática. Os outros três artigos (A8, A9 e A10) perpassaram por duas áreas do conhecimento: ciências humanas, códigos e suas tecnologias, e ciências da natureza, códigos e suas tecnologias, uma vez que dois deles (A9 e A10) relatavam aplicações na disciplina: *home economics* e um (A8) relatava aplicações na área de tecnologia educacional.

Relativo ao critério C3 (forma de levantamento dos conhecimentos prévios), foi possível verificar que todos se basearam em formas particulares de questionários, mas que podem ser entendidas, em contexto geral, como questionários diagnósticos. De acordo com o critério de classificação (C5): contexto de aplicação dos organizadores prévios, observou-se que os três artigos desenvolvidos (A4, A5 e A8) com estudantes de ensino superior foram aplicados em situações curriculares, bem como seus questionários diagnósticos. Observou-se ainda que dos sete artigos restantes apenas um (A3) foi aplicado em situação extracurricular, assim como seu respectivo questionário, ficando os demais artigos e diagnósticos (A1, A2, A6, A7, A9 e A10) restritos às situações curriculares.

O quarto critério C4 (natureza do organizador prévio) – que consideramos especialmente relevante para os fins desta pesquisa – diz respeito ao fato do organizador prévio ser proveniente de fonte primária (textos originais, ou trecho de textos originais), ou de fontes secundárias como textos de divulgação científica, entre outros. Dos dez artigos analisados apenas três (A2, A5 e A6) apresentam em seu contexto trecho ou trechos de textos originais (fontes primária), desses, dois (A2 e A6) apresentam além dos originais outros tipos de textos (não originais) como constituintes dos organizadores. Dessa forma, de todos os artigos analisados, apenas o artigo A5 apresenta, exclusivamente, trecho de textos originais.

Com relação ao critério C6 (verificação da eficácia do organizador prévio), percebemos que dos dez artigos, apenas um (A8) não utilizou o teste diagnóstico de retorno como ferramenta de verificação, optando pela entrevista no lugar do teste. A análise dos resultados, sétimo critério (C7) de nossa classificação, diz respeito ao tipo de análise de

³ *Hi-school*: nome utilizado para descrever uma instituição que provém toda ou uma parte da educação secundária.

dados apresentada, se qualitativa ou quantitativa. Dos artigos selecionados, seis (A1, A2, A4, A5, A7 e A10) apresentaram uma abordagem quantitativa na análise dos dados, os quatro artigos restantes (A3, A6, A8 e A9) apresentaram uma análise quantitativa em seus resultados.

Embora não tenhamos criado uma categoria para cada particularidade conceitual e metodológica encontrada nos artigos analisados, podemos fazer, de forma geral, uma análise comparativa entre os procedimentos metodológicos propostos por Ausubel (1980) e os descritos pelos artigos, bem como uma breve análise conceitual dos pressupostos da teoria da aprendizagem significativa frente aos apresentados pelo ponto de vista dos artigos analisados.

Ausubel (2003) chama a atenção para a queima de etapas durante as experiências de aprendizagem que ocorrem para além de uma idade ótima, para o estabelecimento das próprias relações de aprendizagem, considerando, portanto, um desperdício de oportunidade, uma vez que entende que dessa forma pode haver, durante o processo, “[...] uma redução desnecessária na quantidade e complexidade do conteúdo das matérias que se pode dominar num determinado período da aprendizagem escolar.” (p. 65).

Como já vimos, segundo Ausubel (2003, p. 153):

[...] os materiais de instrução deveriam ser desconhecidos, difíceis, técnicos e não estar relacionados com áreas de conhecimento em que os estudantes já têm, ou têm possibilidades de utilizar, subsunçores relevantes aproximados (AUSUBEL, 1960, 1963a, 1968; MAYER, 1979).

Para Mayer (1978 *apud* AUSUBEL, 2003), os organizadores prévios são mais eficazes quando idéias presentes nos conteúdos da tarefa de aprendizagem (não o material de aprendizagem em si) são apresentados em uma ordem não sequencial, aleatória, não lógica.

Dessa forma, percebemos, por exemplo, que no artigo A1, os conceitos abordados são os de campo elétrico e magnético, que de início já aparecem em uma ordem ideacional lógica, mais que isso, o entendimento de campo elétrico e magnético, além dos conceitos iniciais de eletricidade e magnetismo, parte do entendimento geral do conceito de campo de atuação de forças. Dessa forma, se o aluno em algum momento interagiu com conteúdos anteriores, que apresentavam a noção de campo gravitacional, por exemplo, podemos dizer que tais conteúdos não estão diretamente relacionados com as colocações apresentadas no parágrafo acima.

O artigo A2 apresenta conceitos da gravitação universal, em um estudo aplicado nos

alunos do 3º ano do ensino médio. Os autores enfatizam que já na 1ª série desse ciclo os alunos já tiveram contato com o conteúdo de gravitação universal. Como vimos, esse contato inicial dos alunos com o conteúdo, mesmo que em um momento anterior relativamente distante, pode comprometer em algum momento a posição apresentada por Ausubel (2003) quando defende a não familiaridade do aprendiz com o conteúdo do material de aprendizagem. Ainda com relação ao artigo A2 percebemos que o questionário diagnóstico foi o mesmo tanto para o início quanto para o fim do processo, além de apresentar-se sequencialmente bem estruturado logicamente, assim como o próprio material de aprendizagem, contrariando dessa forma os princípios defendidos por Ausubel (2003) apresentados anteriormente.

O artigo A4 trata de um organizador prévio elaborado como texto de apoio para ser utilizado no ensino fundamental e médio com a finalidade de trabalhar os conceitos presentes em análise combinatória. O trabalho, porém, foi desenvolvido e aplicado junto a professores de um curso de Especialização em Ensino de Matemática (CEEM) na Faculdade de Formação de Professores de Vitória de Santo Antão (FAINTIVISA), no Estado de Pernambuco. Embora a finalidade do trabalho aplicado e da pesquisa em si não fosse o de ensinar combinatória aos professores, mas mostrar que esses podem produzir materiais potencialmente significativos para seus alunos, desde que compreendam conceitualmente as relações entre os elementos presentes nas tarefas de aprendizagem, o conteúdo dos organizadores estava relacionado diretamente com os conceitos de combinatória, os quais os professores, de alguma forma, dominam.

O artigo A5 apresenta a história da ciência e aprendizagem significativa como alternativa para o aprendizado do conceito de carga elétrica; este artigo é desenvolvido e trabalhado juntamente com um grupo de estudantes de graduação do curso de Física. Se o indicado por Ausubel (2003) é a não familiaridade com o tema, trabalhar o conceito de carga elétrica com alunos de graduação, mesmo que esses apresentem dificuldades na aquisição de tais conceitos é, no mínimo, apresentar um direcionamento diferente daquele proposto pela teoria da aprendizagem significativa.

No artigo A6, além de um questionário diagnóstico bem estruturado e logicamente disposto, o material textual não apresenta ideias de forma aleatória como sugerido por Ausubel (2003). Os momentos de interação com os alunos são trabalhados com apresentação de experimentos dirigidos pelo professor. Dessa forma, vemos que um experimento logicamente organizado e conduzido pelo professor, segundo Ausubel (2003), pode comprometer a potencialidade do material de aprendizagem em si, reduzindo a complexidade da tarefa.

Outro ponto a destacar no artigo A6, que também é recorrente nas outras publicações já analisadas, é a familiaridade do aluno com os conteúdos e com o material de aprendizagem, uma vez que no 9º ano do ensino fundamental o aprendiz já tem um primeiro contato com as noções de movimento e força, cuja abordagem não difere muito daquela feita no 1º ano do ensino médio, a não ser pelo fato de que no 1º ano já é esperado que ele tenha algumas relações matemáticas mais consolidadas, porém, conceitualmente as abordagens são semelhantes.

Na análise do primeiro trabalho internacional (A7) percebemos uma aproximação bastante razoável entre os procedimentos propostos por Ausubel (2003) e os adotados pelos autores do artigo. O assunto trabalhado é matemática, mais precisamente a aritmética comercial e a população trabalhada é composta por alunos do ensino secundário no Quênia. Os autores levam em consideração a natureza do conteúdo em termos de sua originalidade, fazendo referência às questões de gênero, e ressaltando, a partir de dados estatísticos, que tais questões não afetaram o MAT (*Mathematics Achievement Test*). Eles utilizaram ainda grupos-teste e controle para desenvolver suas hipóteses, que foram apresentadas ao logo do artigo, que foram:

- a) em termos gerais, não há diferenças estatísticas significantes favoráveis à utilização de organizadores prévios;
- b) em termos gerais, não há diferenças estatísticas significativas relacionadas às questões de gênero entre os elementos do grupo pesquisado.

A análise estatística dos dados é bastante fundamentada e apresentada de forma explícita e clara. Dentre os artigos analisados, é o que mais se aproxima da metodologia proposta por Ausubel (2003).

O artigo A8 também desponta na análise como um estudo em que o critério de originalidade do conteúdo trabalhado e a natureza do material de aprendizagem são coerentes com os pressupostos para utilização de organizadores prévios na abordagem da aprendizagem significativa. O artigo trata da apresentação de um organizador prévio para instrução/formação de professores no que se refere à utilização de um *software* de gerenciamento de comportamento de alunos em sala de aula. Nesse caso, o domínio da informática, bem como o domínio de *softwares* não é suficiente para invalidar a originalidade da tarefa de aprendizagem, uma vez que cada *software* deve ser operado de um modo diferente dos demais. A única restrição ficaria a cargo de professores que já tivessem trabalhado com *softwares* semelhantes de gerenciamento. Embora seja possível questionar a experiência do professor com materiais de gerenciamento de comportamento na forma impressa, o interesse da utilização de organizadores prévios, segundo o artigo, é referente à

interação do professor com a interface gráfica do *software*.

O que vemos aqui confirma alguns argumentos de Ausubel (1980) em defesa dos organizadores prévios. Uma vez que não encontramos definidos nos trabalhos acima, critérios operacionais para a elaboração de um organizador prévio segundo predições da teoria da aprendizagem significativa, além de sérias deficiências na apresentação de critérios para a preparação dos organizadores prévios.

Confirmamos assim, o que diz Ausubel (1980, p. 148): “[...] a maioria dos estudos não tenta nenhuma averiguação sistemática dos conceitos relevantes disponíveis que poderiam ser empregados por um organizador antecipatório adequadamente construído.” Observamos também que há uma carência na análise do conteúdo conceitual e proposicional presente no material de aprendizagem, dessa forma, é possível averiguar com precisão que tipos de conceitos devem ser “ligados” a subordinadores existentes, por exemplo.

Ainda de acordo com Ausubel (1980, p. 149), percebemos que “[...] a maioria dos estudos deixa de considerar cuidadosamente o nível de dificuldade dos itens ou a discriminação dos itens necessários para as questões feitas.”

Por isso, acreditamos que para suprir carências metodológicas dessa natureza, mais pesquisas devem ser dirigidas ao contexto de uso e aplicação dos organizadores prévios.

4 QUE HISTÓRIA É ESSA?

4.1 História da ciência como recurso de ensino

O tema é atual, mas não é de hoje que a aproximação do ensino de ciências com a história da ciência vem ganhando atenção especial de estudantes de licenciatura, professores, pesquisadores e cientistas. Encontramos no trabalho de Matthews (1995) uma quantidade significativa de referências que nos levam a refletir sobre a importância de se compreender a natureza da ciência para assim compreender a própria ciência.

As pesquisas de Matthews (1995) apontam para experiências em vários currículos nacionais como o da Inglaterra, País de Gales e Estados Unidos, neste último, o Projeto intitulado 2061 é voltado ao ensino de ciências equivalentes ao ensino fundamental do 5º ao 9º ano e ensino médio brasileiro; outras experiências, no currículo escolar dinamarquês e na Holanda, também são apontadas pelo autor. Matthews (1995, p. 165) ressalta que nesses casos não se tratam “[...] da mera inclusão de história, filosofia e sociologia (HFS) da ciência como outro item do programa da matéria”, mas sim “[...] de uma incorporação mais abrangente de temas de história, filosofia e sociologia da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos de ciências.”

Para o autor, existem outros fatores que apontam para essa aproximação entre a história da ciência e o ensino de ciência. E um desses fatores foi a realização da primeira conferência internacional sobre história, filosofia, sociologia e o ensino de ciências, na Universidade Estadual da Flórida, em novembro de 1989. Outro fator seria, segundo o autor, uma série de conferências patrocinadas pela Sociedade Europeia de Física sobre a história da Física e o seu ensino, realizadas em Pávia – cidade ao sul de Milão (1983) –, Munique (1986), Paris (1988), e Cambridge (1990). Há ainda um terceiro fator: a conferência sobre história da ciência e o ensino de ciências, realizada na Universidade de Oxford, em 1987, com o apoio da Sociedade Britânica de História da Ciência (SHORTLAND; WARICK, 1989 *apud* MATTHEWS, 1995). Conforme explica Matthews (1995, p. 166), “[...] essas iniciativas geraram cerca de trezentos estudos acadêmicos sobre aquela questão e muito material didático histórica e filosoficamente embasados.”

Em sua pesquisa, Matthews (1995) aponta para além dessas iniciativas e ressalta que a Fundação Nacional Americana de Ciência iniciou dois programas que tiveram como objetivo promover o engajamento de história, filosofia e sociologia ao ensino de ciências nos cursos de 1º e 2º grau, atuais ensino fundamental e médio, respectivamente.

O autor também expõe o Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS) lançado em 1985, o qual é recorrente de um amplo estudo realizado a fim de revisar integralmente o ensino de ciências na escola. Conforme o autor, o Projeto 2061 aponta em seus estudos finais para necessidade de um ensino de ciência mais contextualizado, inserido historicamente no contexto científico e mais filosófico, reflexivo.

Quando nos referimos anteriormente ao fato de que essa preocupação com o ensino de ciências a partir da história da ciência, bem como sua presença nos currículos não ser atual, não estávamos nos referindo apenas às últimas décadas. Matthews (1995) nos apresenta os estudos de Edgar Jenkins (1989, 1990) e W. J. Sherratt (1982, 1983), os quais evidenciam a primeira manifestação dessa intenção ainda no século XIX, em 1855:

[...] no pronunciamento dirigido à Associação Britânica para o Progresso da Ciência, feito por seu presidente, o Duque de Argyll, no qual ele afirmou: “Aquilo que desejamos no processo de educação dos jovens, não é a mera obtenção de resultados, mas dos métodos e, sobretudo, da história da ciência”. (JENKINS, 1989 *apud* MATTHEWS, 1995, p. 169).

De acordo com Jenkins (1989 *apud* MATTHEWS, 1995, p. 169):

[A] Associação Britânica para o Progresso da Ciência (BAAS) reiterou esses apelos durante a conferência de 1917, ressaltando que a história da ciência oferecia os meios para a dissolução da barreira artificial erigida pelo horário escolar para afastar os estudos literários das ciências.

Entre os anos de 1970 e 1980, segundo a pesquisa, a Associação Britânica para o Ensino da Ciência, em alguns de seus relatórios (*Alternativas para o ensino de ciências, 1979, e Educação via ciências, 1981*) solicitou a incorporação de abordagens históricas e filosóficas ao ensino de ciências. Procurando mostrar que a necessidade de incorporação de conteúdos nos currículos não era uma questão pontual, local, Matthews (1995) ainda indica que nos Estados Unidos, após a Segunda Grande Guerra, a história da ciência ganhou espaço privilegiado nas disciplinas de ciências dirigidas a estudantes da graduação de outros cursos.

Ainda dentro dessa retomada histórica da necessidade de incorporação da história da ciência no ensino, chegamos a Mach (1960) que também argumenta favoravelmente à importância do estudo do desenvolvimento histórico para compreensão dos conceitos científicos. Para Mach (1960, p. 316):

A investigação histórica do desenvolvimento da ciência é extremamente necessária a fim de que os princípios que guarda como tesouros não se tornem um sistema de preceitos apenas parcialmente compreendidos ou, o que é pior, um sistema de pré-conceitos. A investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos apresenta novas possibilidades.

Dentro desse contexto de aproximação entre história da ciência e ensino de ciências temos, no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que também sinalizam em material complementar (PCN+), para a necessidade de se desenvolver ações no sentido de tal aproximação, uma vez que esses parâmetros sugerem que devemos “[...] compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.” (BRASIL, 2002, p. 67).

Embora essas questões não estejam bem definidas, alocadas em um capítulo especial dos PCN+ (BRASIL, 2002), percebemos que mesmo pontuais tais questões procuram nortear a prática de muitos professores e pesquisadores. Pela dimensão e abrangência que têm os parâmetros curriculares nacionais as questões apresentadas podem ser facilmente apreendidas e interpretadas para além dos conteúdos presentes nos livros didáticos.

Tais recomendações recaem para além da prática dos conteúdos a serem ensinados em sala de aula, uma vez que os PCN+ (BRASIL, 2002) apontam para a importância do estudo de história da ciência não só para compreensão da evolução de modelos físicos, como também para compreensão das mudanças de paradigmas como, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, bem como a relação de tal transformação com as mudanças sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança.

De acordo com os PCN+ (BRASIL, 2002, p. 67) devemos ir além dos conteúdos curriculares e:

[...] compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades.

Conforme tais parâmetros, os conhecimentos são essenciais para dimensionar corretamente o desenvolvimento tecnológico atual, através tanto de suas vantagens como de seus condicionantes.

A partir dos fatos relatados acima, entendemos que a aproximação da história da ciência com o ensino de ciências é uma necessidade que vem sendo defendida há muito tempo em várias partes do mundo e também no Brasil pelos PCN e PCN+. Além disso compreendemos que por mais que a história da ciência seja apresentada de uma forma assistemática, possui algumas de suas bases fundamentadas.

A defesa da inclusão de componentes históricos no ensino de ciências tem, segundo

Matthews (1994), suas razões, uma vez que essa história (componentes históricos):

- promove uma melhor compreensão dos métodos e conceitos científicos;
- conecta o desenvolvimento do pensamento individual com desenvolvimento de ideias científicas;
- é intrinsecamente valiosa, uma vez que deve ser familiar aos alunos;
- é necessária à compreensão da natureza da ciência;
- se opõe e mitiga os efeitos do cientificismo e dogmatismo que são comumente encontrados em livros e aulas de ciências;
- por examinar a vida e o tempo de um cientista, humaniza algumas questões da ciência, tornando-a menos abstrata e mais engajada para os estudantes;
- permite que conexões sejam feitas com outros tópicos relativos à disciplinas da própria ciência, como também com outras disciplinas acadêmicas.

Teodoro e Nardi (2001) entendem a história da ciência como um recurso que pode:

- proporcionar uma visão mais adequada da ciência enquanto processo de construção;
- servir como base para elementos de reflexão na definição de temas fundamentais;
- revelar obstáculos através da semelhança entre concepções alternativas e concepções relativas a teorias científicas do passado, quando possível.

Peduzzi (2001) concorda com Teodoro e Nardi (2001) quando destaca outros aspectos da utilização da história da ciência em sala de aula, e a apresenta como um recurso que pode:

- propiciar o aprendizado significativo de equações (que estabelecem relações entre conceitos, ou traduzem leis e princípios) as quais o utilitarismo do ensino tradicional acaba transformando em meras expressões matemáticas que servem à resolução de problemas;
- incrementar a cultura geral do aluno, admitindo-se, neste caso, que há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais que ocorreram na história do pensamento científico (como a revolução científica dos séculos XVI, XVII, por exemplo);

- desmistificar o método científico, dando ao aluno os subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista;
- propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos.

Tendo como base os fatores acima citados, vemos com otimismo que as contribuições da história da ciência, enquanto recurso de ensino, podem se dar de diversas formas como, por exemplo:

- Compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade.
- 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 desmitificação do conhecimento científico, sem, no entanto negar seu valor. A ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”.
- O estudo adequado de alguns episódios históricos também permite compreender que a ciência não é o resultado da aplicação de um “método científico” que permita chegar à verdade. Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjeturas a partir de ideias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm ideias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem suas ideias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas ideias. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, elas podem chegar a se tornar bem estruturadas e fundamentadas, mas jamais podem ser *provadas*. O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível. Há uma *arte da pesquisa*, que pode ser aprendida, mas não uma sequência de etapas que deve ser seguida sempre, como uma receita de bolo. O estudo histórico de como um cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica. (MARTINS, 2006, p. 21-23).

Entendemos que os estudos sobre história das ciências, desde que trabalhados de forma correta, consciente, podem contribuir para uma visão mais adequada sobre a natureza da ciência, uma vez que forneça ao estudante condições de se posicionarem criticamente frente aos fatos apresentados, sempre levando em consideração em sua análise, nos termos de Kuhn (2005), o contexto paradigmático do conteúdo em questão. Dessa forma, a história das ciências pode auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos.

De acordo com Martins (2006), vemos ainda que sob o ponto de vista dos alunos, a abordagem do ensino de história da ciência em sala de aula pode favorecer uma reestruturação conceitual em vários aspectos, e que:

Para se processar de um modo “suave” e racional, ela exige um conhecimento e aceitação dos procedimentos de discussão e desenvolvimento da ciência. Exige a capacidade de se pensar ao mesmo tempo em várias possibilidades, suspendendo momentaneamente o juízo, analisando prós e contras, buscando argumentos a favor de cada uma delas, sem se prender a nenhuma e buscando a melhor delas. Exige também a superação de obstáculos de natureza emocional: pode se processar uma luta entre a “minha” concepção e a “do professor”, em que colocar em dúvida ou rejeitar uma ideia antes aceita pode acarretar uma sensação de perda de uma parte de si próprio e a invasão de algo externo. (MARTINS, 2006, p. 26).

O conhecimento da história da ciência pode ser muito útil, para uma transformação conceitual tanto do ponto de vista do aluno quanto do professor. “O processo pelo qual o aluno precisa passar é semelhante ao processo de desenvolvimento histórico da própria ciência. (BARROS; CARVALHO, 1998 *apud* MARTINS 2006, p. 26). Dessa forma, podemos supor a partir de experiências vividas em sala de aula e na prática educacional que, para alguns alunos, seus pensamentos, argumentações e constatações podem ser, em alguns casos e contextos, semelhantes às dos cientistas do passado; percebemos também que esses pensamentos (ideias), por mais “absurdos” que pareçam, podem, em algum momento específico do desenvolvimento cognitivo do aluno, ser semelhantes aos que foram aceitos em outros tempos por pessoas que nada tinham de tolas.

Examinando exemplos históricos, com o distanciamento emocional que isso permite, o estudante pode se preparar para aceitar que um processo semelhante ocorra com suas próprias ideias. Pode perceber que, na história, sempre houve discussões e alternativas, que algumas pessoas já tiveram ideias semelhantes às que ele próprio tem, mas que essas ideias foram substituídas por outras mais adequadas e mais coerentes com um conjunto de outros conhecimentos. (MARTINS, 2006, p. 26).

Embora não possamos nem devamos, generalizadamente, traçar um paralelo completo entre esses “conceitos prévios” e as concepções científicas antigas, as semelhanças indicadas acima são, de alguma forma, relevantes para tornar o conhecimento da história da ciência, um importante aliado nesse trabalho.

Não esperamos, entretanto estabelecer tais paralelos, uma vez que essa posição além de não ser consensual, não é objeto de verificação nesse trabalho. Em Dion (1997), vemos Matthews (1992) tratando da questão do paralelo entre o desenvolvimento cognitivo do indivíduo e o desenvolvimento conceitual na história, afirmando “[...] apenas em um nível de simplificação as concepções ‘concretas’ das crianças espelham os estágios iniciais de desenvolvimento do conhecimento científico.” (p. 49); Satiel e Viennot (1985 *apud* DION, 1997) apesar de justificarem a existência de paralelismos, colocam também reservas que têm como uma das razões, os diferentes contextos em que estas formas de raciocínio se desenvolvem:

[...] embora se possa, por exemplo, traçar uma comparação entre a noção de “força” do senso comum e o conceito histórico de “ímpetus” não se deve tomar esse paralelismo num sentido estrito, sendo uma das razões o fato de que existiam diferentes tipos de “ímpetus”, que por sua vez se referiam a distinções aristotélicas entre movimentos naturais e violentos, conceitos que de forma alguma fundamentam o senso comum atual. (SATIEL; VIENNOT, 1985 *apud* DION, 1997, p. 49-50).

Assim, estamos de acordo com o pensamento de Dion (1997) quando ele nos mostra que pensar na possibilidade de identificação entre pensamento histórico e ideias do senso comum atual, significa considerar as concepções e suas dificuldades como elementos de ligação no sentido de facilitar a comunicação, o diálogo entre leitor e texto, visando a tomada de consciência do sujeito para suas formas de conceituar. Podemos considerar essa tomada da consciência como um dos elementos necessários para uma aprendizagem significativa, para uma transformação conceitual.

4.2 História da ciência e ensino de ciências: barreiras a serem superadas

Até aqui vimos que existe uma necessidade: a aproximação da história da ciência, e de elementos dessa história com o ensino de ciências. Também vimos que existem ações nacionais (BRASIL, 1999) e internacionais (AAAS, 1990; NCC, 1998; PLON, 1989) nesse sentido. Apresentamos ainda algumas possibilidades desse recurso de ensino na complementação do ensino de ciências. Mas como essa é uma questão que se desenvolve há anos, ainda faltam muitas dificuldades a serem superadas para se chegar a um ponto ótimo para um desempenho efetivo de recurso de ensino. Para Martins (2006, p. 27), as principais barreiras são:

1. A carência de um número de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências; 2. A falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e 3. Equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação (Sigel 1979).

Em um contexto voltado à realidade da sala de aula, Teodoro e Nardi (2001) apontam uma falta de consenso no que diz respeito à utilização da história da ciência no ensino, quando apresentam em seu artigo, além dos argumentos já apresentados por Martins (2006) – referentes à falta de material de qualidade que subsidie a ação docente e a lacuna na formação do professor –, um argumento que podemos entender como uma quarta barreira: currículos inchados, que não poderiam incluir adequadamente discussões de questões históricas.

Para Peduzzi (2001) é justamente a pouca presença da história da ciência nos manuais escolares – e o seu uso distorcido no sentido de promover uma reconstrução de ideias que parecem fluir naturalmente em direção a teorias atualmente aceitas – que tende a apresentar as teorias atuais como resultado de um processo de gestação, no qual os cientistas do passado operavam sobre um embrião que o presente transformou em rebento (BIZZO, 1992 *apud* PEDUZZI, 2001), o que se configura como outro problema, uma vez que desse modo tornam-se despercebidas (ou invisíveis) para o estudante as grandes rupturas (revoluções científicas, nos termos de Kuhn, 2005) no conhecimento científico.

O autor justifica-se na eficácia operacional de estratégias pedagógicas que não fazem uso da história da ciência, ou até mesmo que propositalmente a deformam para cumprir com celeridade o objetivo fundamental da educação científica, que é de incluir no estudante o paradigma vigente.

A respeito das barreiras apresentadas anteriormente por Martins (2006), vemos que com relação à primeira – a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências – o autor minimiza o problema, deixando a solução a cargo do tempo, acreditando que acontecerá aqui no Brasil o mesmo que ocorreu em outras partes do mundo.

Essa aparente minimização não é compartilhada por Araújo e Vianna (2008). Em seu artigo os autores apresentam dados de pesquisa referentes à carência de professores de Física no Brasil e a seus baixos salários. Em dado momento do trabalho os pesquisadores alertam para o fato de que nos últimos 15 anos foram formados apenas 25% da demanda estimada para 2002.

Gobara e Garcia (2007), apontam que a existência de 100 cursos de licenciatura que possam oferecer 40 vagas semestrais e consigam aprovar 50% permitirá, em 5 anos, alcançar a demanda [...] de 23.514 professores de Física para o ensino médio e de 95.152 professores de ciências para o ensino fundamental [...] que, segundo os autores, está diminuindo junto com a redução de matrículas no ensino médio (INEP, 2007, p. 6). (ARAÚJO; VIANNA, 2008, p. 4).

Para Araújo e Vianna (2008, p. 4), este raciocínio encontra-se distante do contexto atual porque:

- (i) apenas uma pequena parte dos professores de Física em exercício na Educação Básica têm licenciatura plena em Física;
- (ii) as aposentadorias irão reduzir o número de licenciados em Física atualmente em exercício, aumentando a demanda;
- (iii) os índices de vagas ociosas nos cursos de formação de professores são expressivos;
- (iv) o índice de evasão utilizado nas estimativas está abaixo dos 65% apresentados em 1997 (os dados do governo são muito antigos e pode haver uma diferença com o momento atual);

- (v) de acordo com as estimativas de Gobara e Garcia, seriam formados 4.000 licenciados em Física por ano, mas os dados do governam apontam para apenas 1.199 em 2005;
- (vi) apesar dos dados do Censo Escolar indicarem uma redução do número de matrícula no ensino médio, o Plano Nacional de Educação – PNE (BRASIL, 2001), pretende dobrá-lo em 10 anos (estimativas de PINTO, 2002);
- (vii) pressupõe que todos os licenciados em Física formados irão, necessariamente, atuar como professores da Educação Básica.

Segundo os autores, o último item da presente lista é crítico, uma vez que o Brasil formou, no período de 1990 a 2005, 13.504 licenciados em Física. Tem-se, portanto, uma média de 900 licenciados/ano. No ano de 2003, além dos professores formados no período anterior a 1990, haviam aproximadamente 11.7 mil licenciados em Física. Contudo, segundo os autores, nas salas de aulas, o MEC encontrou apenas 3.095 licenciados em Física, menos de 26% dos licenciados formados entre 1990 e 2003. Um grande percentual dos licenciados em Física, que poderiam contribuir para a redução do *déficit* de professores da educação básica, não está nas salas de aula da educação básica.

O que mais impressiona na pesquisa é a constatação de que o Brasil não formou, na década de 90, licenciados suficientes para suprir a demanda de 2002, e que para a Física, mesmo em 2010 não haverão licenciados formados suficiente para suprir a demanda.

Com relação à segunda barreira apresentada por Martins (2006) – a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) – encontramos em outro texto do próprio autor: *Como não escrever sobre história da Física: um Manifesto historiográfico* (2001), argumentos suficientes para entendermos como absolutamente pertinente a colocação da carência de material didático como barreira ao ensino de história da ciência. Para Martins (2001, p. 114):

[...] um historiador da ciência experiente percebe que algumas pessoas que se sentem no direito de escrever sobre história da Física são como crianças que brincam com as teclas de um piano, fingindo tocar música. Porém, no caso de uma criança isso pode ser aceitável (no piano dos outros) e até engraçadinho. No caso de um adulto, é ridículo e triste.

Em uma passagem do texto o autor imagina o seguinte diálogo entre leitor e autor: “Afinal, não basta saber Física para ser competente em história da Física? Não, meu amigo, infelizmente não basta.” (MARTINS, 2001, p.114)

Martins (2001) ressalta que no século XIX a história da ciência era escrita unicamente por cientistas com interesse histórico, sem nenhum treino especial. Agora, no século XXI, a situação é completamente diferente. Ao longo do século XX, através de um processo gradual de amadurecimento, de sofisticação, de críticas e contracríticas, a história da ciência deixou de ser uma atividade amadora (no mau sentido) e se tornou um trabalho

especializado.

Segundo o autor, somente uma pessoa com um conhecimento e treino adequado nas técnicas de trabalho de história da ciência deveria poder escrever sobre história da ciência. Não se deve interpretar, porém, conhecimento e treino adequado como título. Não está sendo defendida aqui uma posição corporativa. Não é necessário nem suficiente ter um título de mestrado ou de doutoramento obtido em uma pós-graduação específica de história da ciência para ser competente em história da Ciência.

O que o autor procura mostrar é que, de fato, devem existir alguns critérios para se produzir trabalhos de qualidade, e que tais critérios não são determinados somente pela titulação que um pesquisador deva ter.

Para Martins (2001), em todas as esferas, existem pessoas capacitadas a fazer esse tipo de pesquisa, e que as fazem com qualidade, no entanto, não possuem, por exemplo, um título de pós-graduação específico em história da ciência, na verdade não possuem muito mais que uma graduação, porém, se dedicam de tal forma à pesquisa que têm – dado o trabalho que realizam – respaldo frente à comunidade científica. Segundo o autor, “[...] um título não garante (infelizmente) a qualidade do trabalho de um pesquisador – nem em história da ciência, nem em qualquer outra área.” (MARTINS, 2001, p. 114).

Martins (2001, p. 114) faz a seguinte pergunta:

[...] por que apenas uma pessoa com um conhecimento e treino adequado nas técnicas de trabalho de história da ciência deveria poder escrever sobre história da ciência? A resposta é curta: “Para evitar a divulgação de erros a leitores incautos.” Existem erros na história da ciência?

Simulando novamente um diálogo, que em seguida responde:

Sim, existem muitos tipos de erros em artigos e livros sobre história da ciência. Mesmo o melhor historiador da ciência pode cometer erros, mas existem erros banais, primários, que podem ser evitados facilmente por quem adquire um treino mínimo em história da ciência. (MARTINS, 2001, p. 114).

Para Martins (2001, p. 114), “[...] um especialista é alguém que conhece alguns dos piores erros que podem ser feitos em seu campo, e sabe como evitá-los. (Werner Karl Heisenberg, *Physics and beyond*, citado em MCKAY & EBISON, *Scientific quotations*, p. 72).”

Em mais uma de suas argumentações sobre a história e o historiador da ciência, o autor afirma que quantidade de leitura não é o único critério importante, mas que a cabeça de quem lê (de quem quer fazer esse tipo de trabalho) é no mínimo tão importante quanto aquilo que está diante de seus olhos.

Ainda de acordo com Martins (2001), um bom livro de história da ciência, por exemplo, além de ser escrito por quem entende do assunto, deve ser o resultado de um trabalho de pesquisa, do estudo dos melhores estudos já feitos sobre o tema, e da leitura das obras originais (literatura primária) que estão sendo descritas. Segundo o autor, um bom texto sobre história da ciência, para poder ser utilizado na educação, deve ser escrito em linguagem adequada e simples, que procure explicar tudo claramente, sem pedantismos acadêmicos, mas sem tentar simplificar e transformar em “água com açúcar” a complexidade histórica real.

Entendemos que os argumentos apresentados por Martins (2001) são de certo modo pouco motivadores aos que estão iniciando suas carreiras do mundo acadêmico, no mundo da literatura, e mais precisamente àquele que se disporá a fazer uso da história da ciência. Porém, acreditamos, assim como este autor, que é permitido a qualquer um escrever sobre história da ciência, desde que haja grande dedicação, estudo, disposição para pesquisa, e responsabilidade para se escrever sobre o assunto.

Sobre os equívocos da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação, Martins (2006) apresenta alguns empecilhos que podem aparecer ao longo do processo de ensino de ciências: 1) a redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas; 2) concepções errôneas sobre o método científico; 3. uso de argumentos de autoridade.

Para Japiassú (1997) há, porém, nos dias de hoje, uma tendência de entender a história das ciências como um processo histórico, uma história das teorias e dos conceitos científicos, dos caminhos percorridos pelos cientistas, do êxito à hesitação. “[...] trata-se de um esforço para se esclarecer em que medidas as noções, as atitudes ou os métodos ultrapassados, foram, em sua época, um ultrapassamento.” (p. 28).

Portanto, entendemos que interrogar-se sobre o quê, na história das ciências, significa procurar determinar o seu objeto. Segundo o autor, esse objeto de uma disciplina ou da história disciplinar, por exemplo, pode ser definido tanto pela sua finalidade, pelo seu objetivo geral, quanto pelo seu conteúdo, mais precisamente pelo objetivo próprio desse conteúdo. Uma vez que considera que as duas posições estão relacionadas. Entende-se, dessa forma, que a epistemologia não pode deixar de interessar-se pela história das ciências, pois é ela quem vai possibilitar discernir a história dos conhecimentos científicos que já se encontram superados, e a dos que ainda permanecem atuais.

[...] é a epistemologia, enquanto teoria do fundamento da ciência, que faz com que o objeto da história da ciência não se identifique com o objeto da ciência. Também é ela que faz com que a história das ciências seja uma tomada de consciência explícita do fato de as ciências serem discursos

críticos e progressivos para a determinação daquilo que, na experiência, deve ser tido por real. É ainda ela que faz com que o objeto da história das ciências seja um objeto não dado, mas um objeto construído, um objeto cujo inacabamento é essencial. Em suma, da história das ciências filosoficamente questionada, surge uma filosofia das ciências que outra coisa não é senão uma das modalidades de epistemologia geral, e que constitui uma de suas vias de acesso, próximas às que passam pela psicologia, pela sociologia e pela metodologia dos conhecimentos. (JAPIASSÚ, 1997, p. 30).

Japiassú (1997) ainda solicita que recoloquemos a questão: *qual o objeto da história das ciências?* E em seguida, responde que, evidentemente, não é “a ciência” – uma vez que para o autor (assim como para o entendimento desse trabalho) não existe uma ciência única e idêntica, a propósito da qual poderíamos formular teorias definitivas. Dessa forma, entendemos que o que existe é um conjunto de disciplinas especializadas, cada uma possuindo seus caracteres próprios e graus desiguais de desenvolvimento. Só arbitrariamente podemos agrupá-las num conjunto unitário. A ideia expressa pelo autor é que cada uma dessas “ciências” fornece um aspecto do real.

Conforme explica Japiassú (1997, p. 32) “[...] se não é de ‘a ciência’ que se deve fazer história, então de que ela é feita? Eis uma questão bastante embaraçosa. Como tal, não admite resposta imediata.”

4.3 Uma história bem original

As questões pertinentes ao ensino da história da ciência são, de fato, bastante abrangentes, de difícil assimilação, uma vez que temos definições diferentes para cada abordagem do conceito de história, e do conceito de ciência, por isso sugerimos o trabalho com os originais uma vez que com estes, temos acesso – sem adaptações nem formatações comerciais (como as de alguns livros didáticos) – aos conceitos da forma como foram propostos inicialmente pelos cientistas; também temos acesso à lógica de argumentação daqueles autores frente a dado problema, bem como, em alguns casos, temos acesso aos procedimentos experimentais que, dependendo da complexidade do experimento, temos até alguma chance de reproduzi-los tais como foram propostos.

Um texto original está conectado intrinsecamente ao seu contexto histórico, por vezes ressaltando a atuação do autor, que é o primeiro a interpretar o que observa. O assunto ainda não está logicamente definido, cognitivamente consolidado. Dessa forma, os autores acabam se expondo, uma vez que detalhes não podem ser omitidos e simplificações não são permitidas. Na maioria das vezes, a linguagem presente nesses

textos expressa coisas novas e mostra o esforço da inovação.

Em todo caso, devemos levar em consideração que, por mais original que seja a manifestação de uma ideia, por mais inovadora que seja a obra, esta não está livre das influências do período em que fora concebida, nem dos próprios preconceitos de seus autores.

Khun (2003) nos mostra que um historiador, por não considerar o contexto do um período histórico em análise como um todo e por não refletir epistemologicamente sobre esse período, acaba encontrando passagens que parecem não lhe fazer qualquer sentido. Dessa forma, “[...] tem sido a norma ignorar tais passagens ou descartá-las como produtos de erro, ignorância ou superstição.” (p. 78). Embora para o autor essa resposta “[...] seja, por vezes, apropriada” (p. 78), ele ainda ressalta que essas anomalias textuais aparentes são artefatos, produtos, de uma leitura errônea. Daí a importância de tomarmos cuidados com as nuances de uma abordagem que envolva contextos históricos sem o viés epistemológico cabível.

Entendemos, a partir da leitura de Khun (2003), que o historiador entendia as palavras e expressões no texto como o faria se tivessem ocorrido num discurso contemporâneo e que a maioria dos termos no vocabulário do historiador é usada como o era pelo autor do texto, porém alguns conjuntos de termos inter-relacionados não o são, e é a falha em isolar esses termos, de descobrir como eram usados, que fez tais passagens parecerem anômalas.

Em *A função do dogma na investigação científica*, Thomas Kuhn (1974) nos diz que: as coleções de “textos originais” exercem um papel limitado na educação *científica*. Para o autor,

[...] o estudante de ciência não é encorajado a ler os clássicos da história do seu campo – obras onde poderia encontrar outras maneiras de olhar as questões discutidas nos textos, mas onde também poderia encontrar problemas, conceitos e soluções padronizadas que a sua profissão a muito pôs de lado e substituiu. (KUHN, 1974, p. 57).

Nesse momento, o autor faz referência a Whitehead, como um contraponto entre os cuidados que devemos ter com essas leituras e a importância que devemos dar a elas, transcrevendo o seguinte: “Uma ciência que hesita em esquecer os seus fundadores está perdida.” (WHITEHEAD, 1951 *apud* KUHN, 1974, p. 57).

Dessa forma, com os trechos de textos originais sugeridos procuraremos ressaltar que o estudo adequado de alguns episódios históricos, a partir da análise dos originais, também permite compreender que a ciência não deve ser entendida com o resultado exclusivo da aplicação de um “método científico” que permita chegar à verdade.

Em alguns momentos, a utilização de originais ainda pode sobrepor a utilização de livros didáticos considerados obsoletos, e aproximar o aluno do verdadeiro trabalho de produção científica, sem transposições. O estudo histórico, a partir dos originais, que revele o modo como o cientista realmente desenvolveu sua pesquisa, pode ensinar mais sobre o real processo científico, tanto de um cientista, como de sua época, do que muitos manuais de metodologia científica ou de relatos transpostos didaticamente na história contemporânea.

Diante de algumas desvantagens na utilização de livros didáticos que podem levar seus leitores, em alguns momentos, a uma análise histórica simplista e desconexa do contexto dos conteúdos de aprendizagem presentes nos livros atuais, nos deparamos com os estudos de Dion (1997) que apresenta, em sua tese, as seguintes possibilidades para a utilização dos originais, tanto como alternativa, quanto como recurso ao ensino de ciências:

- (a) conhecer/discutir os processos da ciência, pois é possível entender como os cientistas trabalham, como um novo conhecimento é obtido, que critérios utilizam para formular um conceito, o papel dos experimentos científicos, pensar sobre a ciência e não apenas em Física, Química, Biologia, entre outros, de forma desconexa, como processos distintos;
- (b) aprofundar significados de conceitos, uma vez que em alguns casos, ao trabalhar com os originais, o aluno tem contato direto com as ideias que deram origem aos conceitos, uma vez que o fundamento de muitas teorias e questionamentos da Física, por exemplo, tem origem nas ideias e não em fórmulas. Em Física, primeiramente, nos deparamos com os fenômenos, com os fatos, com as cenas, com as ideias, com as imagens, depois transformamos isso em números, linguagem matemática, legendas;
- (c) discutir questões de linguagem e interpretação:

[...] em nossa concepção documentos originais se colocam como instrumento útil para apreciação de questões de linguagem e interpretação; mais que isso, via questões de linguagem, podem ser tratados aspectos relativos ao contexto intelectual por trás da elaboração de um determinado conceito. (DION, 1997, p. 42).

- (d) identificar obstáculos epistemológicos:

[...] em nossa concepção, as próprias características do texto original, ao conter as primeiras concepções, as ideias que estiveram na base da formulação dos conceitos, parecem fazer dele um instrumento adequado não apenas para identificação de barreiras, mas para a exploração dos obstáculos, no sentido de tomada de consciência e compreensão, em situações de ensino-aprendizagem. (DION, 1997, p. 47).

Cada um de nós que nos deparamos, por opção, com as ciências, sabemos que o ensino de Física, por exemplo, nos permite não só uma compreensão científica da natureza, mas também uma visão mais poética da vida, além de desenvolver nos alunos – caso eles estejam dispostos – o interesse de ver essa vida por vários ângulos, com várias lentes, com as várias lentes da ciência, por exemplo, podendo, quem sabe, fazer com que se descubra mais, aprenda-se mais, proponham-se cada vez mais soluções inteligentes, para que possamos passar mais tempo a contemplar poeticamente a vida.

Se entendermos que levar trechos de textos científicos originais na forma de organizadores prévios para sala de aula, e trabalhar com esses textos de forma coerente, próximo da natureza do próprio texto e da realidade do próprio aluno, levando em consideração o cuidado em analisar tais obras com todas as lentes que dispomos para enxergar o paradigma antecedente, estaremos de fato, mais próximos de uma abordagem efetiva para o ensino de ciência, e porque não, para um primeiro passo rumo a um despertar historiográfico nos alunos.

Dessa forma, vemos que trabalhar com trechos de textos científicos originais adotados como organizador prévio é, de certo modo, levar “uma parte” da história da ciência para a sala de aula, sem que seja necessário fazer, como sugere Martins (2001), uma história historiográfica da ciência.

Durante os estudos com os textos originais é provável que surjam questionamentos, e se estes se manifestarem, ótimo! Pois neste momento poderemos, quem sabe, atuar um pouco menos como professores que dão ênfase a conteúdos curriculares da rede de ensino, e um pouco mais como professores mais abertos a questões epistemológicas.

No fim, ao utilizarmos elementos da história da ciência (dispostos nos fragmentos de textos originais, como veremos adiante), estaremos mais próximos do “fazer” uma história da ciência, pois no momento em que dermos aos alunos a possibilidade de compreender significativamente os conceitos presentes nos episódios históricos analisados, bem como fornecermos um ambiente em que esse aluno encontre condições de posicionar-se, de forma autônoma e crítica frente às temáticas analisadas, imprimindo em tal análise um viés epistemológico, não estaremos apresentando uma história da ciência feita por outros, mas dando condições de que esse aluno faça a sua própria história.

5 CONTEXTO E APLICAÇÃO DO ORGANIZADOR PRÉVIO

5.1 Identificação do conhecimento prévio

Com o objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes, desenvolvemos a seguinte estratégia: em um momento especial na escola – simulação de provas de vestibular, conhecido como simulado – foi entregue aos alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola particular de Brasília-DF, uma proposta de elaboração de um texto descritivo (redação) de caráter não obrigatório.

A redação solicitada teve o intuito de atuar como elemento identificador dos conhecimentos prévios dos alunos, uma vez que optamos nesse primeiro momento pela não elaboração de um questionário, dado a própria natureza do trabalho no que diz respeito ao contexto de aplicação e ao momento em que se encontrava o grupo de estudantes pesquisados.

A não obrigatoriedade da proposta de redação também teve como objetivo verificar a disposição do aluno em aprender significativamente e em interagir com o conteúdo sugerido, entendendo que uma vez significativo, haverá interação. Também foi objetivo da proposta de redação deixar o aluno à vontade para se relacionar com o material proposto e expressar, a sua maneira, uma sequência de conteúdos correlatos ao tema.

O tema sugerido para a redação foi o seguinte:

Como veríamos o mundo se estivéssemos na crista de uma onda eletromagnética (luz), viajando a 300 milhões m/s.

A proposta apresentou como caráter motivador um trecho do texto: *1905: um ano miraculoso* – um fragmento de um artigo que apresenta os trabalhos revolucionários de Einstein que estavam (na época) completando 100 anos, foi extraído da revista *Ciência Hoje*, nº 212, jan./fev. 2005, e escrito por Ildeu de Castro Moreira – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

A proposta contou ainda com informações relevantes como, por exemplo, os postulados da teoria da relatividade, que tem como objetivo fornecer ao aluno condição de imaginar, segundo seus próprios critérios, dentro dos limites da teoria e a partir da situação proposta, como seria o mundo visto por um observador que viaja a velocidade da luz.

Uma vez que teve como finalidade a identificação dos conhecimentos prévios, a redação não foi corrigida em conformidade com critérios exclusivos da norma culta, pois se

tratava apenas de um elemento de verificação dos conceitos apresentados nos textos dos alunos. Os conceitos foram selecionados e classificados segundo os seguintes critérios:

- a) relevância com o tema proposto;
- b) ordem de generalidade e inclusividade;
- c) atributos essenciais comuns;
- d) relação dos conceitos apresentados com outras áreas do conhecimento.

Uma vez feita a classificação e o agrupamento conceitual para cada aluno, o próximo passo dado foi com relação à apresentação do organizador prévio, que ocorreu na semana seguinte à redação. Nesse momento, os alunos receberam o organizador prévio e o professor fez uma breve apresentação da natureza do texto, ressaltando o fato deste conter trechos do texto original da obra de Einstein e de Einstein e Infeld. Os alunos trabalharam com o organizador prévio em um momento (uma aula) ao longo da semana. Para a aula seguinte, realizada três dias depois do trabalho com o organizador, foi solicitado ao aluno a elaboração de um novo texto, que passou pelo mesmo critério de classificação e agrupamento conceitual do primeiro texto (redação).

No outro encontro, dois dias após a solicitação da segunda redação, foi dada uma aula expositiva de 50 minutos sobre o assunto abordado nos textos. Todas as etapas dessa aula foram apresentadas aos alunos: objetivo da aula, conteúdos trabalhados, relação da aula com o organizador (texto) e o material de aprendizagem (livro texto utilizado pelos alunos ao longo do ano), bem como metodologia e referencial bibliográfico.

Em outra aula, três dias após a aula expositiva, foi aplicado um bloco de questões dissertativas, estruturadas como uma tarefa de aprendizagem. O mesmo critério de agrupamento de conceitos apresentados anteriormente foi utilizado para classificação dos conceitos apresentados pelos alunos.

Após o ciclo apresentado: 1) primeira redação; 2) apresentação e leitura do organizador e segunda redação; 3) aula expositiva; 4) bloco de questões dissertativas. Com o material completo em mãos, fizemos o agrupamento e classificação conceitual conforme critérios já estabelecidos nesse trabalho. Os conceitos identificados foram comparados etapa por etapa com a finalidade de verificar as possíveis evoluções e aquisições conceituais por parte dos alunos.

5.2 Organizador prévio desenvolvido a partir de trechos de textos originais

O organizador prévio apresentado a seguir (Anexo A), foi desenvolvido – no sentido de ser exposto por escrito em detalhes, de acordo com uma ordenação lógica – a partir de trechos de textos originais da obra de Einstein (*Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento*), e de Einstein e Infeld (*A evolução da Física*), com a finalidade de apresentar inicialmente os postulados da teoria da relatividade, a noção de referencial relativístico, a aplicação das transformações de Lorentz na teoria, a noção de tempo e espaço relativístico, e os fenômenos da dilatação do tempo e contração do espaço.

O organizador foi fornecido aos alunos que, por sua vez, receberam o texto inicialmente sem maiores detalhes a respeito do conteúdo em si e das respectivas tarefas de aprendizagem. Esse momento foi dedicado à interação do aluno com o texto (organizador). O professor fez uma breve apresentação da natureza do texto, como dito anteriormente, apenas ressaltando o fato de que o material continha alguns trechos dos textos originais de Einstein, e em seguida realizou a leitura desse texto com os alunos.

O trabalho programado para três aulas foi constituído pela leitura do organizador prévio na primeira aula, na qual foi solicitado que os alunos elaborassem um segundo texto (redação para ser feita em casa). No segundo encontro foi dada uma aula expositiva e na terceira aula foi solicitado aos alunos que resolvessem um bloco de questões dissertativas.

O organizador foi elaborado segundo critérios definidos pela teoria da aprendizagem significativa e outros desenvolvidos por essa pesquisa no intuito de adequar os trechos de textos originais à estrutura do organizador. Para tanto consideramos necessário a essa estruturação os seguintes estágios:

- a) levantamento dos conceitos prévios dos estudantes com base em pré-teste (no caso em questão, o instrumento utilizado foi a redação);
- b) determinação da natureza do organizador com base no conteúdo proposto (foi utilizado um organizador expositivo, cuja característica fora definida em capítulo precedente);
- c) linguagem predominantemente próxima daquela compartilhada em sala de aula, nas conversas com alunos, ou verificadas em livros didáticos de ensino médio;
- d) parágrafos não muito longos, exceto nos trechos dos textos originais;
- e) estrutura orientada em sequência alternada de contextualização e introdução aos trechos de textos originais, seguida da apresentação dos próprios trechos

originais e por fim, uma disposição objetiva do que será visto no material de aprendizagem e um exemplo ou referência cotidiana do tema abordado;

f) em conformidade com a idade, nível de escolaridade, compromisso e competência dos estudantes.

Após a aula (leitura do organizador), foi solicitado aos alunos que escrevessem o novo texto que teve como proposta o mesmo tema da primeira redação, uma vez que estávamos a fim de verificar indicadores de possíveis evoluções conceituais após a leitura do organizador.

5.3 A aula expositiva

A aula expositiva foi realizada no horário normal de aula, no turno diurno, e teve duração de 50 minutos. Inicialmente foram apresentadas aos alunos as etapas constituintes daquela aula, descritas nos tópicos seguintes.

No início da aula os alunos se mostram pouco interessados, o contexto histórico foi ganhando dimensão, quando entramos mais especificamente nas questões conflitantes da teoria eletromagnética, as inconsistências nessa teoria foram ganhando destaque, e esse fato pareceu suscitar nos alunos alguma reação de desconforto, de inquietude, curiosidade. Em alguns foi possível perceber uma impressão no rosto do tipo: algo não faz sentido. Como Einstein resolveu esse problema?

O fato é que até o início dessa aula os alunos traziam seus conhecimentos prévios, suas próprias idéias sobre Einstein e a teoria da relatividade. Provavelmente alguns ainda traziam a imagem do cientista caricato de cabelos despenteados e língua de fora.

Até aquele ponto, com relação aos recursos didáticos referentes à teoria da relatividade os alunos haviam tido contato apenas com o organizador prévio, com algumas intervenções e com os comentários feitos pelo professor durante a leitura do organizador.

Embora a maioria dos alunos ainda não tivessem se manifestado no início da aula, alguns chegaram a perguntar como foi que se concluiu que uma régua diminuiria seu tamanho ou um relógio poderia retardar seu ritmo sem que houvesse problemas na bateria, fazendo alusão ao texto do organizador prévio.

As respostas apareceram ao longo da aula, para alguns resultou em um esclarecimento a contento de algumas dúvidas, para outros, provavelmente para aqueles que pareciam dominar pouco a matemática, pareceu causar ainda mais estranheza.

O fato é que para a maioria dos alunos, conclusões decorrentes das transformações de Lorentz, pareceram reforçar a questão do “cientificamente comprovado”.

É provável que os comentários finais da aula relacionados às aplicações da teoria da relatividade, como o uso do GPS tenham reforçado ainda mais essa idéia, porém é difícil conduzir uma aula desvinculada dos materiais didáticos aos quais os alunos têm acesso.

Fugir da linguagem proposta por esses materiais é deixar o aluno desamparado na hora de estudar sozinho, uma vez que não encontrando conexão entre o que foi dito em sala e o que está no livro, dificulta, segundo relato de muitos alunos, o estudo.

Os alunos parecem, de modo geral, dependentes do material didático e qualquer coisa que fuja da ordem e da metodologia empregada por esses materiais parece causar estranheza nos alunos, daí a dificuldade de realizar um trabalho diferente em sala de aula e a necessidade de, às vezes, ter que adaptarmos esse trabalho a rotina do aluno.

1. Objetivos da aula

A aula ocorreu no ambiente de sala de aula, de forma expositiva e contou com os seguintes recursos: quadro branco e pincel. Foi dado destaque ao título da aula escrito no quadro e logo abaixo foram descritos os objetivos específicos da seguinte forma: ao final desta aula você (aluno) deverá ser capaz de:

- a) contextualizar o desenvolvimento da Física no o final do século XIX;
- b) compreender os postulados da relatividade de Einstein;
- c) identificar as inconsistências dos princípios da relatividade galileana diante do que foi proposto por Einstein;
- d) identificar as modificações na relatividade galileana e rescrever as Transformações de Lorentz;
- e) compreender as consequências decorrentes dessas transformações, como por exemplo, dilatação do tempo e contração do espaço.

Assim, tivemos no desenvolvimento da aula os seguintes momentos: uma contextualização histórica da Física no início do final do século XIX, uma apresentação dos postulados da Teoria da Relatividade, um breve desenvolvimento teórico do assunto, a análise do fator de Lorentz (conseqüência do desenvolvimento matemático de suas transformações), discussão das consequências decorrentes da Teoria da Relatividade: dilatação do tempo e contração do espaço.

2. Introdução

A aula propriamente dita (exposição do assunto) teve início com a seguinte pergunta: Quais os fatores que levaram Einstein a refletir e propor a sua Teoria da Relatividade? – nesse momento procuramos questionar um pouco sobre a natureza do trabalho científico no final do século XIX, buscando desmistificar o método científico e o trabalho do cientista. A introdução teve como objetivo mostrar que a ciência não se faz por lampejos, por ideias de momento, não se dá de forma isolada, que faz parte de um desenvolvimento histórico, de um trabalho contínuo de um cientista ou grupo de cientista e não pela simples queda de uma maçã, por exemplo.

3. Pontos relevantes destacados

Os pontos destacados foram: dilatação do tempo, contração do espaço e o fator de Lorentz. Entendemos que esses pontos são relevantes e merecem destaque em nossa aula uma vez que os conceitos referentes a esses itens são essenciais para as pretensões desse trabalho, pois será a partir da identificação desses conceitos que poderemos identificar se houve ou não uma aquisição por rearranjo ou diferenciação de conceitos por parte dos alunos. Durante a aula, esses pontos foram apresentados e destacados da seguinte maneira:

i) Dilatação do tempo

A relatividade do tempo.

Constataremos que o intervalo de tempo decorrido entre dois eventos, isto é, entre dois acontecimentos, depende do referencial que observa esses eventos.

Para isso, considere um vagão em movimento retilíneo e uniforme, como velocidade v em relação ao solo. Um espelho plano colado no teto do vagão e uma lanterna está colocada em seu piso, a uma distância d do espelho.

A lanterna emite do piso um pulso de luz que vai até o espelho no teto e retorna à lanterna. Vamos definir dois eventos:

- **Primeiro evento:** a lanterna emitindo o pulso de luz;
- **Segundo evento:** o pulso de luz chegando de volta à lanterna;

Vamos analisar o intervalo de tempo, decorrido entre esses dois eventos, em relação a dois referenciais assim definidos:

- **R'**: referencial em repouso **em relação ao local onde ocorreram os eventos**. Para esse referencial, o intervalo de tempo entre os eventos será representado por $\Delta t'$;
- **R**: referencial em movimento **em relação ao local onde ocorreram os eventos**. Para esse referencial, o intervalo de tempo entre os eventos será representado por Δt ;

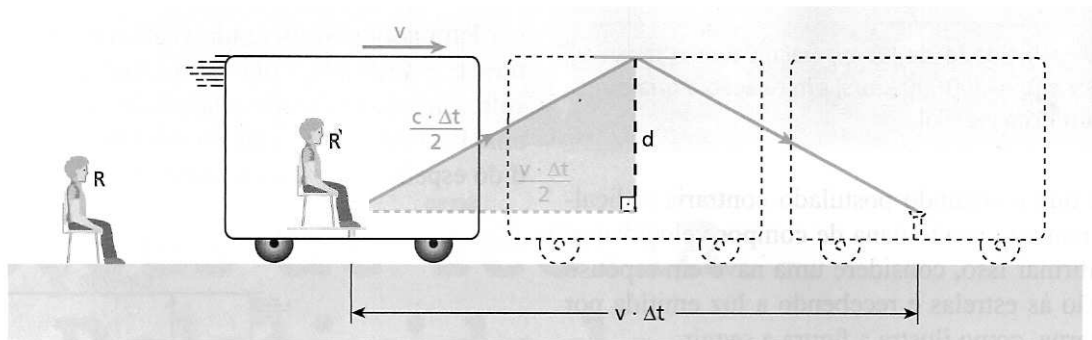
Observe que, na situação representada na figura abaixo, **R'** é um referencial no vagão e **R** é um referencial no solo.

Do ponto de vista do referencial **R'**, a luz faz o trajeto indicado naquela figura, propagando-se com velocidade **c** e percorrendo a distância **2d** durante o intervalo de tempo $\Delta t'$.

Então, lembrando que velocidade é definida como sendo a uma variação do espaço em um dado intervalo de tempo ($V = \Delta s / \Delta t$), em relação a **R'** podemos escrever:

$$c = 2d / \Delta t' \rightarrow \Delta t' = 2d / c$$

Vejamos, agora, como foi o trajeto da luz, entre os dois eventos citados, em relação ao referencial **R**, estacionário no solo (mas em movimento em relação ao local do eventos):



Do ponto de vista de **R**, nesse trajeto, a luz, também com velocidade **c** (não depende do referencial), percorreu durante um intervalo de tempo Δt a distância **c . Δt** ($\Delta s = v . \Delta t = c . \Delta t$): **c . Δt/2** na ida e **c . Δt/2** na volta. Enquanto isso, **R** viu o vagão, com velocidade **v**, se deslocar **v . Δt**.

No triângulo retângulo destacado na figura acima, podemos usar o Teorema de Pitágoras:

$$(c . \Delta t / 2)^2 = d^2 + (v . \Delta t / 2)^2$$

Observando no desenvolvimento que $2d/c$ é Δt , temos finalmente que:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Como a expressão $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ é menor que 1, concluímos que Δt é **maior** que $\Delta t'$.

Note que isso tinha que acontecer, pois como a velocidade da luz é a mesma para os dois referenciais, o intervalo de tempo entre os dois eventos tem de ser maior para o referencial **R**, que vê a luz percorrer a maior distância.

Então, para um referencial **R**, que se move **em relação ao local onde ocorrem eventos**, o intervalo de tempo Δt entre os eventos é **maior** que o intervalo de tempo $\Delta t'$ medido pelo referencial **R'**, em repouso **em relação ao local dos eventos**. A isso dá o nome de **dilatação do tempo**.

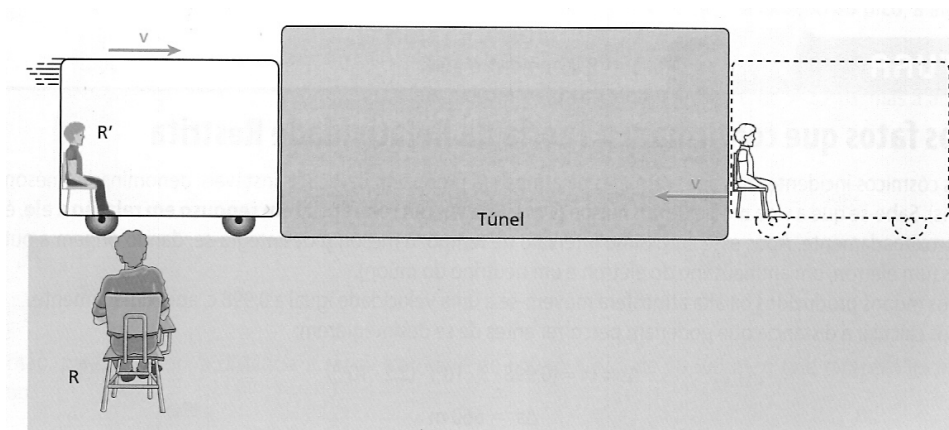
ii) Contração do espaço

A relatividade do comprimento.

Constataremos que o comprimento de um corpo depende do referencial em que é medido.

Para isso, considere o mesmo vagão do item anterior, nas mesmas condições lá estabelecidas.

Vamos supor que o vagão vai passar por um túnel, como ilustra a figura abaixo. Apesar da desproporcionalidade dessa figura, despreze o comprimento do vagão com relação ao túnel.



A medida do comprimento do túnel será analisada em relação a dois referenciais assim definidos:

- **R**: referencial em repouso **em relação ao corpo cujo comprimento será medido** (no caso, o corpo é o túnel). Para esse referencial, o comprimento do túnel é **L**;
- **R'**: referencial móvel **em relação ao corpo (túnel) cujo comprimento será medido**. Para esse referencial, o comprimento do túnel é **L'**.

Para o referencial **R**, o comprimento do túnel mede **L**. Então, enquanto o vagão passa completamente pelo túnel, esse referencial **R** o vê percorrer uma distância **L** durante um intervalo de tempo **Δt**, medido em um relógio em seu pulso. Assim, em relação a **R** podemos escrever:

$$V = L / \Delta t \rightarrow L = v \cdot \Delta t$$

Para o referencial **R'**, o túnel tem comprimento igual a **L'** e se move para a esquerda, com velocidade de módulo **V**.

Assim, **R'**, vê o túnel passar completamente por ele, percorrendo uma distância **L'** durante um intervalo de tempo **Δt'**, medido em um relógio em seu pulso. Então, em relação a **R'**, temos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Podemos escrever:

$$\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Substituindo **Δt'** na expressão de **L'** e considerando **v · Δt = L**, temos:

$$L' = L \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Como a expressão $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ é menor que **1**, concluímos que **L'** é **menor** que **L**.

Para um referencial **R**, que está em repouso em relação a um corpo, esse corpo tem comprimento **L**, e para um referencial **R'**, que se move em relação ao mesmo corpo, o comprimento desse corpo **L'**, sendo **L'** **menor** que **L**. A isso se dá o nome de **contração do**

comprimento.

É preciso destacar que essa contração só ocorre no sentido do movimento.

iii) Conclusão, discussão e considerações finais: aplicações da Teoria da Relatividade e relações cotidianas com a Teoria, uso do GPS (Sistema de Posicionamento Global)

Nesse tópico reforçamos as previsões da teoria da relatividade e os efeitos relativísticos decorrentes. Abordamos questões cotidianas, mais especificamente a necessidade de cálculos envolvendo o fator de Lorentz como fator de correção das coordenadas enviada por GPS.

5.4 Bloco de questões dissertativas

Embora Ausubel (1980) prefira claramente testes (no que diz respeito a análise de resultado) em detrimento de outro tipo de avaliação, como questões dissertativas, por exemplo, entendemos que, por alguns dos motivos citados anteriormente, como o fato de termos em mão uma turma com trinta alunos, e pela natureza da própria proposta desse trabalho de verificar a aquisição de conceitos por parte dos alunos, um bloco de questões dissertativas foi escolhido.

Ainda que prefira os testes, Ausubel aponta que:

Os exames de dissertação, apesar de suas muitas desvantagens, têm um lugar significativo no programa de avaliação escolar. São especialmente úteis (1) quando a evocação espontânea da informação e geração espontânea de hipóteses são aspectos importantes das competências que estão sendo medidas (por exemplo, formulação de hipóteses de diagnósticos, diagnóstico diferencial) e (2) em áreas de conhecimentos menos bem estabelecidas onde não há uma única resposta “correta”. Além disso, testam a capacidade do aluno para organizar idéias e apresentar evidência, para construir argumentos coerentes, para avaliar as idéias criticamente, e para se expressar de modo claro e convincente. (AUSUBEL, 1980, p.518)

Os exercícios que compõem o bloco de questões dissertativas apresentados a seguir fazem parte da gama de questões propostas em livros didáticos de ensino médio e de exames vestibulares, embora as questões apresentadas não tenham como finalidade

verificar o desempenho dos alunos como sugere a avaliação desses exames, e sim verificar os conceitos apresentados pelos alunos a partir da utilização de organizadores prévios elaborados com trechos de textos originais. Os exercícios fazem-se pertinentes, pois constituem parte das tarefas de aprendizagem com as quais os alunos se deparam no dia a dia da sala de aula, além de fazerem-se coerentes com o que é proposto por Ausubel (1980) uma vez esses testes buscam essa “evocação espontânea da informação” e a “geração espontânea de hipóteses”.

As questões aqui apresentadas estão dispostas em ordem conceitual aleatória, ou seja, não seguem a sequência do material didático do qual foram extraídos, nem a sequência de disposição conceitual do próprio organizador prévio.

1. Quais fenômenos físicos não são explicados pelas Leis de Newton?
2. Por que ainda usamos as Leis de Newton mesmo sabendo que elas não explicam todos os fenômenos?
3. Por que não sentimos nossa massa aumentar quando nos deslocamos de carro?
4. Considere-se dentro de um veículo, numa estrada reta, com a pavimentação lisa e em bom estado. Se a velocidade do veículo for constante, o motor silencioso e as janelas estiverem fechadas para não sentir o vento, você seria capaz de estimar a velocidade desse veículo de olhos fechados? Por quê?
5. Se um observador A nota que o relógio de outro observador B, em movimento retilíneo uniforme em relação a ele, movimenta-se em ritmo mais lento, podemos concluir que, para o observador B, o relógio de A caminha num ritmo mais rápido? Que argumento da Teoria da Relatividade Especial você usaria para resolver esta questão?
6. Uma espaçonave de ficção científica viaja com velocidade igual a 60% da velocidade da luz. Desprezando os tempos de aceleração e desaceleração da espaçonave durante uma viagem, de ida e volta, em um total de 8 anos, medidos por uma astronauta a bordo da nave, calcule o tempo decorrido para a gêmea da astronauta que permaneceu na terra.
7. Uma cosmonave, cujo comprimento próprio é de 100 m, move-se em MRU, relativamente a um sistema de referência S. Um observador em repouso em S, mede o comprimento desta nave na direção do movimento: ele é de 80 m. qual é a velocidade da cosmonave relativamente a S? Dado: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

As questões apresentadas aqui foram aplicadas em uma aula de 50 minutos. Aos estudantes não foi fornecido outro material que não as questões do bloco, não podendo, dessa forma, recorrer ao organizador prévio ou outro material didático.

Por fim, esse material foi analisado, conforme critérios previamente estabelecidos neste capítulo. Dessa forma, temos em mãos:

- 1) a primeira redação escrita sobre um conteúdo relativamente novo (inédito) para os alunos;
- 2) uma segunda redação escrita após o trabalho com o organizador prévio;
- 3) respostas ao bloco de questões dissertativas, dadas três dias após uma aula expositiva.

6 DADOS EVIDENCIADOS

Após o ciclo de trabalhos: 1) primeira redação; 2) apresentação e leitura do organizador, 2.1) solicitação da segunda redação; 3) aula expositiva; 4) bloco de questões dissertativas. Com o material completo em mãos, fizemos o agrupamento e classificação conceitual conforme critérios já estabelecidos nesse trabalho. Os conceitos identificados foram comparados etapa por etapa com a finalidade de identificar possível diferenciação e aquisição conceitual por parte dos alunos.

Os trabalhos de 12 alunos do 3^a ano do ensino médio, de uma escola particular de Brasília, foram selecionados de forma aleatória, analisados e, por fim, identificados por números e letras. Cada número representa um aluno, e as letras representam os (três) trabalhos apresentados por cada aluno, nos quais “a” indica a primeira redação, “b”, a segunda redação e “c”, o bloco de questões dissertativas. Assim, temos três identificações para cada aluno: 1a – para a primeira redação desse aluno; 1b – para a segunda; e 1c – para (as) respostas ao bloco de questões dissertativas. As identificações vão de 1a, 1b e 1c; 2a, 2b e 2c, e assim sucessivamente até 12a, 12b e 12c, perfazendo um total de trinta e seis identificações.

Analisaremos aqui os trabalhos dos tipos “a”, “b” e “c” respectivamente, destacando primeiramente somente os trabalhos que apresentaram o conceito de velocidade nas redações do tipo “a” (primeira redação) e, em seguida, nas redações do tipo “b” (segunda redação aplicada após o trabalho com o organizador prévio). Por fim, analisaremos os trabalhos do tipo “c”, observando o conceito de velocidade, sua possível diferenciação e sua possível relação com novos conceitos adquiridos, como forma de encerramento de nosso ciclo de verificação.

Optamos pelo conceito de velocidade, uma vez que este é definido com base em outros dois conceitos: espaço e tempo. Entendemos que esses conceitos são essenciais para a compreensão de questões pertinentes à teoria da relatividade, como a contração do espaço e a dilatação do tempo, por exemplo.

Dessa forma, o conceito de velocidade, quando relacionado com outros conceitos como espaço, tempo, por exemplo, pode nos apresentar indícios de uma relação favorável à possível discriminabilidade de ideias presentes na estrutura cognitiva, bem como uma maior disponibilidade de ideias de esteio, além de apresentar indícios da aquisição de conceitos por parte dos alunos, como supomos em nosso trabalho.

6.1 Análise dos trabalhos do tipo “a” (primeira redação)

Dos doze trabalhos do tipo “a” analisados, apenas aqueles cujos trechos estão adiante transcritos relacionaram o conceito de velocidade com outros conceitos, como referencial, espaço, tempo e energia.

Assim, o conceito de velocidade encontra-se presente apenas nos seguintes textos: 2a, 3a, 5a, 10a e 11a.

Em **2a** o conceito de velocidade é associado ao conceito de referencial e ao movimento relativo:

Como um exemplo temos um carro a 60 quilômetros por hora, para alguém que olha na terra o carro passando, apenas a velocidade do carro seria evidenciada, mas de uma onda com a velocidade da luz veriam um movimento mais estático. [...] perceberíamos também a velocidade da rotação da terra influenciando nos movimentos.

Em **3a** há o conceito de velocidade presente e associado ao conceito de energia e a uma noção de energia relativística por parte do estudante.

Noções básicas de física nos ensina que o raio de luz bate em um objeto (matéria) e é refratado para os olhos, com estudos, sabe-se que a velocidade da luz é de $3 \cdot 10^8$ m/s se viajarmos a mesma velocidade seríamos capaz de até desintegrarmos pelo espaço devido a tamanha energia destruindo as ligações moleculares no corpo. O mais provável que poderia ocorrer seria a pausa de imagem.

Em **5a** está presente o conceito de velocidade, associado ao conceito tempo:

Porém, se fosse possível atingir esta velocidade, que é constante (segundo postulado), a pessoa iria acelerar o seu metabolismo de tal forma que o tempo iria passar mais rápido para ela (viajante) do que para as pessoas que estão na velocidade da normal, assim, ela viria o mundo como se todos os seres estivessem praticamente parados e esta sentiria estar na velocidade normal, vendo todos como se fossem estátuas.

Em **10a** aparece o conceito de velocidade, seguido dos conceitos de referencial inercial e tempo.

[...] o trajeto feito pelo viajante seria a uma velocidade constante e sem um ponto fixo de chegada, pois a luz não requer meio propagação, tornando assim a viagem sem um tempo determinado. Porém o tempo é algo muito incerto principalmente em se tratando de altas velocidades como a da luz.

Em **11a** surge o conceito de velocidade relacionado à rapidez, uma vez que segundo o estudante veríamos o mundo de forma mais lenta, porém as relações entre espaço e

tempo não são claras, o que nos faz supor que os conceitos ainda não estão bem diferenciados ou integrados em sua estrutura cognitiva.

[...] na crista de uma onda eletromagnética o mundo seria visto de uma forma diferente e mais lenta, de um modo mais calmo, e mais observador. Veria quase tudo praticamente parado, como se fossem fotos, presenciaria cenas jamais imaginadas e outras sempre desejadas. Sempre viajando na mesma velocidade, nem aumentando, nem diminuindo nunca sendo visto por ninguém.

A partir dos trabalhos do tipo “a” apresentados, percebemos primeiramente que a maioria dos alunos fez uma dissertação, enquanto o solicitado na proposta de redação foi uma descrição. Em segundo lugar, grande parte dos alunos não observou o comando da redação, que pedia para considerar em sua resposta o texto de referência – relativo aos experimentos mentais feitos por Einstein - , pois responderam que o corpo humano não suportaria locomover-se à velocidade da luz.

Vimos também que dos doze trabalhos analisados apenas cinco apresentaram o conceito de velocidade relacionado a outros conceitos posteriormente importantes para a compreensão da teoria da relatividade.

Apesar das dificuldades acima narradas, verificamos a presença de conhecimentos prévios que remetem a conceitos relevantes, tais como espaço, tempo, velocidade e energia. A relevância desses conceitos reside no fato de estes poderem propiciar possíveis ancoragens de novos conceitos pertinentes à Teoria da Relatividade tais como os conceitos de simultaneidade, dilatação do espaço e contração do tempo.

6.2 Análise dos trabalhos do tipo “b” (segunda redação)

Ainda com o intuito de evidenciar uma possível aquisição de novos conceitos por parte dos alunos e uma maior diferenciação daqueles já existentes, observamos que nos trabalhos do **tipo b** (segunda redação) destacados abaixo, os estudantes que apresentaram o conceito de velocidade o relacionado a outros conceitos, além dos anteriores espaço e tempo, como aceleração e energia, por exemplo, também fizeram menções sobre os efeitos relativísticos decorrentes das transformações de Lorentz. Observamos tal fato nos trabalhos: 2b, 3b, 4b, 5b, 6b, 7b, 8b, 9b, 10b, 11b e 12b, cujos trechos são apresentados a seguir.

Em **2b** estão presentes os conceitos de velocidade, contração do espaço e dilatação

do tempo. O conceito de velocidade aparece relacionado ao conceito “trajetória”. Em seguida, surgem elementos no texto relacionados à diminuição do comprimento (espaço) e passagem do tempo (tempo). Dessa forma, podemos supor em nossas considerações que o conceito de velocidade já apresenta uma maior diferenciação se comparado com os trabalhos do **tipo a**, uma vez que traz consigo relações mais explícitas com os conceitos de espaço e tempo.

[...] uma velocidade tão grande que no nosso dia a dia não conseguimos visualizar sua trajetória chegando ao nosso olho (apenas vemos seus raios depois de serem refletidos em forma de cores que permitem enxergar tudo). [...] Meu comprimento iria diminuir até praticamente o nada e o meu tempo seria diferente, passaria bem mais devagar. Ninguém poderia me ver devido à alta velocidade e provavelmente eu não poderia ver ninguém. As únicas coisas que eu poderia ver seriam aquelas que estivessem a uma velocidade que se aproximasse da minha, ou seja, partículas, elétrons que estariam em uma dimensão maior do que a que estamos acostumados.

Em **3b** temos os conceitos de resistência do ar, processos de eletrização, carga elétrica, trabalho, energia cinética, temperatura, bem como noções contração do espaço e de energia relativística presentes, porém, apresentados de forma não muito clara.

Pode vir a ocorrer a teoria de Lorentz, meu corpo chega a encolher na largura, mas se manter no comprimento quando chegar a uma (v) – velocidade qualquer – significativa a (c) – velocidade da luz – [...], No caso de estar no planeta Terra, dentro de sua atmosfera, obtendo a resistência do ar. Com o tempo em que vou adquirindo (c) meu corpo passa a ter muito contato com o ar sendo muito eletrizado (eletrização por atrito), logo poderia atrair íons da atmosfera, mas não vem ao caso [...], com o aumento da energia cinética tem um aumento da temperatura, assim as moléculas do meu corpo teriam uma energia enorme; assim meu corpo se desintegraria no, “espaço” dentro da terra, e minhas moléculas seguiriam juntas em um sentido.

Em **4b** também podemos considerar a apropriação do conceito de velocidade, uma vez que existe uma relação entre velocidade e tempo, porém o conceito não se apresenta de forma clara. Outros conceitos, no entanto, passam a fazer parte do contexto da redação, são eles: noções de dilatação do tempo, massa relativística e energia.

Caso fosse possível viajar à velocidade da luz, provavelmente nos converteríamos na própria luz, ou até mesmo aumentaríamos nossa massa infinitamente, o que formaria um buraco negro [...], perceberíamos visualmente as distorções na imagem das coisas a nossa volta e as variações de cor, levando em consideração diferentes frequências captadas por nossos olhos. Também poderia ocorrer de não enxergarmos absolutamente nada [...], ou até mesmo enxergarmos tudo parado, já que o tempo não existiria mais a tal velocidade.

Em **5b** o conceito de velocidade encontra-se relacionado ao conceito de tempo e às

conseqüências da teoria da relatividade como dilatação do tempo e contração do espaço. Nesse trabalho, percebemos uma boa relação entre os conceitos evidenciados.

Seguindo esta teoria ao acelerarmos um corpo ao ponto de atingirmos 80% da velocidade da luz começaria a ter alterações físicas (o corpo acelerado irá diminuir em relação ao sentido que esta a velocidade) e temporais (o tempo seguirá os padrões da transformação de Lorentz; logo, quanto mais próximo da velocidade da luz, mais lento será o tempo cronológico para o corpo que está viajando).

Em **6b** o conceito velocidade, que não foi mencionado em **6a**, já aparece relacionado aos termos espaço e tempo, assim, podemos supor que há indícios de formação do conceito ou de uma relação desse com questões pertinentes à Teoria da Relatividade.

Se já não bastasse a teoria de que o homem poderia chegar um dia a velocidade da luz acredita-se que o tempo se estagnaria para o indivíduo [...]. Isto provocaria uma abertura no tempo e espaço fazendo que teoricamente o indivíduo poderia viajar ao futuro sem envelhecer. Acreditasse que não há a possibilidade de existir matéria estando na velocidade da luz. O corpo vai diminuindo progressivamente de acordo com a velocidade até que se transformasse em pulso eletromagnético ou simplesmente luz.

Em **7b** o conceito de velocidade aparece mais diferenciado, pois é acrescido de outros conceitos essenciais à sua definição como, por exemplo, o tempo. Outros termos aparecem relacionados a o conceito de velocidade, como o termo aceleração, por exemplo.

Acredito que, em primeiro lugar, a noção de tempo/ espaço seria totalmente diferente e variável, como propôs Einstein em sua famosa teoria, o que seria o meu tempo, não necessariamente e pouco provavelmente seria o mesmo para outras pessoas, porque estas não estariam no mesmo espaço físico do que eu – na crista da mesma onda eletromagnética, logo eu estaria vivendo em um tempo diferente. E já que estaríamos a uma velocidade muito mais acelerada do que a da Terra [...].

Em **8b** temos presente o conceito de velocidade. O conceito em questão também aparece de forma mais diferenciada, seguido de questões pertinentes à teoria da relatividade, como dilatação do tempo e contração do espaço.

Considerando que um corpo tenha resistência suficiente para atingir a velocidade da luz e continuar existindo podemos descrever como seria sua visão de tempo, espaço e do mundo: por estar a uma velocidade tão grande, o tempo em seu SC (sistema de coordenadas) será divergente do tempo de um determinado observador [...] o corpo em movimento tornar-se devido à sua velocidade, um espectro de luz, rápido o suficiente para tornar-se “invisível”.

Em **9b** o conceito de velocidade vem seguido do conceito de tempo, referencial e de questões pertinentes à teoria da relatividade como as já citadas, dilatação do tempo e

contração do espaço. Dessa forma, podemos dizer que o conceito de velocidade se apresenta com maior diferenciação, porém ainda pouco relacionada com outros elementos presentes na Teoria da Relatividade.

Ao viajarmos na velocidade da luz vamos aos poucos sendo reduzidos a “nada” mas é difícil compreendermos como uma “nada” enxergando alguma coisa, mas quando algo se movimenta a velocidade da luz, supõe-se que esse algo enxerga ondas eletromagnéticas [...]. Ao viajar na velocidade da luz, o tempo para quem está viajando nela, continua a passar normalmente como se esse ser humano estivesse na Terra, mas ao voltar para o planeta, as pessoas estariam muito mais velhas [...].

Em **10b** o conceito de velocidade é relacionado com o de tempo e com o conceito de referencial, questões relacionadas às transformações de Lorentz. Algumas questões sobre efeitos relativísticos aparecem, mas ainda não podem ser considerados como conceitos assimilados.

[...] primeiramente não é muito conveniente pensar em viajar em uma onda eletromagnética na velocidade de 299.792.458 m/s, mas o ponto de partida é avaliar o tempo, se consideramos o tempo como variável e não como uma constante absoluta. Há de se pensar que a essa velocidade o tempo passará de formas diferentes, se considerarmos dois referenciais, um dentro da onda e outro fora, provavelmente e de acordo com a física moderna, uma viagem à velocidade da luz proporcionaria uma diferença na passagem temporal entre os referenciais.

Em **11b** temos o conceito de velocidade associado ao espaço e ao tempo, a partir daí o estudante passa apresentar algumas relações desses conceitos com os efeitos relativísticos.

Viajando na crista da onda eletromagnética, para mim que estou nela tudo mudaria, o espaço e o tempo, eu me transformaria em luz me reduzindo a um nada como uma enorme concentração de massa, com o tempo para mim normal, porém fisicamente o tempo iria passar mais devagar sendo comparado a um observador de velocidade zero.

Já em **12b** o conceito de velocidade é entendido como “relativo” e está associado à energia e quantidade de movimento, porém não há relação com espaço e tempo. Ainda que não esteja associado aos conceitos de espaço e tempo, consideremos que o conceito de velocidade passou a se relacionar com outros conceitos presentes na estrutura cognitiva do estudante 12, porém a relação apresenta é distinta das demais, uma vez que se faz valer de outros termos que não são básicos para a definição de velocidade:

No estudo de Einstein, sobre a física mecânica, analisando a velocidade que é uma grandeza relativa, cuja medida depende do referencial que está sendo medido. Onde surgem outras medidas como a energia cinética e a quantidade de movimento uma das principais.

Embora as ideias sobre a velocidade da luz em si e o que ela representa na teoria da relatividade não pareçam totalmente claras, nem estáveis na estrutura cognitiva dos alunos, quer nos trabalhos do **tipo a**, quer nos trabalhos do **tipo b**, para Ausubel (1980, p. 141) “[...] mais tipicamente, porém, ideias tangenciais ou menos especificamente relevantes são (foram) mobilizadas para a ação.” Acreditamos que esse seja o caso presente nas redações “b” apresentadas acima.

Ao final da análise dos trabalhos do **tipo b**, pudemos perceber em relação aos trabalhos do **tipo a** que:

- 1) novos termos como espaço, tempo, aceleração, trajetória, energia, entre outros, são incorporados aos textos;
- 2) os conceitos apresentados pelos alunos tornaram-se mais elaborados e relacionados a ideias relevantes que não haviam sido apresentadas na tarefa anterior (redações do **tipo a**);
- 3) os novos conceitos apresentados nas tarefas do **tipo b** parecem mais estruturados, ainda que não estejam totalmente de acordo com o que é proposto pela teoria, livros didáticos e outros;

Vimos também que, dos doze trabalhos analisados do **tipo b** temos o conceito de velocidade relacionado a outros conceitos importantes para a compreensão da teoria da relatividade presente em onze trabalhos.

Percebemos, no entanto, que ideias relacionadas às impossibilidades fisiológicas ainda persistem, e continuam sendo apresentadas como barreiras para a execução do experimento mental proposto por Einstein.

Por fim, entendemos que há indícios de que o conhecimento adquirido por um estudante em determinada época pode estar relacionado com seu sucesso na aprendizagem de um material sequencial relacionado.

Segundo Ausubel (1980), observa-se que usualmente podemos acessar apenas conceitos mais gerais de uma área específica de uma matéria estudada tempo atrás. Uma vez que tal fato também é observado nos trabalhos apresentados pelos alunos, acreditamos, assim como enunciado pela teoria da aprendizagem significativa, que novas ideias podem ser armazenadas quando se relacionam com outras mais relevantes presentes na estrutura cognitiva, sendo que um membro desse par (novas ideias e ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva) apresenta uma relação tipicamente superordenada com o outro, de tal forma que o membro superordenado configura-se o mais estável do par.

Mas tipicamente, no entanto, a nova matéria é aprendida por um processo de subsunção correlativa, em que o material de aprendizagem é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de processos previamente aprendidos. Isso é incorporado e interagem com ideias relevantes mais inclusivas presentes na estrutura cognitiva, como já pudemos ver nos trabalhos do **tipo b**.

6.3 Análise dos trabalhos do tipo “c” (questões dissertativas)

Finalizando nosso ciclo de análises temos os trabalhos do **tipo c**, referente ao bloco de questões dissertativas. Na análise desse trabalho também buscaremos as evidências de uma possível aquisição conceitual por parte dos estudantes, bem como uma maior diferenciação de conceitos já presentes em suas estruturas cognitivas. Nossas observações recairão sobre todos os doze trabalhos selecionados.

Em **1c** os conceitos de velocidade e referencial encontram-se presentes e mais elaborado e relacionado com novos conceitos, uma vez que o estudante justifica sua resposta às questões 1 e 2 com base no fato de que, nas situações propostas, estamos a “[...] uma velocidade infinitamente menor que a da luz [...]”

Em relação ao aluno **1c**, quando comparado com os momentos 1a e 1b, observamos que houve uma evolução nas relações conceituais. Inicialmente tínhamos apenas o conceito de velocidade, depois esse conceito foi relacionado ao conceito de velocidade da luz como sendo a velocidade limite estabelecida por Einstein e, conseqüentemente, como impossibilidade de se atingir essa velocidade.

No bloco de questões dissertativas a relação entre o conceito de velocidade e velocidade da luz como velocidade limite ficou mais evidente, uma vez que a justificativa dada para a utilização das Leis de Newton nos dias de hoje e do motivo pelo qual nossa massa não aumenta quando nos deslocamos de carro, levava em consideração o fato da velocidade para as situações propostas serem muito inferiores à velocidade da luz. Tais constatações ficam evidentes após a apropriação dos conceitos envolvidos na determinação do fator de Lorentz.

Em **2c** o conceito de velocidade, encontram-se mais diferenciado, relacionado a outros conceitos presentes no do contexto da Teoria da Relatividade como, pro exemplo, os conceitos de referencial relativístico, dilatação do tempo e as transformação de Lorentz .

Porque a teoria da relatividade que substitui as leis de Newton, só se aplica

às velocidades muito grandes, próximas a velocidade da luz. No fator de Lorentz, quando colocamos uma velocidade pequena, acaba se tornando um número desprezível, por isso as leis de Newton continuam sendo usadas.

Assim como em **1c**, **2c** justifica o fato de ainda utilizarmos as leis de Newton, indicando que as velocidades para a situação proposta são muito baixas – o que reforça a relação conceitual entre os conceitos já presentes na sua estrutura cognitiva e os novos conceitos introduzidos com a apresentação do fator de Lorentz.

Em **3c** o conceito de velocidade também se encontra mais diferenciado e relacionado a outros conceitos como referencial, espaço, tempo. Porém, quando responde a pergunta relacionada a utilização da leis de Newton nos dias de hoje, o aluno não consegue relacionar sua resposta às consequências previstas pelas transformações de Lorentz.

Sobre as leis de Newton o estudante responde:

Essas leis explicam racionalmente determinados fenômenos. Os fenômenos que Newton não explicam como a relatividade que até hoje não se tem certeza do que pode ocorrer na prática de algumas ações (ex: um corpo em c).

Porém, quando questionado sobre a impossibilidade do aumento de massa nas situações cotidianas, o aluno faz uma relação direta com o fator de Lorentz:

Quando andamos de carro estamos a uma velocidade pequena um carro comum não passa dos 300 km/h, que ainda é muito pouco para ter uma velocidade capaz de sentir tal fenômeno.

Diferente de **1** e **2**, o estudante **3**, embora tenha apresentado conceitos de forma mais diferenciada em **3c** do que em **3a** e **3b**, aparentemente ainda não se apropriou, de forma estável, dos conceitos relacionados aos efeitos relativísticos e o fator de Lorentz.

Em **4c** o conceito de velocidade também aparece mais diferenciado do que nas tarefas “**a**” e “**b**”. Em “**c**” o conceito de velocidade aparece relacionado aos conceitos de referencial, espaço, tempo e dilatação do tempo, porém, na pergunta referente à utilização das leis de Newton, as relações decorrente das transformações de Lorentz não são evidentes. Somente na questão relacionada à alteração de massa que o estudante considera o desprezível o efeito da velocidade.

Não sentimos nossa massa aumentar porque a velocidade atingida de carro é praticamente desprezível, se levarmos em conta a velocidade da luz.

Dessa forma, assim como em **3c**, entendemos que o estudante **4** aparentemente ainda não se apropriou, de forma estável, dos conceitos relacionados aos efeitos relativísticos e o fator de Lorentz, todavia apresenta uma maior diversidade de conceitos

relacionados ao conceitos de velocidade.

Em **5c** temos, novamente, o conceito de velocidade mais diferenciado e as questões relacionadas ao fator de Lorentz mais resolvidas. A constatação de que em baixas velocidades os efeitos relativísticos são desprezíveis é evidente.

Porque mesmo após a descoberta da teoria da relatividade, proposta por Einstein as leis newtonianas continuam “funcionando” perfeitamente para velocidades bem inferiores à da luz. Pois a teoria da relatividade ela é mais usada para explicar fenômenos que ocorrem em altíssimas velocidades, como, por exemplo, velocidades próximas da luz, mas as leis de Newton continuam explicando grande parte dos fenômenos físicos.

Em **6c** percebe-se também que o conceito de velocidade está relacionado a novos conceitos ou a outros já existentes. A questão sobre a utilização das leis de Newton é respondida com base nas transformações de Lorentz. A noção de referencial também é evidenciada na questão relacionada à percepção do movimento de um carro quando estamos de olhos fechados.

Porque nos vivemos a uma velocidade abaixo de 10% da velocidade da luz e as leis de Newton serve para essa velocidade mesmo sabendo que há algumas modificações. Não, pois nos só teríamos o referencial das coisas que estamos sentindo, ou seja, o carro e como estamos parados em relação ao carro não poderíamos saber sem esses referenciais.

Em **7c** o conceito de velocidade encontra-se relacionado aos conceitos de referencial, espaço, tempo. As consequências da transformação de Lorentz se fazem presentes e as resposta às questões aparecem de forma bem estruturada. Sobre ainda usarmos as leis de Newton nos dias de hoje e sobre o fato de não percebermos nossa massa aumentar em viagens de carros o aluno escreve, respectivamente:

Porque as modificações visualizadas para a teoria da relatividade de Einstein só são visíveis a uma velocidade próxima à da luz. O que é evidenciado pelo fator de Lorentz. Porque esse evento ocorre a uma velocidade muito distante da velocidade da luz, portanto, as mudanças entre massa, tempo e espaço são tão ínfimas que chegam a ser desprezíveis.

Em **8c** os conceitos de tempo, espaço, referencial, as consequências das transformações de Lorentz também se encontram relacionados ao conceito de velocidade. Porém, a pergunta relacionada à utilização das leis de Newton é respondida da seguinte forma:

Pois ainda não foram descobertas leis suficientes plausíveis para substituir as que até hoje nos servem.

A partir da segunda questão é que os conceitos citados acima se apresentam de

forma clara:

Pois os efeitos só são sentidos a partir de uma velocidade bastante próxima à da luz.

Na pergunta referente à diferença entre relógios de dois observadores A e B o estudante responde:

A dilatação do tempo com o movimento, onde, quanto mais rápido se movimenta, menor a velocidade do relógio ao passo que, na velocidade de luz, sem um relógio “bom” o mesmo se encontrará parado.

Em **9c** os conceitos que se encontram presentes e relacionados ao conceito de velocidade são: referencial, dilatação do tempo. Esses conceitos também se encontram relacionados às consequências do fator de Lorentz.

Na pergunta referente à utilização das leis de Newton o aluno não consegue estabelecer relações claras entre essas leis e as transformações de Lorentz, porém, na segunda questão, com relação a não percepção do aumento de massa ao nos deslocarmos de carro o conceito aparece melhor estruturado:

[...] e como os carros se movem a velocidades muito “pequenas” o aumento de massa é quase nulo.

Dessa forma, assim como em **3c e 4c**, entendemos que o estudante **9** aparentemente ainda não se apropriou, de forma estável, dos conceitos relacionados aos efeitos relativísticos e o fator de Lorentz.

Em **10c**, no entanto, entendemos que as relações não estão bem estabelecidas, uma vez que o estudante só apresenta a relação dos efeitos relativísticos com as altas velocidades na questão referente a relógios em movimento, quarta questão. A noção de referencial, porém, parece clara e aparece de forma bem consolidada na terceira questão.

Em **11c** o conceito de velocidade aparece de forma mais diferenciada e relacionada a outros conceitos presentes na estrutura cognitiva do estudante. A associação entre baixas velocidades e a percepção da não ocorrência de efeitos relativísticos é evidenciada já na relacionada à utilização das leis de Newton.

Porque as leis de Newton funcionam para nós que andamos a menos de 300 km/h, o que mal chega a 10% da velocidade da luz. E as leis da relatividade não são percebidas por nós nas velocidades em que nos locomovemos.

O aluno **11** apresenta na questão seguinte, raciocínio semelhante e desenvolve nas questões restantes respostas bem estruturadas e relações conceituais ancoradas em novos

conceitos, como o de simultaneidade, por exemplo, presente na respostada dada à quarta questão.

Em **12c** os conceitos apresentados não são relevantes, não são estáveis ou não apresentam relações subordinadas com nenhum outro conceito presente em **12b**. As respostas apresentadas nas questões de 1 a 5 são destoantes do que vem sendo observado nas análises anteriores. Mas é clara a relação entre o conceito de “velocidade” (movimento com relação a um referencial) e espaço, tempo, referencial, e o efeito relativístico evidenciada na transformação de Lorentz. Na segunda questão, por exemplo, com relação à não percepção do aumento de massa em um passeio de carro a aluno responde:

Quando deslocamos de acordo com algum referencial, o espaço e o tempo se alteram, mas a massa também aumenta, de acordo com o movimento mas não podendo, por causa das leis da física, lei do espaço-tempo no vácuo.

Percebemos na análise das tarefas do **tipo c**, uma organização e diferenciação ainda maior das ideias, uma maior relação com conceitos presentes no material de aprendizagem e relações diretas ou indiretas com os conteúdos relacionados com aquilo que o aluno deveria saber (por exemplo, efeitos relativísticos e as transformações de Lorentz). Os alunos relacionaram em pelo menos uma questão o fato de não se perceber efeitos relativísticos com as baixas velocidades vivenciadas nas situações cotidianas, evidenciando o fato a partir das transformações de Lorentz.

Tentamos estabelecer até aqui a existência de duas margens na qual o organizador atua como ponte cognitiva, e do espaço entre elas representado por possíveis elementos obliterados (hiatos – que não apareceram nos trabalhos do tipo “a”) e por aqueles que o estudante ainda não tem conhecimento (material de aprendizagem e conteúdo das aulas). Assim, buscamos justificar a necessidade de um elemento que servisse de ponte entre aquilo que o aluno já sabe e o que ele precisa saber para aprender de forma significativa.

Esse elemento, denominado organizador, com já vimos, deve ser compreendido como um conjunto de ideias mais específicas e deliberadamente preparadas, que deve ser apresentada ao aprendiz antes do material de aprendizagem em si a fim de que ideias relevantes estejam disponíveis para assegurar uma ancoragem ótima de novos conceitos.

O que pode não parece claro, no entanto, é a relação dessa maior organização e diferenciação de ideias exclusivamente com o organizador prévio. Uma vez que se pode suspeitar que parte dessa organização de idéias seja decorrente da aula expositiva ou das perguntas do questionário, que da forma como forma dispostas, pareceram orientar essa

organização de ideias.

Entendemos assim, que o organizador em si não pode ser visto como exclusivamente responsável por todo o processo de aprendizagem significativa. O organizador é apenas uma parte do processo, sozinho, esse elemento não faz sentido. A tarefa de aprendizagem, o material de aprendizagem, a sala de aula, o conhecimento prévio do aprendiz, a relação do aprendiz com o material de aprendizagem e com outros elementos presentes no momento da aprendizagem também são partes do processo.

Ainda sim, por mais que essa organização de ideias possa ter apresentado influências da disposição das questões presentes nos trabalhos do tipo “c”, podemos atribuir ao organizador algum efeito facilitador nos processos de ancoragem entre aquilo que aluno já sabia com aquilo que deveria saber, uma vez que percebemos nessas tarefas princípios desencadeadores de um processo de diferenciação progressiva.

O fato de alguns alunos apresentarem dificuldades para responder a primeira questão do bloco, por não conseguirem relacionar questões pertinentes à natureza de uma teoria, e de que a maioria dos alunos deixou em branco as questões que envolviam cálculos, relacionadas às transformações de Lorentz, aponta para uma dificuldade evidente: a falta (inexistência) de outros subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes e de elementos presentes nos processos de ensino e aprendizagem como conceitos relacionados a outras áreas do conhecimento como, por exemplo, o português, no que cabe à interpretação de texto por parte dos alunos e à matemática, no que diz respeito aos cálculos.

6.4 Análise dos dados à luz dos fundamentos da aprendizagem significativa

Embora já tenhamos definido o que é um organizador prévio, e delineado seus critérios operacionais em capítulo anterior, devemos fazê-lo aqui especificamente a fim de construirmos uma base para a análise dos trabalhos do **tipo b** que foram realizados após a leitura do organizador e cujos resultados foram destacados do item anterior.

Como já vimos, de modo geral, um organizador pode ser usado em duas circunstâncias, na primeira quando ideias relevantes não estão presentes na estrutura cognitiva e o novo material, potencialmente significativo, é apresentado pela primeira vez ao estudante. Na segunda circunstância teríamos ideias tangenciais ou menos especificamente relevantes que seriam postas em ação. Se ideias tangenciais fossem utilizadas, poderíamos

ter como resultado uma forma de assimilação combinatória ou uma subsunção correlativa menos relevante.

Nesses casos, ocorreria uma ancoragem menos eficiente do novo material com elementos presente na estrutura cognitiva. No nosso caso, porém, vimos que os estudantes dispõem de ideias apropriadas, mais relevantes, embora esse fator não seja percebido por ele.

Vimos também que os organizadores podem ser de dois tipos: *expositivos* – quando o novo material de aprendizagem é não familiar ao estudante –, e *comparativo* – quando o material de aprendizagem não é completamente novo. O organizador elaborado para esse trabalho é do tipo expositivo, uma vez que os conceitos que constam no material de aprendizagem que clarificam os efeitos relativísticos presentes na Teoria da Relatividade são essencialmente novos para o estudante.

Dessa forma, temos como pressuposto segundo Ausubel (1968) que o uso desse tipo de organizador deve facilitar a aprendizagem de material potencialmente significativo baseado na premissa de que se os princípios organizacionais da diferenciação progressiva de um corpo de conhecimentos internalizados de fato prevalecerem, o novo material (potencialmente significativo) poderá ser incorporado na estrutura cognitiva à medida que se relacione com conceitos relevantes presentes nessa estrutura.

Ausubel (1980, p. 146) sugere que organizadores prévios provavelmente favorecem a incorporação e longevidade do material aprendido significativamente de três maneiras distintas:

Em primeiro lugar, eles explicitamente se apoiam em (e mobilizam) quaisquer conceitos de esteio relevantes já estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz, tornando-os parte da identidade subordinada. Em segundo lugar, os organizadores antecipatórios num nível adequado de inclusividade, tornando possível a subordinação sob proposições especificamente relevantes (e ao se aproveitar de outras vantagens da aprendizagem subordinativa), oferecem um esteio ótimo. Isso tanto fomenta a aprendizagem inicial como a resistência ulterior a uma subordinação obliterativa. Em terceiro lugar, o uso de organizadores antecipatórios torna desnecessária muita da memorização mecânica à qual os alunos tantas vezes recorrem porque se exige que aprendam os detalhes de uma disciplina não familiar antes de terem disponível um número suficiente de ideias de esteio-chaves.

Assim, percebemos claramente que o primeiro ponto ressaltado por Ausubel (1980) se faz evidente nas relações feitas pelos alunos nos trabalhos do **tipo b** entre o conceito de velocidade e os termos já citados (espaço, tempo, aceleração entre outros), uma vez que o aparecimento desses novos termos reforça o fato de que o organizador mobilizou outras ideias de esteio já presentes na estrutura cognitiva dos alunos.

Não percebemos em nossa análise, porém, o segundo ponto destacado por Ausubel (1980): o fato de o organizador oferecer um esteio ótimo. Creditamos esse fato a algumas questões específicas do conteúdo trabalhado com os alunos. Embora se trate de fenômenos físicos hoje observáveis e se dê a experimentos concretos, a Teoria da Relatividade, como é apresentada pelo material de aprendizagem traz ao estudante um experimento mental elaborado por Einstein.

Por se tratar, inicialmente, de um experimento mental, podemos aproximar o material de aprendizagem de um material ideacional, mais do que de um material factual. Tal fato recairia em um posicionamento de Ausubel (1968) no qual alerta que organizadores indubitavelmente facilitam a aprendizagem de material factual mais do que a aprendizagem de material abstrato. Dessa forma, vemos que por se tratar de um material relativamente factual, o processo de ancoragem, embora tenha sido evidenciado, não pareceu de todo ótimo.

Ainda assim, o organizador parece ter clareado algumas das principais similaridades e diferenças entre conceitos existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Logo, entendemos conforme Ausubel (1968) que ideias e informações mais detalhadas nas passagens a serem aprendidas serão apreendidas posteriormente com menos ambiguidades, menos significados conflitantes e menos equívocos sugeridos pelo conhecimento prévio dos alunos.

Outro fator que pode ter contribuído para uma melhor organização das idéias por parte dos alunos nas tarefas **tipo c**, como vimos, talvez tenha sido a aula expositiva. A opção por uma aula expositiva teve muitos fatores envolvidos. Seguimos alguns critérios evidenciados por Ausubel (1980) para atuarmos, dentro do possível, em conformidade com os elementos da teoria da aprendizagem significativa.

Com relação a essa questão vale ressaltar que, segundo Ausubel (1980) alguns fatores podem pesar na escolha pela aula expositiva como: 1. um número elevado de alunos na turma; 2. o fato do tópico em questão ser mais ou menos factual; 3. a característica do próprio professor. Entendemos que em nosso caso os três fatores foram levados em consideração.

Tínhamos a nossa disposição turmas como pouco mais de trinta alunos, que para um trabalho dessa natureza já é considerado um número grande, o tópico em questão exigia um nível alto de abstração e interpretação.

O professor por sua vez, optou pelo método da aula expositiva pelos seguintes fatores: 1. os alunos do terceiro ano do ensino médio, provavelmente, passaram grande parte de sua vida escolar se relacionando com esse tipo de aula; 2. uma mudança de um método expositivo para um método discurso, enquanto todos os outros professores,

provavelmente, não trabalham com esse método, pode causar estranheza no aluno e se tratando de uma escola particular que não corrobora com práticas discursivas, pode causar algum inconveniente ao professor, que pode ser chamado a atenção por parte da direção da escola e até de outros professores; 3. Segunda Ausubel (1980) quando os alunos não possuem uma informação de fundo necessária, que, segundo o autor, “é um pré-requisito para uma discussão inteligente e bem informada”, a discussão, “compreensivelmente é um compartilhar da ignorância, preconceito, lugares comuns, noções preconcebidas e generalidades imprecisas” (Ausubel, 1980, p.423)

Finalmente percebemos nas tarefas do **tipo c** que os alunos apresentaram o conceito de velocidade de forma mais diferenciada, relacionada a novos conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva e a outros novos, presentes no material de aprendizagem.

Entendemos que o processo de reconciliação integrativa se fez presente e conseqüentemente o da diferenciação progressiva uma vez que, segundo Ausubel (1980), toda aprendizagem que resultar em diferenciação progressiva, também resultará em uma diferenciação progressiva.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A teoria da aprendizagem significativa tem implicações diretas nas dinâmicas da sala de aula e além dela. É importante ressaltar novamente que segundo a teoria, o fator isolado mais importante que deve ser levado em consideração na psicologia educacional, de acordo com Ausubel (1980), é aquilo que o aprendiz já sabe. Assim, é necessário averiguar esse aspecto e ensinar de acordo.

As implicações decorrentes desse princípio são emblemáticas, uma vez que averiguar aquilo que o aprendiz já sabe, requer um elemento essencial: a atenção ao aluno (essa talvez seja um dos grandes legados dessa teoria), ao material de aprendizagem, às relações que ocorrem na sala de aula e fora dela, ou seja, nas relações entre professor e aluno, aluno e conhecimentos prévios, aluno e material de aprendizagem, professor e material e aprendizagem e outros. Essa averiguação envolve a disposição do professor em operar com todas essas variáveis.

Tais relações, no entanto, são elementos mais abrangentes desse universo teórico. Com relação aos elementos mais específicos há a necessidade de interação com muitas outras variáveis de ordem interna, ou seja, variáveis presentes na estrutura cognitiva do indivíduo e todas as suas especificidades.

Assim, embora pareça óbvio, vale ressaltar que bem mais que em um modismo, o professor que se propuser a trabalhar dentro dos preceitos da teoria da aprendizagem significativa deve estar disposto a interagir com todas essas variáveis, das mais abrangentes às mais inclusivas.

É razoável admitir que professores que apresentam habilidades, imaginação e sensibilidade ao organizar as atividades de aprendizagem e ao manipular as variáveis de aprendizagem devam promover resultados de aprendizagem superiores nos alunos. Finalmente, a capacidade de adaptar a comunicação de ideias ao nível de maturidade intelectual e à sofisticação na matéria dos alunos é uma característica importante da eficiência do professor. Especialmente no nível da escola elementar e em níveis menos avançados de instrução esta habilidade deveria estar significativamente relacionada com a aquisição de significados claros, estáveis e não ambíguos. (AUSUBEL, 1980, p. 419).

Dessa forma, vemos como primeiro elemento para realização dos trabalhos voltados para o contexto da teoria da aprendizagem significativa a consciência do professor e consequente reflexão sobre sua prática educacional.

De acordo com Moreira (2006, p. 169-171) infere-se que o papel do professor na facilitação a aprendizagem significativa envolve quatro tarefas fundamentais:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino. Isto é, identificar os conceitos e os princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.
2. Identificar quais subsunçores (conceitos, proposições e ideias claras, precisas, estáveis), relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente esse conteúdo.
3. Diagnosticar o que o aluno já sabe; distinguir dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino) quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a passagem da estrutura conceitual da matéria de ensino para estrutura cognitiva do aluno de maneira significativa.

Neste trabalho vimos os fundamentos teóricos da aprendizagem significativa e evidenciamos outros elementos essenciais ao desenvolvimento de relações nesse tipo de aprendizagem. Também ressaltamos a importância de o aprendiz estar predisposto a aprender de forma significativa, e da necessidade de dar ao aluno um material potencialmente significativo, apresentado em termos familiares a ele, e que leve em consideração os níveis de generalidade e inclusividade do próprio material de aprendizagem. Dessa forma, não vemos necessidade de retomarmos, nesse momento, as especificidades de considerações já pontuadas.

Faz-se necessário, porém, a retomada do contexto geral presente nas relações apresentadas no parágrafo antecedente para introduzir a ideia de que se os processos envolvidos na aprendizagem significativa são idiossincráticos em todas as suas relações.

A proposta apresentada durante a análise dos dados presentes nesse trabalho foi a de evidenciar uma possível evolução conceitual durante a realização das tarefas de aprendizagem apresentadas aos alunos em diferentes momentos do processo, a seguir: 1) antes do contato dos alunos com o organizador prévio; 2) após o contato com esse organizador; e 3) após uma aula estruturada com base nas predições da teoria da aprendizagem significativa.

Embora tenhamos percebido apenas um pequeno efeito facilitador em relação à assimilação de conceitos, entendemos que esse trabalho não deve ser feito apenas em um momento específico do processo de aprendizagem a qual o aluno é submetido. Os conceitos devem ser identificados, mapeados, verificados ao final de cada ano, semestre ou bimestre e depois ao final de cada ciclo de ensino médio para que possam ser verificadas as relações de aquisição ou assimilação, obliteração, modificação, disponibilidade, retenção, desenvolvimento cognitivo e prontidão.

Entendemos assim, que se os processos envolvidos na aprendizagem significativa

são idiossincráticos, a análise dos dados também deve levar isso em conta, pois esta também é individual, feita para cada aluno. Uma vez que estamos preocupados com a evolução conceitual de cada aluno de forma particular, vemos, a partir dessa proposta, uma alternativa ao trabalho com grupo teste e grupo controle.

Nos dados evidenciados por essa pesquisa, pudemos observar que por mais que as respostas apresentadas pelos alunos não tenham sido totalmente corretas, houve uma evolução consistente dos conceitos em termos de diferenciação, correlação, modificação de conceitos já existentes e, principalmente, assimilação de novos conceitos.

Com relação aos critérios operacionais relacionados ao desenvolvimento e elaboração de organizadores prévios, percebemos que, embora se encontrem presente nos trabalhos de Ausubel (1968) os elementos estruturadores para elaboração de um organizador prévio, esses não são claros ou não estão suficientemente evidentes, e mais, os critérios operacionais, de acordo com este autor, ainda são próprios para cada matéria de ensino e grupos de alunos. Dessa forma, aquilo que é apresentado por Ausubel (1968), é próprio para aquele conteúdo, para aquele grupo de aluno, material de aprendizagem, contexto social entre outros aspectos.

A partir desse ponto, entendemos que a grande dificuldade de operacionalização dos organizadores prévios reside no estabelecimento das relações idiossincráticas entre o aprendiz e o contexto de aplicação do material potencialmente significativo, levando-se em consideração, para tanto, que o contexto de aplicação desse material envolve desde as relações mais abrangentes com as variáveis do contexto educacional às relações mais inclusivas presentes na estrutura cognitiva dos indivíduos pertencentes a esse grupo.

Especificamente com relação ao conteúdo trabalhado, percebeu-se após a demonstração matemática das relações de Lorentz, que a percepção dos efeitos relativísticos descritos pela teoria da relatividade (dilatação do tempo e contração do espaço), por parte dos alunos, foi consideravelmente maior do que no momento anterior (leitura do organizador prévio).

No que diz respeito à História da Ciência pudemos perceber que o trabalho com um organizador elaborado com trechos de texto original expressa a certeza de que antes de partir para o resultado, para o produto final, como sugerem os livros didáticos, devemos passar antes por questões relacionadas aos métodos da Ciência, que devem ser apresentados, debatidos e posteriormente apreendidos antes do conteúdo presente no material de aprendizagem.

Inferimos desse trabalho que a História da Ciência pode se apresentar como um plano de fundo no sentido de oferecer, a partir da análise de dado episódio, pistas para se

identificar os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos alunos, o que por sua vez, ajudaria a compreender algumas de suas dificuldades. À análise desses conhecimentos prévios, caberia o papel de prover um instrumento eficaz para determinar conceitos já presentes na estrutura cognitiva de cada estudante, capaz de favorecer os processos de reconciliação integrativa e diferenciação progressiva.

Não menos importante é o fato de entendermos, assim como Dion (1997), que o trabalho com esse tipo de material (originais) nos permite conhecer os processos da ciência, o que nos propõe entender esse recurso de ensino como um recurso à História em busca do método e da natureza da Ciência. Dessa forma uma das coisas que se faz importante para nós nesse trabalho é mostrar para o aluno (na tentativa de desmistificar), por exemplo, o modo como cientistas trabalham, como um novo conhecimento é obtido, quais critérios levam à substituição de uma teoria por outra ou qual a diferença entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum.

Também pudemos perceber, após o trabalho inicial com o organizador, uma maior disponibilidade dos alunos para interagir com uma teoria como a teoria da relatividade. O fato de o organizador ter apresentado, em sua estrutura, trechos dos textos originais da obra de Einstein, mostrou aos alunos que textos como o que foram escritos por Einstein, destinados ao grande público, são passíveis de apreensão e que não fazem parte de uma realidade literária distante da sua.

Mais especificamente, o trabalho com trechos de textos originais também pareceu contribuir para a desmistificação do trabalho do cientista. Questões relacionadas à apresentação do contexto histórico envolveram os alunos com a questão primeira relacionada à teoria da relatividade. Dessa forma, tivemos como ponto de partida não um produto pronto, acabado, como apresentado por muitos livros didáticos, ou seja, um breve texto com fórmulas destaca em quadrados. Tivemos um início, onde foi possível discutir e destacar o ponto de partida da teoria e desenvolver, a partir dele, o restante que nos coube.

Em nossa concepção os trabalhos com trechos de textos originais da Ciência podem se constituir numa autêntica fonte de estímulos capazes de causar questionamentos, inquietações, preparando a estrutura cognitiva do estudante para uma tomada de consciência, e, ao mesmo tempo, oferecer subsídios para a construção de um novo conhecimento.

Percebemos que são raros os exemplos de trabalhos que explicitem alternativas segundo as quais a História da Ciência poderia contribuir para o aprofundamento na compreensão do significado de conceitos; o que se estabelece, com muita frequência, é uma relação entre conteúdo científico e aquisição de conceitos, sem que se tragam, no entanto, situações e contextos históricos para a sala de aula.

Dessa forma, entendemos que nossa proposta deve ser levada adiante em novas pesquisas e artigos e, ainda, que o trabalho com organizadores prévios não deva ser abandonado até que se tenham esgotado todas as possibilidades metodológicas de trabalho com os organizadores prévios, uma vez que, em sua essência, o esse organizador pode vir a ser um material pedagógico de grande valia nas relações entre o aluno e o material de aprendizagem. Mais que isso, um organizador prévio pode vir a ser um elemento de ligação, de estreitamento de laço na relação entre professor e aluno, uma vez que para elaborar um organizador prévio o professor necessita conhecer, olhar, entender e interagir com seus alunos, pois, para a elaboração de um organizador e, no geral, para todas as abordagens que envolvam a aprendizagem significativa, é fundamental o levantamento do conhecimento prévio do aluno ou do grupo de alunos.

Só esse fato já seria suficiente para justificar a continuidade das pesquisas com organizadores prévios. Além dessa, podemos enumerar outras justificativas, como por exemplo, a de que a elaboração de um organizador, necessariamente, conduz o professor a um maior relacionamento com os materiais de aprendizagem, uma vez que, para elaborar um organizador com o objetivo de deliberadamente “preparar” a estrutura cognitiva do aprendiz, o professor deve ter um conhecimento profundo daquele material e, conseqüentemente, uma visão crítica sobre este, pois tal visão é fundamental para a compreensão da significância desse material.

O fato de termos constatado que nossa proposta inicial foi, em parte, confirmada, reforça nossa idéia de que trabalhos dessa natureza ainda devam ser explorados, uma vez que percebemos, além de uma maior diferenciação do conceito de velocidade, a aquisição de novos conceitos relacionados a este.

Constatamos, por fim, que o resultado da análise dos dados desta pesquisa satisfaz as pretensões deste trabalho, pois vai ao encontro de nossos objetivos gerais inicialmente apresentados: (a) identificar as concepções alternativas dos alunos a respeito do tema a ser estudado e (b) elaborar e testar os organizadores, construídos a partir da utilização de textos científicos originais. E, também, vai ao encontro de nosso objetivo específico, qual seja: verificar a aquisição de conceitos científicos em alunos do ensino médio a partir da utilização de um organizador prévio definido segundo termos presentes na teoria de Ausubel e elaborado com trechos de textos científicos originais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. S.; VIANNA, D. M. Baixos salários e a carência de professores de Física no Brasil. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., Curitiba, 2008.

AUSUBEL, D. P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, n. 51, p. 267-272, 1960.

_____; FITZGERALD, D. The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. *Journal of Educational Psychology Research*, v. 52, n. 5, p. 266-274, 1961.

_____. A subsumption theory of meaningful verbal learning and retention. *Journal of General Psychology*, n. 66, p. 213-224, 1962a.

_____. Organizer, general background, and antecedent learning variables in sequential verbal learning. *Journal of Educational Psychology*, n. 53, p. 243-249, 1962b.

_____; YOUSSEF, M. Role of discriminability in meaningful parallel learning. *Journal of Educational Psychology*, v. 54, n. 6, p. 331-336, 1963a.

_____. *The Psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963b.

_____. *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1968.

_____; Robinson, F. G. *School Learning: an introduction to educational psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1969.

_____. In defense of advanced organizers: a reply to the critics. *Review of Educational Research*, v. 48, n. 2, p. 251-257, 1978.

_____; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

_____. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

_____. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BARNES, B. R.; CLAWSON, Y. Do advance organizers facilitate learning. *Rev. Educ. Res.*, v. 45, n. 4, 1975.

BENEVIDES, R. C. S. *et al.* A dinâmica do movimento circular: uma proposta para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 13., Vitória, 2009.

BERNARD, N. G.; RACHEL, A. N. Effects os Advance Organizer strategy during instruction on secondary school student's mathematics achievement in Kenya's Nakuru District. *International Journal of Science and Mathematics Educational*. v. 6, n. 3, Taiwan, 2008.

BOSS, S. L. B. *et al.* História da ciência e a aprendizagem significativa: o conceito de carga elétrica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., Curitiba, 2008. *Anais...*, Curitiba, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 2002.

_____. Parâmetros curriculares nacionais: *ensino médio : ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 1999.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S.; SOUZA, M. T. M. de. A gravitação universal: um texto para o ensino médio. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 26, n. 3, 2004.

DION, S. M. *O diálogo com documentos originais da ciência em sala de aula: uma proposta*. 1997. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

DOWNING, A. An investigation of the advance organizer theory as an effective teaching model. In: ANNUAL MEETING OF THE AUSTRALIAN TEACHER EDUCATION ASSOCIATION, 24., Brisbane, Queensland, 1994.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

HARTLEY, J.; DAVIES, I. K. Preinstructional strategies: the role of pretests, behavioral objectives, overviews and advance organizers. *Review of Educational Research*, v. 46, p. 239-265, 1976.

HUNG, W. C. *et al.* Development research of a teachers' educational performance support system: the practices of design, development, and evaluation. *Educational Technology Research and development*, Tacoma, 2007.

JAPIASSÚ, H. *A revolução científica moderna: de Galileu a Newton*. São Paulo, Editora Letras & Letras, 1997.

KIRKMAN, G.; SHAW JUNIOR, E. L. Effects of an oral advanced organizer on immediate and delayed retention. In: ANNUAL MEETING OF THE MID-SOUTH EDUCATIONAL RESEARCH, 26., Memphis, TN, 1997.

KUHN, T. S. The Function of Dogma in Scientific Research. In: CROMBIE, A. C. (Ed.). *Scientific change: symposium on the history of science*, University of Oxford, 9-15 July 1961. New York and London: Basic Books and Heineman, 1963.

_____. A função do dogma na investigação científica. In: DEUS, J. D. (Org.). *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1974.

_____. *O caminho desde A Estrutura*. São Paulo: Editora Unesp, 2003.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 9. ed. São Paulo: Perspectiva; 2005.

LAWTON, J. T.; WANSKA, S. K. Advance organizers as a teaching strategy: a reply to Barnes and Clawson. *Review of Educational Research*, v. 47, n. 1, p. 233-244, 1977.

LUITEN, J., AMES, W.; ACKERSON, G. A Meta-Analysis of the Effects of Advance Organisers on Learning and Retention. *American Educational Research Journal*, v. 17, n. 2, p. 211-218, 1980.

MACH, E. *The science of mechanics: a critical and historical account of its development*. New York : Open Court Publishing, 1960.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 28, n. 4, 2006.

MAGALHAES, M. F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da Física. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 24, n. 4, 2002.

MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da Física: um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, mar. 2001.

_____. Introdução: 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.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

_____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, ago. 1995.

MAYER, R. E. Can advance organizers influence meaningful learning? *Review of Educational Research*, v. 49, n. 2, p. 371-383, 1979.

MOREIRA, M. A. *A teoria de aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Ed.). *Ensino de Física, conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Editora UFSC: Florianópolis, 2001.

SILVA, J. R.; MOREIRA, M. A. Uso de um texto de apoio como organizador prévio: combinatória para o ensino fundamental e médio. *Revista Eletrônica de Investigación em Educación em Ciência*, Madrid, ano 2, n. 2, 2006.

SOUSA, C. M. S. G. de. Pseudo-organizadores prévios como elementos facilitadores da aprendizagem em Física. *Revista Brasileira de Física*, v. 11, n. 1, 1981.

SOUSA, I. M. *Meu Primeiro livro de Física: luz, calor, som e eletricidade*, 2. ed. Fortaleza: [S:n], 2003.

_____. *Quem disse que Física é só cálculo?: ferramentas matemáticas para a Física do ensino médio*. 3. ed. Fortaleza: [S:n], 2005.

TEODORO, S. R.; NARDI, R. A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. *In: NARDI, Roberto (Org.). Educação em Ciências da Pesquisa à Prática Docente: educação para a ciência*. São Paulo: Escrituras, 2001. v. 3.

ANEXOS

Anexo A

Organizador Prévio

A Teoria da Relatividade

O movimento é uma das primeiras noções que aprendemos no estudo da Física. Um ponto material está em movimento quando a sua posição muda com o tempo. E a posição de um ponto material é determinada por um sistema de referência, para o qual o tempo também é uma coordenada.

Mas, para a definição completa de uma situação física, é essencial estabelecer o tempo em que esses pontos ocupam essa posição. Quando se inclui o tempo como quarta coordenada, o sistema de referência é um sistema espaço-tempo.

Os sistemas de referência espaço-tempo, embora sejam construções matemáticas, têm realidade física – são referenciais inerciais, pois estão vinculados a corpos que estão em repouso ou se movem em MRU.

Questões relacionadas a esses sistemas de coordenadas começaram a preocupar Einstein desde os dezesseis anos. Dez anos de reflexão e estudo fizeram com que ele concluísse que o tempo era o “culpado” dessa inconsistência teórica. Por isso, o tempo é o ponto de partida do nosso estudo.

Einstein deu a solução a um dos impasses teóricos experimentais, sugeridos na Física no final do século XIX, relacionado ao eletromagnetismo: era o significado da constante c das equações de Maxwell, identificada como a velocidade da luz no vácuo. Essa identificação era contraditória para a Física Clássica.

A Mecânica e o Eletromagnetismo só davam a mesma interpretação para os fenômenos da natureza em relação a esse referencial privilegiado, para outros, as interpretações eram diferentes. Para Einstein essa era certamente uma condição desconfortável e insatisfatória.

Depois de muitos anos refletindo sobre as dificuldades da Física do seu tempo, Einstein publicou sua teoria em 1905, num artigo intitulado "Sobre, eletrodinâmica dos corpos em movimento", cujo trecho é apresentado nos parágrafos seguintes.

Como é sabido, a *Eletrodinâmica de Maxwell* – tal como atualmente se concebe, conduz, na sua aplicação a corpos em movimento, as assimetrias que não parecem ser inerentes aos fenômenos. Consideremos, por exemplo, as ações eletrodinâmicas entre um ímã e um condutor. O fenômeno observável depende aqui unicamente do movimento relativo do condutor e do ímã, ao passo que, segundo a concepção habitual, são nitidamente distintos os casos em que o móvel é um, ou outro, destes corpos. Assim, se for móvel o ímã e estiver em repouso o condutor, estabelecer-se-á em volta do ímã um campo elétrico com um determinado conteúdo energético, que dará origem a uma corrente elétrica nas regiões onde estiverem colocadas porções do condutor. Mas se é o ímã que está em repouso e o condutor em movimento, há, no entanto, uma força eletromotriz que não corresponde a nenhuma energia, mas que dá lugar a correntes elétricas de grandeza e comportamento iguais às que tinham no primeiro caso as produzidas por forças elétricas – desde que, nos dois casos considerados, haja identidade no movimento relativo.

Tal como na *Mecânica*, também na *Eletrodinâmica* os fenômenos não apresentam nenhuma particularidade que possa fazer-se corresponder à ideia de um repouso absoluto. Pelo contrário, em todos os sistemas de coordenadas em que são válidas as equações da mecânica, também são igualmente válidas leis ópticas e eletrodinâmicas da mesma forma. Vamos erguer à categoria de postulado esta nossa suposição (a cujo conteúdo chamaremos daqui por diante <<Princípio da Relatividade>>); e, além disso, vamos introduzir o postulado – só aparentemente incompatível com o primeiro – de que a luz, no espaço vazio, se propaga sempre com uma velocidade determinada, independente do estado de movimento da fonte luminosa. Estes dois postulados são suficientes para chegar a uma eletrodinâmica de corpos em movimento, simples e livre de contradições, baseadas na teoria de Maxwell para corpos em repouso.

Essa teoria vai apoiar-se – como qualquer outra *Eletrodinâmica* – na cinemática do corpo sólido rígido, uma vez que as proposições de uma teoria deste gênero consistem na afirmação de relações entre corpos rígidos (sistemas de coordenadas), relógios e processos eletromagnéticos. A insuficiente atenção a este fato é a raiz das dificuldades com que presentemente se defronta a eletrodinâmica dos corpos em movimento.

Einstein, "Sobre, eletrodinâmica dos corpos em movimento", 1905.

Nesse artigo são formulados os dois postulados básicos da teoria da relatividade restrita. O primeiro, denominado *princípio da relatividade* é uma generalização das conclusões de Galileu e Newton em relação aos referenciais inerciais. Além de ratificar a impossibilidade de se distinguir repouso e movimento em referenciais inerciais, esse princípio nega a existência de um referencial absoluto em todo o universo.

Assim, o primeiro postulado ou princípio da relatividade afirma:

As leis da Física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referência inerciais.

Em outras palavras, observadores em diferentes sistemas de referência inerciais devem sempre observar o mesmo fenômeno físico, da mesma forma.

O segundo postulado, conhecido como *princípio da constância da velocidade da luz*, estabelece que:

A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja o seu movimento ou o movimento da fonte.

Já vimos que a velocidade das ondas, como a velocidade do som, depende apenas das propriedades de meio em que as ondas se propagam. Mas toda velocidade, seja de partículas, seja de ondas, depende do referencial. Esse princípio, no entanto, estabelece uma estranha exceção. Para a luz, assim como para qualquer radiação eletromagnética, isso não ocorre. A sua velocidade é sempre a mesma, qualquer que seja o sistema de referência considerado.

A dilatação do tempo, por exemplo, é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar. Se as distâncias percorridas por um ponto material dependem do referencial considerado e a velocidade da luz, então, alguma consequência em relação à medida do tempo essa disparidade deve ocasionar.

Vejamos isso melhor nas palavras de Einstein e Infeld:

Lembremo-nos de como eram as coisas na Física clássica. Tínhamos leis de transformação para coordenadas, leis de transformação para velocidade, mas as leis da mecânica eram as mesmas para dois Sistemas de Coordenadas (SC), movendo-se uniformemente um em relação ao outro. Tínhamos leis de transformação para o espaço, mas não para o tempo, porque o tempo era o mesmo em todos os SC. Aqui, contudo, a teoria da relatividade é diferente. Temos leis de transformação diferentes das clássicas para espaço, tempo e velocidade. Mas também as leis da natureza devem ser as mesmas para todos os SC, movendo-se uniformemente um em relação ao outro. As leis da natureza devem ser invariáveis, não como antes, com respeito à transformação clássica, mas com respeito a um novo tipo de transformação, a chamada transformação de Lorentz. Em todos os SC, as mesmas leis são válidas e a transição de um SC para outro é dada pela transformação de Lorentz.

Segue-se da transformação de Lorentz que uma régua em movimento se contrai na direção do movimento e a contração aumenta com o aumento da velocidade. Uma régua parecerá tanto mais curta quanto mais rapidamente se mover. Mas isso só ocorre na direção do movimento. Uma régua em movimento que encolhe para a metade de seu comprimento quando se desloca com velocidade que se aproxima de cerca de 90% da velocidade da luz. Não há, contudo, contração na direção perpendicular ao movimento.

De modo similar, o ritmo de um relógio em movimento é retardado, em comparação com os relógios que ele ultrapassa ao longo da haste, e pararia, se o relógio se movesse com a velocidade da luz, isto se o relógio fosse "bom".

Einstein e Infeld, "A evolução da Física", 1938

Ao estudarmos as transformações de Lorentz visualizaremos matematicamente o fenômeno da dilatação do tempo, bem como o da contração dos comprimentos e suas consequências, para tanto devemos sempre levar em consideração a importância não só do espaço, das velocidades e dos referenciais, mas, principalmente, do tempo nesse novo sistema de coordenadas.

É fato que desde a formulação dos postulados estabelecidos por Einstein, inúmeras comprovações experimentais têm sido obtidas, não só deles, mas de suas consequências, algumas ainda mais intrigantes que os próprios princípios que lhes deram origem.

Há décadas a Teoria da Relatividade integra o ferramental matemático dos pesquisadores em Física. Eles a utilizam no seu trabalho diário. Foi graças a esta teoria que muitos dos inventos atuais foram possíveis. Entre eles podemos destacar o GPS (Sistema de Posicionamento Global). Este instrumento nos informa, entre outras coisas, qual a nossa posição no globo terrestre e em que altitude nos encontramos. Sem as correções introduzidas pela teoria da relatividade na medição do tempo, não seria possível definir com precisão a localização dos aviões, barcos ou automóveis que dispõem de um receptor GPS.

Referências Bibliográficas

EINSTEIN, A. Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento. In: LORENTZ, H. A.; EINSTEIN, A.; MINKOWSKI, H. *Princípio de relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1958 [1905]. p. 47-86.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

GASPAR, A. *Física 3*. São Paulo: Editora Ática, 2009.